

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Diseño de Procesos para la Industrialización de la
Soya”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentada por:

César Orlando Barrigas Romero

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

Especialmente a Dios; por darme las fuerzas necesarias, a mis Padres; por apoyarme en todo momento, a el Ing. Luis Miranda; coordinador de mi tesis y a todas las personas que con su colaboración hicieron posible la presentación de este trabajo.

DEDICATORIA

A MIS HIJOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

A ROSA YEPEZ

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. kléber Barcia
PRESIDENTE

Ing. Luís Miranda S.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ana María Costa V.
VOCAL

Ing. Karín Coello O.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL).

César Orlando Barrigas Romero

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo es el diseño de los procesos y de las líneas de producción a escala semi industrial para la obtención de productos alimenticios a base de soya. Para ello, en la primera parte se describe a la soya como materia prima y sus diferentes derivados.

En la fase experimental establecimos parámetros de proceso tales como:

- Temperatura del agua para inactivación enzimática.
- Relación soya-agua durante el remojo.
- Peso y volumen ganado por el grano de soya al final del remojo.
- Relación soya remojada-agua al momento de la molienda.
- Temperatura del agua a la entrada del molino.
- Metodología del proceso de filtrado.
- Parte líquida obtenida al final del proceso de filtrado como una idea de capacidad productiva de sus derivados.
- Pruebas de utilización de la parte sólida para la formulación de las tortitas.

Mostramos los resultados de las pruebas experimentales a nivel de laboratorio con 1 kilo de soya como base a fin de obtener Leche, Queso y Yogurt de Soya con la parte líquida; y con la parte sólida un producto tipo granola y tortitas a base de la mezcla con Yuca, Papa y Plátano verde. Luego, con los resultados obtenidos, se realizó una prueba a nivel piloto con una base de cálculo de 10kg de soya.

Una vez establecida la tecnología y los parámetros de los diferentes procesos, se realizaron las determinaciones de las capacidades, orden de entrada y salida de los productos a fin de optimizar tiempos en proceso, mediante la utilización de fórmulas de transferencia de calor aplicada a los alimentos además de la ubicación en planta de los equipos necesarios para la elaboración de los productos escalando a diez veces la producción en planta piloto.

Finalmente, se presenta el diseño de la planta para la industrialización de la soya y obtener de 158 litros de leche, 38 kilos de yogurt, 12 kilos de queso, 56 kilos de granola y 98.5 kilos por cada mezcla referido a las tortitas de yuca con soya, papa con soya y plátano verde con soya.

INDICE GENERAL

| | Pág |
|--------------------------------------------------------------------|------------|
| RESUMEN..... | I |
| INDICE GENERAL | III |
| ABREVIATURAS..... | V |
| SIMBOLOGIA..... | VI |
| INDICE DE FIGURAS..... | VII |
| INDICE DE TABLAS..... | VIII |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| | |
| 1. GENERALIDADES | |
| 1.1. Materia Prima | 2 |
| 1.2. Proceso de la Soya | 7 |
| 1.2.1. Extracción de la leche | 8 |
| 1.2.2. Derivados de la parte líquida | 9 |
| 1.2.3. Aprovechamiento de los sólidos..... | 10 |
| 1.3. Productos a base de soya..... | 11 |
| 1.3.1. Leche, Queso y Yogurt. | 11 |
| 1.3.2. Mezcla con otros vegetales: Yuca, Papa y Plátano verde...13 | 13 |
| 1.3.3. Producto tipo granola..... | 13 |

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| 2. FASE EXPERIMENTAL | |
| 2.1. Materiales y Métodos | 15 |
| 2.2. Pruebas de laboratorio | 21 |
| 2.2.1. Determinación de parámetros de la fase líquida..... | 21 |
| 2.2.2. Determinación de parámetros de la fase sólida..... | 25 |
| 2.3. Pruebas en planta piloto..... | 28 |
| 2.3.1. Variación de volumen por retención de agua..... | 28 |
| 2.3.2. Detalle de rendimientos..... | 29 |
| 2.3.3. Tiempos en proceso..... | 41 |
| 2.4. Resultados..... | 44 |
| | |
| 3. DISEÑO DE LA PLANTA | |
| 3.1. Descripción de los procesos..... | 53 |
| 3.2. Necesidades mínimas de equipos y sus capacidades..... | 64 |
| 3.3. Diseño de las líneas de producción..... | 75 |
| | |
| 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 96 |
| | |
| APENDICES | |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | |

ABREVIATURAS

| | |
|-------------------------|------------------------------------------------|
| TM: | Toneladas métricas |
| °C: | Grados Centígrados |
| ml: | Mililitros |
| g: | Gramos |
| kg: | Kilogramos |
| h: | Horas |
| lt: | Litros |
| Cp: | Calor específico a presión constante |
| ti: | Temperatura inicial |
| tf: | Temperatura final en un tiempo específico |
| λ : | Calor latente de evaporación |
| ρ : | Densidad |
| k: | Conductividad térmica |
| Kcal: | Kilocaloría |
| m: | Metro |
| m ² : | Metro cuadrado |
| ft ² : | Pie cuadrado |
| ft: | Pie |
| Ts = T _{vap} : | Temperatura de saturación |
| BTU: | British Thermal Unit |
| μ : | Viscosidad |
| f: | Frecuencia |
| rev: | Revoluciones |
| T1: | Temperatura del medio calefactor |
| R _{dc} : | Coefficiente de resistencia por incrustaciones |
| ln: | Logaritmo natural |

SIMBOLOGIA

| | |
|--------------|------------------------------------------------------------------|
| O_2 : | Oxígeno |
| V : | Volumen |
| M : | Masa |
| A : | Área |
| D : | Diámetro |
| L : | Longitud |
| h_i : | Coefficiente de transferencia de calor |
| ΔT : | Diferencia de temperatura |
| q : | Flujo de calor |
| Q_s : | Calor sensible |
| U : | Coefficiente global de transferencia de calor |
| Θ : | Tiempo |
| h_{oj} : | Coefficiente de transferencia de calor en el interior del tanque |
| Re : | Número de Reynolds |
| Pr : | Número de Prandalt |
| U_c : | Coefficiente global limpio de transferencia de calor |
| U_D : | Coefficiente global sucio de transferencia de calor |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1.1 Grano de soya | 3 |
| Figura 2.1 Esquema del proceso de filtrado..... | 24 |
| Figura 2.2 Variación en volumen de soya en el remojo..... | 29 |
| Figura 2.3 Distribución de las partes líquida y sólida de la soya..... | 40 |
| Figura 3.1 Diagrama de flujo para elaboración de leche..... | 57 |
| Figura 3.2 Diagrama de flujo para elaboración de yogurt..... | 58 |
| Figura 3.3 Diagrama de flujo para elaboración de queso..... | 59 |
| Figura 3.4 Diagrama de flujo para elaboración de tortitas de yuca o Plátano con soya..... | 60 |
| Figura 3.5 Diagrama de flujo para elaboración de tortitas de papa con soya | 61 |
| Figura 3.6 Diagrama de flujo para elaboración de granola..... | 62 |
| Figura 3.7 Elaboración de edulcorante..... | 63 |
| Figura 3.8 Preparación del almíbar..... | 63 |
| Figura 3.9 Dimensiones del tanque para procesos de la soya..... | 70 |
| Figura 3.10 Dimensiones del tanque para procesos de los vegetales..... | 72 |
| Figura 3.11 Tiempos de producción en línea..... | 87 |
| Figura 3.12 Distribución inicial de la producción..... | 89 |
| Figura 3.13 Matriz tiempo de la producción en planta..... | 89 |
| Figura 3.14 Redistribución de la producción..... | 90 |
| Figura 3.15 Ubicación en planta de los equipos..... | 95 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 Composición química del grano de soya..... | 3 |
| Tabla 2 Composición química de la yuca..... | 4 |
| Tabla 3 Composición química de la papa..... | 5 |
| Tabla 4 Composición química del plátano verde..... | 6 |
| Tabla 5 Composición química de la leche de soya..... | 12 |
| Tabla 6 Metodologías utilizadas en procesos de elaboración..... | 15 |
| Tabla 7 Materiales utilizados en la fase experimental..... | 19 |
| Tabla 8 Codificación para la evaluación sensorial..... | 27 |
| Tabla 9 Tiempos requeridos por proceso obtenidos en la fase experimental | 42 |
| Tabla 10 Condiciones para el choque térmico..... | 44 |
| Tabla 11 Diferentes pruebas de ganancia de peso en el remojo..... | 45 |
| Tabla 12 Aumento de volumen durante el remojo en prueba 1..... | 45 |
| Tabla 13 Obtención de la lechada de la extracción en prueba 1..... | 46 |
| Tabla 14 Cuantificación de la torta de soya..... | 47 |
| Tabla 15 Calificación promedio de roducto por estrato de población..... | 48 |
| Tabla 16 Rendimientos de la soya durante su procesamiento..... | 50 |
| Tabla 17 Rendimientos de la yuca durante su procesamiento..... | 51 |
| Tabla 18 Rendimientos de la papa durante su procesamiento..... | 52 |
| Tabla 19 Rendimientos del plátano durante su procesamiento..... | 52 |
| Tabla 20 Características y datos del agua..... | 65 |
| Tabla 21 Características y datos de la lechada..... | 66 |
| Tabla 22 Detalle del calor necesario en la etapa de cocción de la lechada..... | 67 |
| Tabla 23 Cantidad de agua y vegetales a utilizar respecto a al soya..... | 68 |
| Tabla 24 Resumen de las necesidades calóricas..... | 69 |
| Tabla 25 Dimensiones del tanque de cocción de la lechada para la elaboración de los productos..... | 71 |
| Tabla 26 Estimación de los equipos para la industrialización de la soya | 73 |
| Tabla 27 Destinaciones másicas de la lechada para procesamiento..... | 77 |
| Tabla 28 Características del vapor utilizado..... | 79 |
| Tabla 29 Tiempos estimados para la manipulación de 90 kilos de soya y la obtención de productos..... | 84 |
| Tabla 30 Codificación de productos en la distribución de los procesos.. | 91 |

INTRODUCCION

El frijol soya (*Glycine max*) tiene una historia de cultivo de más de 5 000 años en China. Sus derivados gradualmente se introdujeron a Corea, Japón y otros países asiáticos. Los chinos han desarrollado una gran variedad de alimentos procesados a base de soya que continúan siendo parte importante en su dieta actual. Los productos a base de soya, en nuestro país no se encuentran lo suficientemente tecnificados ni difundidas sus posibilidades de consumo. Siendo así que esta materia prima se la considera más como una terapia alimenticia que como una variante nutricional. Actualmente, su principal uso industrial es para la obtención de aceite; mientras que artesanalmente se obtiene productos como: Leche, Carne y Queso, utilizando la fase líquida de la soya, mientras que los residuos sólidos, en su mayor parte son destinados a la elaboración de productos balanceados de consumo animal. Por consiguiente, intento concienciar a las personas al consumo integral de estos residuos mediante su formulación con vegetales de bajo contenido proteico enriquecidos con las propiedades nutritivas de la soya. Además de la elaboración de un producto tipo granola.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES:

En este primer capítulo se trata de una manera general de (1); las materias primas utilizadas en lo que respecta a variedad, producción y composición química, (2); los procesos de elaboración como son pasos a seguir y puntos importantes a tener en consideración, y (3) la descripción de los siete productos a obtener.

1.1 Materia prima

1.1.1 Soya

La soya tiene como nombre científico *Glycine max*, proveniente de una planta herbácea. Según la variedad de semilla, su color puede ser verde amarilla, pardo, blanquecina o negra. Las variedades más comunes en el Ecuador son INIAP 306 y 307, aunque la Soyica P-34 se importa desde Colombia para su

comercialización y cultivo debido a su resistencia a plagas y enfermedades. Durante el año 2006 se produjo 51,914TM de las cepas comúnmente comercializadas en Ecuador. En lo que respecta al almacenamiento de la soya, con frecuencia se estropea por el calentamiento y enmohecimiento si se almacena con un contenido de humedad superior al 14%.



FIGURA 1.1. GRANO DE SOYA

TABLA 1

COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE SOYA

| Componente | Porcentaje |
|-------------------|------------------------|
| Proteínas | 38.5 |
| Lípidos | 18.5 |
| Carbohidratos | 30 |
| Cenizas | 2 |
| Humedad | 10 |
| Vitaminas | Tiamina, Acido Fólico. |

Fuente: AGRIPAC 2007

1.1.2 Yuca

Su nombre científico es *Manihot Esculenta* Cratz. La yuca en general tiene un bajo contenido de materia seca, en Ecuador se comercializa la variedad INIAP-Portoviejo 650 que es más precoz y productiva. Es tolerante al ataque de enfermedades como cercospora y cercosporidium. Por la calidad de sus raíces frescas puede servir para consumo directo. Las raíces tienen sabor poco dulce, poca fibra, consistencia firme, con bastante almidón, color entre blanco y amarillo, de buena capacidad de conservación. Durante el año 2006 se produjeron en Ecuador 431,510TM.

TABLA 2

COMPOSICION QUIMICA DE LA YUCA

| Componente | Porcentaje |
|-------------------|-------------------|
| Proteínas | 1 |
| Lípidos | 0.5 |
| Carbohidratos | 32 |
| Fibra | 0.8 |
| Humedad | 65 |

Fuente: AGRIPAC 2007

1.1.3 Papa

Perteneciente a la familia de las Solanaceae, la papa Chola o Superchola es su nombre común de la especie utilizada y es uno de los alimentos más importantes en nuestro medio. La industria utiliza la papa en la preparación de harina, almidón y bebidas alcohólicas. Bajo condiciones adecuadas, la papa tiene un mayor contenido en nutrientes que los cereales. Las plagas mas comunes que atacan a la papa son el Nematodo dorado, pulgones y gusano de alambre.

TABLA 3
COMPOSICION QUIMICA DE LA PAPA

| Componente | Porcentaje |
|-------------------|-------------------|
| Proteínas | 2 |
| Carbohidratos | 16 |
| Fibra | 1 |
| Humedad | 80 |

Fuente: AGRIPAC 2007

1.1.4 Plátano verde

Musa paradisíaca es el nombre científico de una de las frutas tropicales más importantes, puesto que representa un alimento básico para las familias de escasos recursos. El plátano ecuatoriano tiene aceptación por su alto nivel de calidad y es muy competitivo en precios en los mercados internacionales. En el 2006 se produjo 1.012.720,00TM. Las enfermedades mas comunes que atacan al plátano son el Mal de cigarro y las sigatoka amarilla y negra. Mientras que las plagas más comunes son el Escarabajo del fruto y la Abeja Mapaitera.

TABLA 4

COMPOSICION QUIMICA DEL PLATANO VERDE

| Componente | Porcentaje |
|-------------------|-------------------|
| Materia seca | 42 |
| Almidón | 6 |
| Proteínas | 2 |
| Vitamina C | 20mg/g |
| Potasio | 7 |

Fuente: AGRIPAC 2007

1.2 Proceso

Las líneas de producción serán diseñadas con el fin de encaminar 7 procesos a trabajar por lotes, manipulando 90 kilos de soya por día. Con la manipulación de la soya, se obtendrán una fase líquida de la cual se deriva la elaboración de leche, queso y yogurt, y una fase sólida de la cual se obtiene granola y tortitas formuladas de los residuos sólidos de la soya con yuca, papa y plátano verde.

Las operaciones realizadas durante los procesamientos son de tipo manual y mecánicas. Por ejemplo, la selección de las materias primas por personal instruido al inicio de cada proceso para no guiar material no procesable y el pelado de los vegetales exceptuando la papa son de tipo manual; el lavado, descascarillado, molienda, preparación del queso, mezclas y formulaciones como son el caso del yogurt y las tortitas son operaciones de tipo mecánico.

Temperaturas de proceso como es el caso de la inactivación enzimática y molienda del grano de soya; y los tiempos de elaboración de los productos con la finalidad minimizar paradas de producción y utilización óptima del tiempo, serán factores de control.

Y por último, los datos de desperdicios por manipulación en etapas iniciales de la materia prima que se observará en la fase experimental

en pruebas de laboratorio y a nivel piloto nos indicará la necesidad inicial de soya y vegetales para un lote de producción.

1.2.1 Extracción de Leche

La leche de soya se ve afectada por la calidad y características de la semilla, los constituyentes de la soya y su procesamiento. Es muy importante controlar las lipoxigenasas y los inhibidores de la tripsina para mejorar el sabor, así como la digestibilidad de la proteína, además de los factores de flatulencia que serán disminuidos mediante choque térmico y cocción; otro punto importante es la astringencia que debe disminuirse mediante un buen proceso de filtrado. La cantidad de agua usada afecta de manera muy importante al contenido total de los sólidos y de las proteínas. Normalmente, el peso de la leche de soya que se obtiene por el proceso tradicional es de 3 veces más que la cantidad de soya procesada. Los pasos para la preparación de la leche de soya son (1); limpieza, selección del grano, (2) lavado, (3); choque térmico, (4); remojo, (5) descascarillado, (6); molienda, (7); extracción de la lechada, (8) Cocción y adición de esencias, (9); enfriamiento, filtrado y adición de azúcar, (10) embotellado y refrigeración.

1.2.2 Derivados de la parte líquida

Yogurt de soya

Al igual que el yogurt de leche de vaca, el de soya se produce cultivando la leche de soya con cultivos mezclados de *Streptococcus thermophilous* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estos cultivos son termofílicos y se desarrollan bastante bien a altas temperaturas. Es muy probable que cualquier sabor extraño que se encuentre en la leche de soya, aparezca en el yogurt. El contenido de proteína y sólidos de la leche de soya influyen en la textura del yogurt. El proceso para preparar yogurt de soya es similar al de leche de vaca: (1); preparación de la leche de soya, (2); adición de azúcares, (3) inoculación, (4); tiempo de incubación (5) formulación con frutas y almíbar y envasado, (6); refrigeración.

Queso de Soya

Se llama queso a este producto debido a su apariencia y a la precipitación de las proteínas que tiene lugar con sales de magnesio o calcio y no se utiliza cultivos coagulantes biológicos como sucede en el caso de su similar de vaca. El coagulante químico utilizado debe producir consistencia firme en el queso conllevando a un contenido de calcio relativamente alto. Los

pasos fundamentales en la elaboración del queso son: (1); la preparación de la leche de soya, (2); adición del coagulante para la precipitación de las proteínas y formar la cuajada (3); enfriamiento, (4) formación de tofu en un molde y refrigeración.

1.2.3 Aprovechamiento de los sólidos

En lo que respecta a las tortitas de Yuca, Papa o Plátano mezclados con la soya, estos son procesos que incluyen cuatro etapas fundamentalmente: (1); Preparación de los vegetales (selección, pelado y lavado) y cocción (2); trituración del material (3); formulación de los ingredientes (aquí interviene los residuos sólidos de soya); y moldeado y (4); empaquetado de las mezclas y refrigerado.

A diferencia de la papa y el plátano, la yuca cumple un paso adicional que es el descorazonado dentro de la primera etapa. Las operaciones de cocción y trituración se las realizan en este caso con la finalidad de facilitar etapas de adecuación en empaque además de presentar un producto que tenga relativa duración en percha y mínima etapa de procesamiento final para el consumidor.

En el caso de la granola, que también es un proceso de mezcla y formulación con otros ingredientes, establece un paso adicional que es el horneado con la finalidad de eliminar humedad e incluir cocción de los materiales influyentes.

1.3 Productos

1.3.1 Leche, Queso y Yogurt

Leche

La leche de soya es la extracción acuosa del grano soya, mediante su inmersión y posterior molido en húmedo y filtrado que trata de imitar a la leche de vaca debido a la derivación que se le da en lo que respecta en este caso a la elaboración de yogurt y queso. Contiene proteínas vegetales y ausencia de lactosa, beneficioso para personas con intolerancia a esta. Durante todo el ciclo productivo, la etapa donde mas se pierden nutrientes es en la fase de cocción de la leche. Generalmente se recuperan 70-80% de proteína y un 55% de sólidos.

TABLA 5
COMPOSICION QUIMICA DE LA LECHE DE SOYA

| Componente | Porcentaje |
|-------------------|-------------------|
| Proteínas | 28 |
| Grasa | 7 |
| Carbohidratos | 22 |

Fuente: Universidad de Illinois 2007

La leche de soja presenta un color blanco y sabor suave, densa similar a la leche de vaca y mantenida en cadena de frío de 4 - 6°C.

Yogurt

Yogurt es el nombre en árabe de una leche fermentada tipo ácido láctico. Con el uso de proteínas vegetales, en especial las de la soja, resulta ser prometedor para la alimentación futura del ser humano. El yogurt tiene aspecto similar al tradicional de vaca con trocitos de frutas y almíbar y su conservación debe ser de 4 - 6°C.

Queso

También llamado Tofu, este es la proteína de la soja que se obtiene por coagulación de la leche de soja. Es de color blanco y textura firme. A diferencia del queso de vaca, el tofu tiene una forma diferente de consumo, ya que es un producto intermedio. Sirve para preparar rellenos, sopas, salsas o condimentado como

pescado. El tofu tiene un alto contenido en grasas insaturadas y proteínas en un valor que bordea el 20% mantenido a temperatura de 4 - 6°C.

1.3.2 Mezcla con otros vegetales: Yuca, Papa y Plátano verde

Estas son mezclas semisólidas tipo tortitas con 30% de soya conservadas a temperatura de 4 - 6°C. Debido a que los vegetales evocados en este trabajo tienen un bajo contenido de proteínas y lípidos; y los procesos de cocción tienen alto significado en la reducción del valor nutritivo, la fortificación nutricional con los residuos sólidos de soya mejorará la calidad de los productos.

1.3.3 Producto tipo Granola

Esta es una mezcla de cereales dispuesta de una forma suelta mantenida a temperatura ambiente en la cual los residuos sólidos de la soya se encuentran en igual proporción que los cereales incidentes (avena, germen de trigo y maní). Este tipo de alimento tiene un alto contenido proteico y fibroso, es por esta razón que su ingesta es ideal para personas con problemas de digestión.

CAPITULO 2

2. FASE EXPERIMENTAL

Durante esta fase, se recogió la información necesaria para definir la utilización de materia prima, cantidad de cada producto a obtener, etapas que predominan en los procesos y las que son dependientes para estimar tiempos de elaboración, mediante 5 ensayos de laboratorio con 1 kilo de soya y la corroboración de los resultados obtenidos con una prueba a nivel piloto con 10 kilos de soya.

2.1 Materiales y métodos

A continuación se detalla las metodologías y los materiales utilizados en los procesos de cada producto. Y la codificación detallada de la tabla 7 en el apéndice A.

TABLA 6

METODOLOGIAS UTILIZADAS EN PROCESOS DE ELABORACION

| Proceso | Metodología |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leche Queso Yogurt | BASADO EN EL PROGRAMA INTERNACIONAL DE SOYA DE LA UNIVERSIDAD DE ILLINOIS. |
| Tortitas de Vegetales y Soya | PROCEDIMIENTO GENERAL DE MEZCLA Y FORMULACION. |
| Granola | PROCEDIMIENTO CONTEMPLADO EN LA WEB (www.soynica.org). |

Leche de soya:

1. Pesado, limpieza, selección y lavado del grano de soya.
2. Choque térmico con agua a 90°C por 30 segundos mediante inmersión.
3. Remojo del grano por 8 horas.
4. Descascarillado por fricción y separación de la cascarilla por flotación.
5. Molienda del grano remojado con agua caliente a 90°C en la misma proporción Peso/Volumen (1kilo de soya/1 litro de agua).
6. Filtración y cocción de la lechada a 100°C por 20 minutos.
7. Enfriamiento hasta 50°C. Preparar el edulcorante 52% volumen/peso (agua/azúcar) y agregar a la leche de soya en una relación del 13%.
8. Enfriamiento hasta temperatura ambiente y envasado para su posterior refrigerado a 4-6°C.

Yogurt de soya:

1. Preparar la leche de soya y agregar el edulcorante.
2. Una vez la leche a 40°C, adicionar el fermento para la incubación que es una mezcla de *St. Thermophilus* y *L. Bulgaricus* al 0.3% cada cepa respecto a la leche de soya.
3. Reposo por 6 horas, al tiempo que se trocea la fruta del almíbar para su mezcla con el yogurt al momento del envasado.
4. Envasado y refrigeración a 4-6°C.

Queso de soya:

1. Obtención de la lechada y cocción a 100°C por 20 minutos.
2. Enfriamiento a 85°C y agregar el coagulante que es sulfato de calcio en una proporción del 3% respecto a la leche.
3. reposo por 25 minutos para facilitar la precipitación de las proteínas o formación de las cuajadas seguido de una filtración.
4. el siguiente paso es el moldeado en recipientes agujerados para facilitar el desuerado mediante aplicación de un peso de 100g/cm² para formar un tofu consistente.
5. Embalado y refrigeración a 4-6°C.

Tortitas formuladas de yuca, papa o plátano verde con soya:

1. Una vez realizado el filtrado del mosto, obtenemos una parte líquida y una parte sólida; esta última es llamada torta de soya y se utiliza para la mezcla con los vegetales.
2. pesado, selección, pelado (y descorazonado en el caso de la yuca) y posterior lavado.
3. Cocción de los vegetales a 100°C por 20 minutos y posterior triturado en caliente.
4. Mezcla de la yuca, papa o plátano con la torta de soya, esta última interviene en un 30% de la mezcla.
5. Adición de margarina en un 4% y sal en un 0.5% de la mezcla para su embalado y refrigerado a 4-6°C.

Granola:

1. Mezcla de la torta de soya con los cereales (avena, germen de trigo y maní) en igual proporción.
2. Horneo a 180°C por 20 minutos.
3. Enfriamiento y posterior embalado a temperatura ambiente.

TABLA 7
MATERIALES UTILIZADOS EN LA FASE EXPERIMENTAL

| ETAPA | DERIVADOS LIQUIDOS | | | DERIVADOS SÓLIDOS | | | |
|------------------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------------------|-------------|-------------|----------------|
| | Leche | Yogurt | Queso | Granola | Yuca | Papa | Plátano |
| Limpieza y selección | h | | | | h | h | h |
| Preparación materia prima | | | | d,i | | | |
| Cortado de puntas | | | | | h,i | | h,i |
| Lavado | i | | | | i | | i |
| Calentamiento del agua | a | | | | | | |
| Remojo | i | | | | | | |
| Descascarillado o pelado | h | | | | h | h | h |
| Descorazonado | | | | | h,i | | |
| Lavado de los vegetales | | | | | h,i | h,i | h,i |
| Calentamiento agua molienda o de cocción | a,i | | | | a,i | a,i | a,i |

Continuación de la tabla 7.

| ETAPA | DERIVADOS LIQUIDOS | | | DERIVADOS SÓLIDOS | | | |
|------------------------|--------------------|--------|-------|-------------------|------|------|---------|
| | Leche | Yogurt | Queso | Granola | Yuca | Papa | Plátano |
| Molienda | i | | | | | | |
| Filtración | e | | | | | | |
| Cocción | a,i | | | g | a,i | a,i | a,i |
| Enfriamiento | | | | | | | |
| Filtración | e | | | | | | |
| Triturado y amasado | | | | | f,i | f,i | f,i |
| Incubación | | c,d,i | c,d,i | | | | |
| Moldeado y desuerado | | | h,i | | | | |
| Envasado O empaquetado | h,i | h,i | h,i | h,i | h,i | h,i | h,i |

Elaborado por: César Barrigas

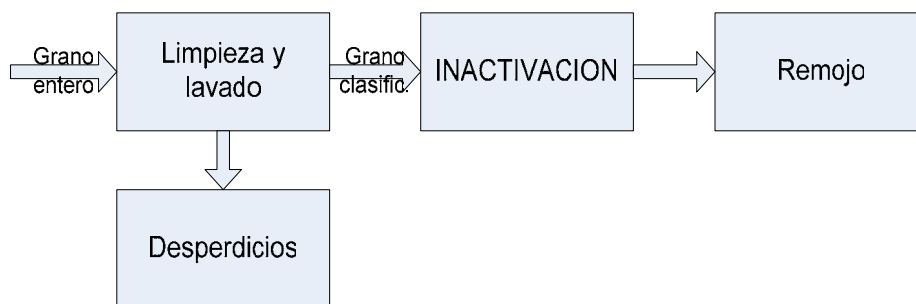
2.2 Pruebas de laboratorio

El objetivo de las pruebas experimentales era principalmente determinar los parámetros de las fases líquidas y sólidas de los procesos para definir: Procedimientos a seguir y resultados esperados a nivel industrial refiriéndonos a los puntos tratados en este subcapítulo a continuación.

2.2.1 Determinación de parámetros en la obtención de la fase líquida

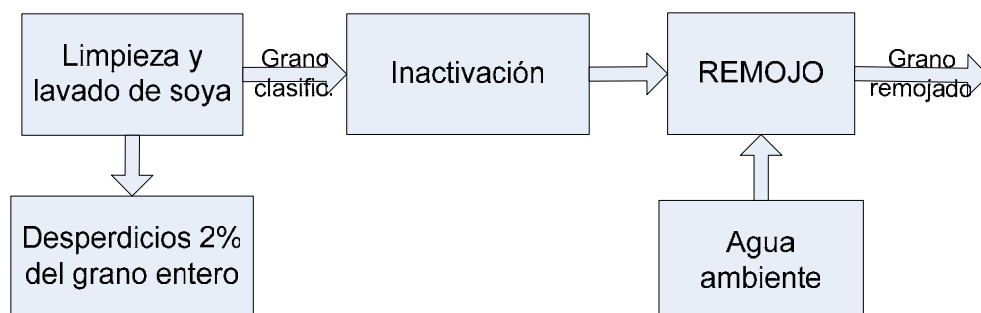
Inactivación enzimática

Hay que establecer un método de inactivación enzimática del grano de soya ya que la lipoxigenasa es una enzima presente que cataliza la inserción de O_2 , por consiguiente causa el marcado sabor a fréjol en los productos derivados de soya y rápido deterioro. Se realiza un choque térmico en dos etapas del proceso: antes del remojo y al momento de la molienda (Según el Programa Internacional de la Soya) en la misma proporción de volumen soya : agua ya que esta enzima es sensible al calor y queda inactiva bajo condiciones de tiempo y temperatura como se indica la tabla 10 en el subcapítulo 2.4.



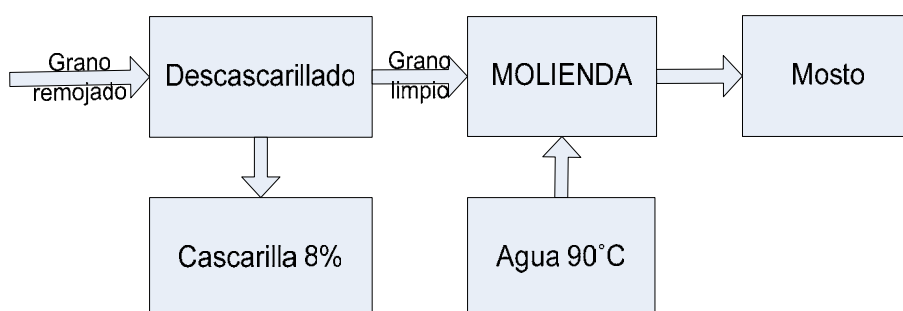
Aumento de peso y volumen por retención de agua en el remojo

Una vez realizado el choque térmico se procedió con el remojo con una relación en peso 1: 2 soya : agua. Se recogió datos de 5 pruebas diferentes realizadas como se muestra en la tabla 11 en el subcapítulo de resultados. Además hay que considerar la etapa anterior al remojo que es la limpieza y selección, se puede estimar que el porcentaje de desperdicios en esta etapa es el 2% mostrado en el apéndice B. Y como consecuencia de la ganancia en peso del grano de soya debido a la retención de agua, este también incrementó en volumen mostrado la tabla 12 en el subcapítulo de resultados y en el apéndice C que indica que al final de la etapa de remojo, se necesitó un recipiente que pudiera contener tres veces el volumen inicial de soya. Este dato obtenido en las pruebas experimentales nos sirvió como punto de partida para el dimensionamiento del tanque de remojo en el diseño de la planta.



Interacción Soya - Agua durante la molienda

El contenido de sólidos de la leche de soja es un punto importante en la aceptabilidad del producto por parte del consumidor. Es por esta razón que al momento de la molienda la relación de volumen Grano limpio : Agua debe ser 1 : 1 para obtener una cantidad considerable de mosto y un 3% de sólidos totales (determinado mediante el apéndice D) en el producto luego de la etapa de filtrado.



Metodología para el proceso de filtrado

El proceso de filtrado es una etapa fundamental que caracterizará la palatabilidad de la leche de soya. Se estableció un doble filtrado (Figura 2.1) El primero y general se lo realizó al momento de la extracción de la lechada, de donde se obtuvo La torta de soya para los procesos de mezcla. El segundo filtrado se lo realizó luego de la etapa de cocción, al finalizar la etapa de enfriamiento. Este doble filtrado dará como resultado una leche de soya ligera.

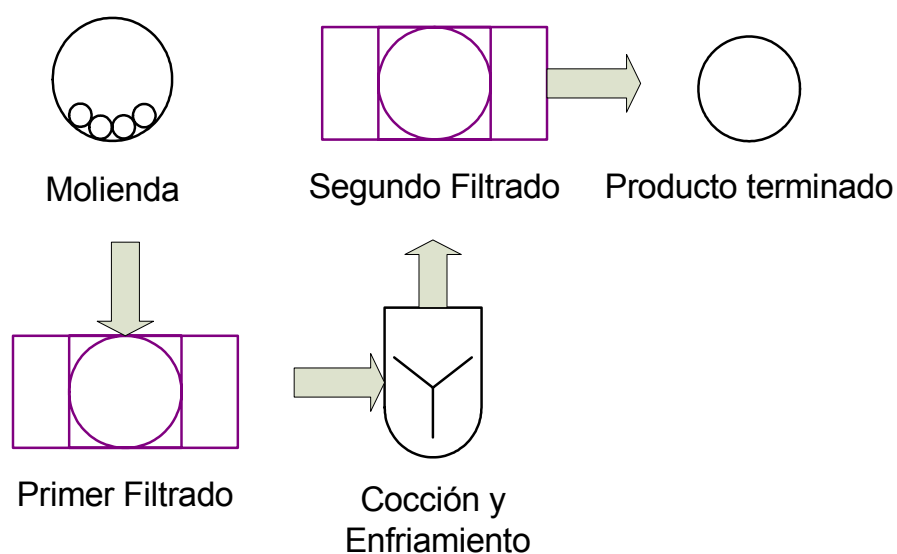


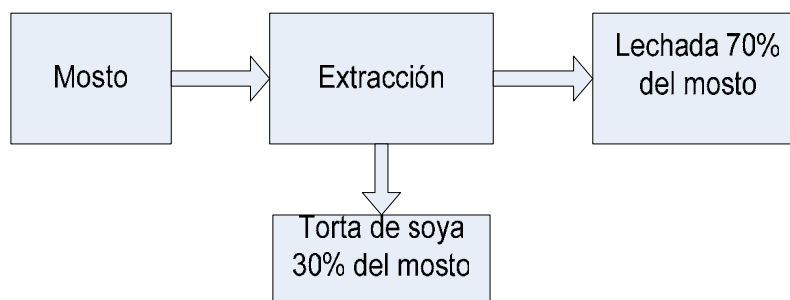
FIGURA 2.1. ESQUEMA DEL PROCESO DE FILTRADO

2.2.2 Determinación de parámetros en la obtención de la fase sólida.

Extracción líquida y sólida durante la manipulación del mosto

Del mosto se obtuvo la lechada y la torta de soya de la etapa de filtración (Figura 2.1), Como se puede observar en la tabla 13 del subcapítulo 2.4, se especifica el rendimiento de la lechada a partir del mosto de la prueba 1 y los resultados de las pruebas restantes en el apéndice E. Y como consecuencia del primer filtrado, obtuvimos una gran cantidad de la torta. Motivo por el cual hubo la necesidad de cuantificarla en las diferentes pruebas realizadas para que así, pueda formar parte inicial de productos mezclas con vegetales.

Los datos expuestos en la tabla 14 en el subcapítulo de resultados, especifican el porcentaje obtenido de la torta de soya en función de la cantidad de grano entero de soya clasificado. De esta manera podemos conocer en etapas iniciales de procesamiento de grano de soya la cantidad de residuo que puede ser procesado en la formulación de las tortitas.



Pruebas aceptabilidad de los productos

Se recurrió a pruebas de evaluación sensorial de alimentos a fin de probar la aceptabilidad de los productos. Se escogió tres tipos de estratos sociales para dicha evaluación: Un grupo de estudiantes de la ESPOL, un grupo de trabajadores de la ESPOL y un grupo de personas escogidas entre amigos y familiares con una población de veinte personas en cada estrato. En el caso de las tortitas, se definió una proporción 30:70 de soya : vegetal como la mas indicada para las pruebas considerando dos aspectos:

- Que el sabor de los residuos sólidos de soya no prevalezca sobre el vegetal
- Que la cantidad de residuos de soya utilizados sea considerable.

Se recurrió a pruebas de degustación que consistió en colocar una calificación a cada muestra según el agrado en sabor. El formato de la calificación se muestra en el apéndice F.

TABLA 8
CODIFICACION PARA LA EVALUACION SENSORIAL

| Siglas | Significado | Calificación |
|---------------|--------------------|---------------------|
| TD | Total desagrado | 1 |
| AD | Alto desagrado | 2 |
| D | Desagrado | 3 |
| A | Agrado | 4 |
| AA | Alto agrado | 5 |
| TA | Total agrado | 6 |

Luego de realizar la degustación de cada muestra, cada estrato poblacional dio la calificación de los productos como se muestra en las tablas 15 a 19 (subcapítulo de resultados) y en los apéndices G a P.

2.3 Pruebas en Planta Piloto

A nivel de laboratorio se trabajó con un kilo de soya entera; para trabajar a nivel piloto, se incrementó la cantidad de materia prima a 10 veces. El motivo por el cual no se especifica datos en el procesamiento de la granola en este subcapítulo ni en el de resultados es que la granola únicamente es un proceso de mezcla de los cereales utilizados que se los adquiere de manera lista para la mezcla y la cantidad de residuos sólidos especificados en la figura 2.3.

2.3.1 Variación de volumen por retención de agua

Esta es una etapa de comprobación de los datos obtenidos a nivel de laboratorio. En la figura 2.2 nos podemos dar cuenta de la tasa de variación que presentó el grano de soya debido a la absorción de agua durante el remojo. Durante las primeras 4 horas, se puede notar una pendiente mayor de la curva que rige el comportamiento de absorción, debido a la gran captación de agua que presenta la soya al inicio del remojo. A partir de las 8 horas de remojo, el peso y volumen del grano de soya, se vuelven constantes.

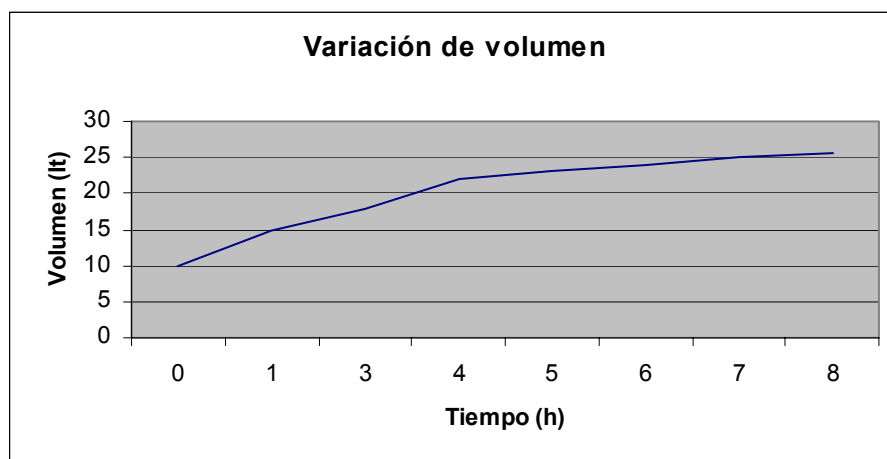


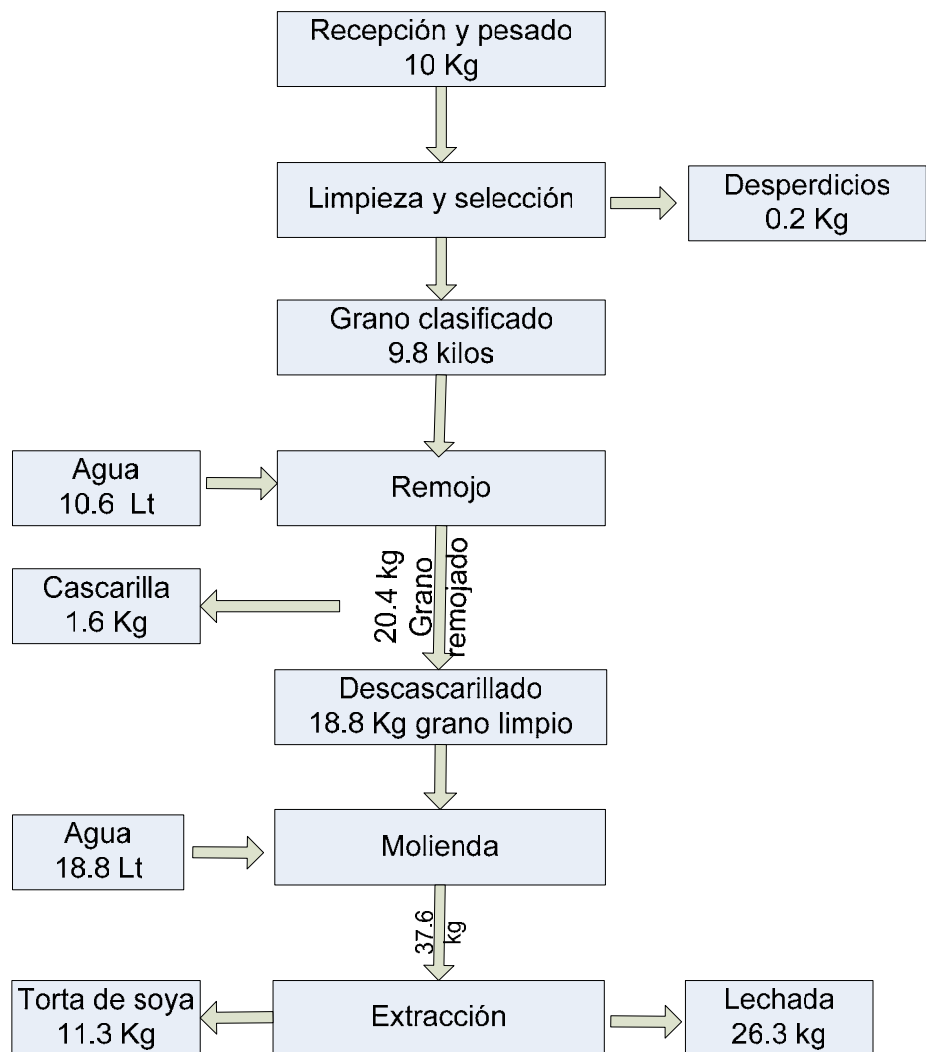
FIGURA 2.2 VARIACION EN VOLUMEN DE SOYA DURANTE LAS 8 HORAS DE REMOJO

2.3.2 Detalle de rendimientos en la manipulación de materias primas

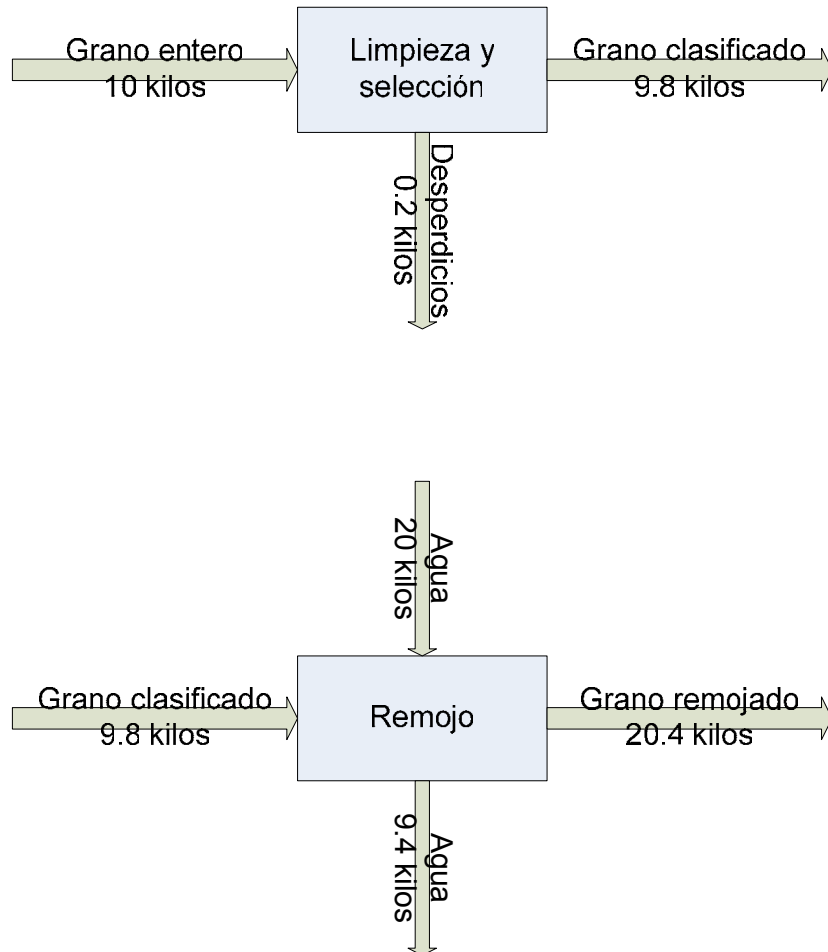
A continuación se detalla la manipulación del grano de soya y los vegetales en lo que respecta a su utilización, desperdicios y residuos disponibles para procesos subsiguientes. Los resultados de los balances expuestos a nivel piloto corroboran los resultados en laboratorio. En el caso de los vegetales se partió de la última etapa a la inicial, es decir, de la cantidad necesaria de pulpa de cada vegetal listo para la mezcla con soya hasta obtener la cantidad inicial de materia prima. Con estos datos recopilados podemos determinar la cantidad necesaria de vegetales al comienzo de las etapas de manipulación partiendo con una cantidad determinada de soya. Para la manipulación de esta última, las cantidades de material

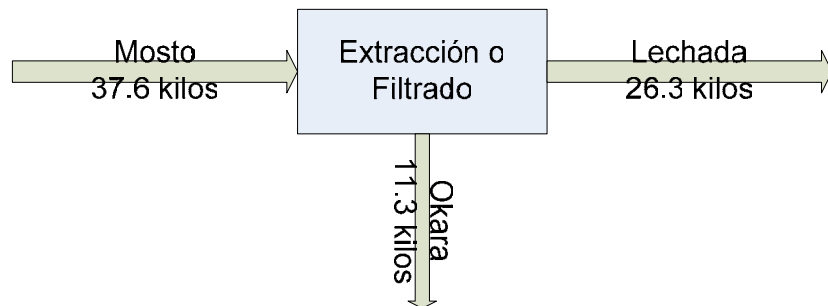
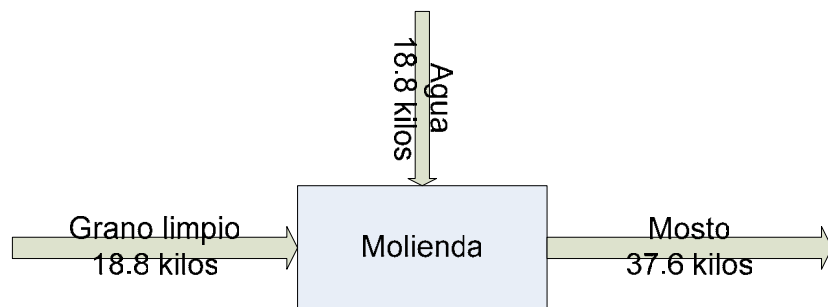
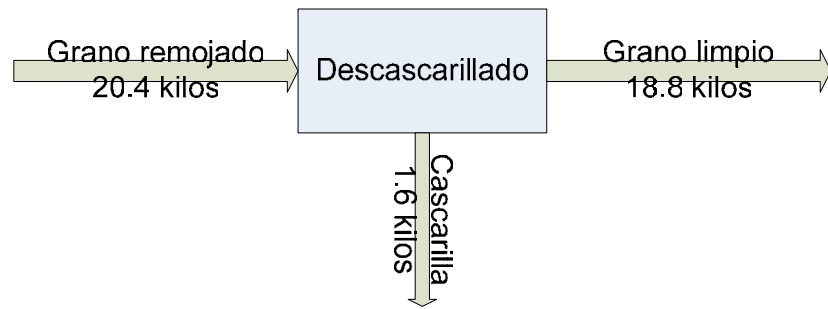
entrante y saliente son ya conocidas de las pruebas de laboratorio, realizando una proyección de 10 veces la cantidad inicial de materia prima.

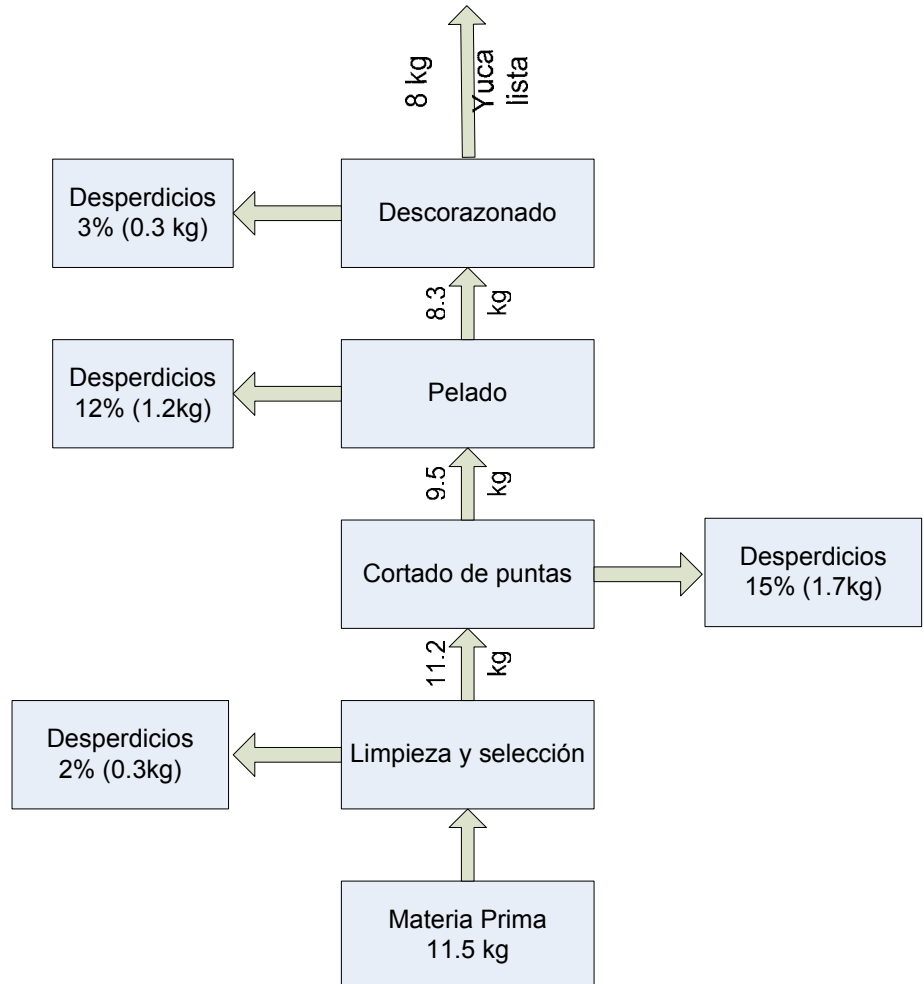
Grano de soya:



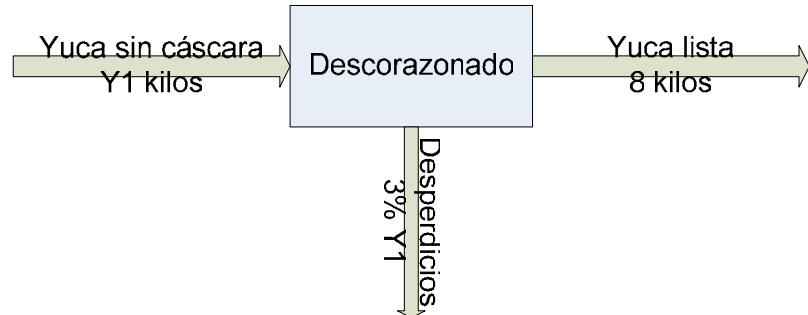
Balance de materia de la soya





Yuca:

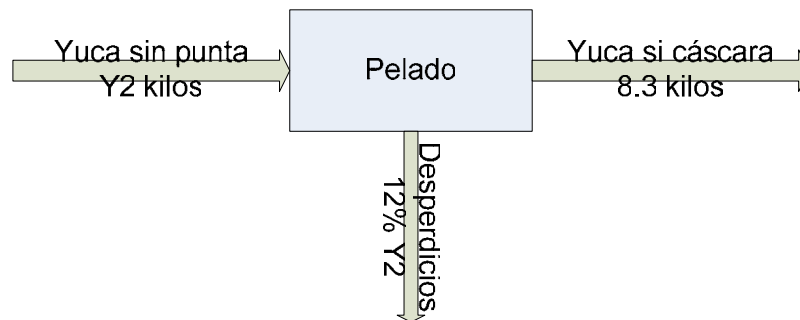
Balance de materia de la yuca



$$Y1 = \text{Yuca lista} + \text{Desperdicios}$$

$$Y1 = 8 \text{ kilos} + 0.03Y1$$

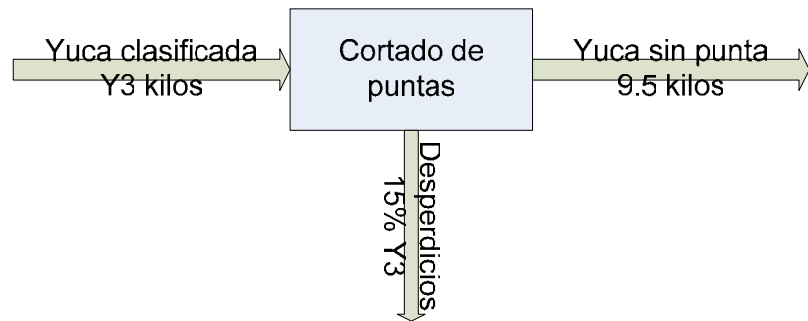
$$Y1 = 8.3 \text{ kilos}$$



$$Y2 = \text{Yuca sin cáscara} + \text{Desperdicios}$$

$$Y2 = 8.3 \text{ kilos} + 0.12Y2$$

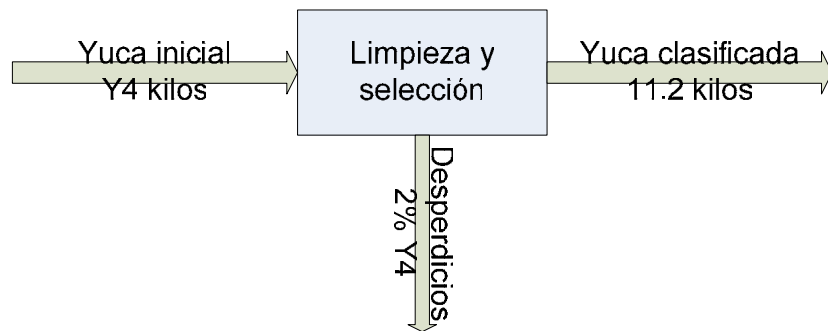
$$Y2 = 9.5 \text{ kilos}$$



$$Y3 = \text{Yuca sin punta} + \text{Desperdicios}$$

$$Y3 = 9.5 \text{ kilos} + 0.15Y3$$

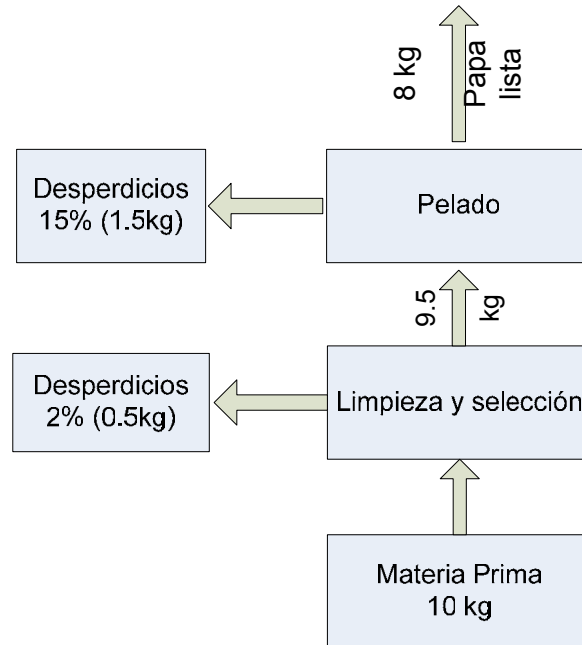
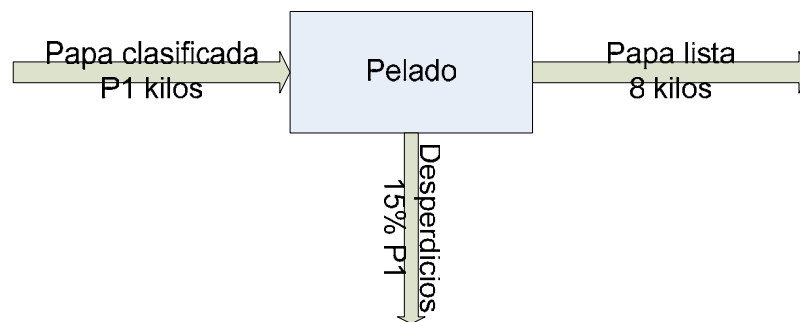
$$Y3 = 11.2 \text{ kilos}$$



$$Y4 = \text{Yuca clasificada} + \text{Desperdicios}$$

$$Y4 = 11.2 \text{ kilos} + 0.02Y4$$

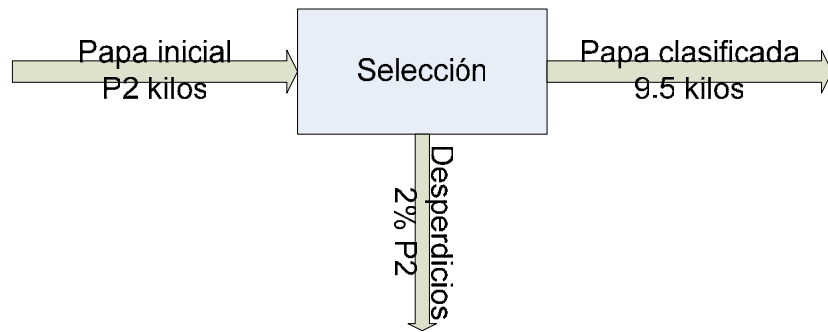
$$Y4 = 11.5 \text{ kilos}$$

Papa:**Balance de materia de la papa**

$$P1 = \text{Papa lista} + \text{Desperdicios}$$

$$P1 = 8 \text{ kilos} + 0.15P1$$

$$P1 = 9.5 \text{ kilos}$$

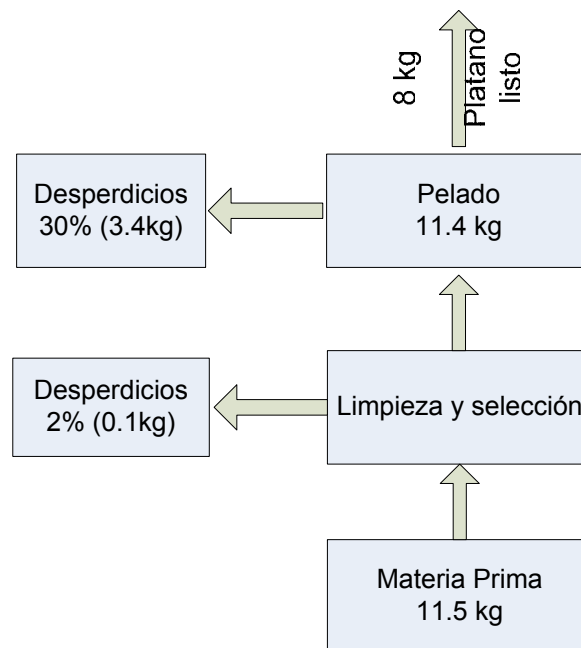


$$P2 = \text{Papa clasificada} + \text{Desperdicios}$$

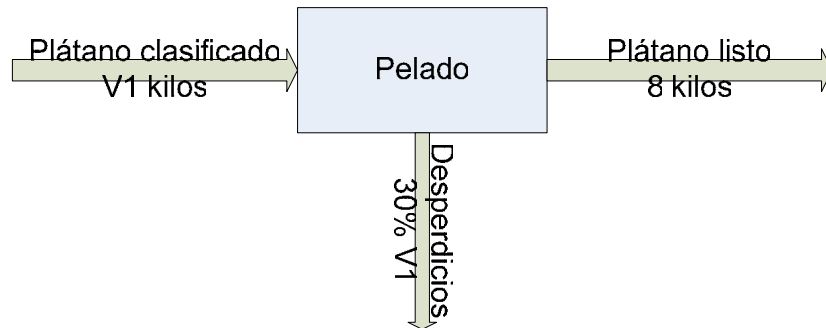
$$P2 = 9.5 \text{ kilos} + 0.02P2$$

$$P2 = 10 \text{ kilos}$$

Plátano verde:



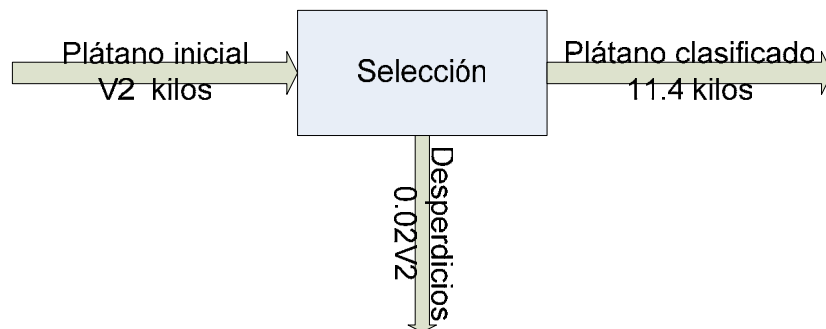
Balance de materia del plátano verde



$$V1 = \text{Plátano listo} + \text{Desperdicios}$$

$$V1 = 8 \text{ kilos} + 0.3V1$$

$$V1 = 11.4 \text{ kilos}$$



$$V2 = \text{Plátano clasificado} + \text{Desperdicios}$$

$$V2 = 11.4 \text{ kilos} + 0.02V2$$

$$V2 = 11.5 \text{ kilos}$$

Resumen de rendimientos

Soya:

Debido a la hidratación del grano de soya al momento del remojo y la molienda, este obtiene un rendimiento de más de 100% en función del mosto obtenido como se muestra a continuación y definiendo la fórmula de rendimiento como:

$$\%R = (\text{Peso final} / \text{Peso inicial}) * 100$$

| | |
|---------------------|------------|
| Soya inicial | 10 kilos |
| Mosto obtenido | 39.2 |
| %Rendimiento | 392 |

Vegetales:

Considerando la fórmula de rendimiento obtenemos que:

$$\% \text{ Rendimiento de la yuca} = (8/11.5) * 100 = 70$$

$$\% \text{ Rendimiento de la papa} = (8/10) * 100 = 80$$

$$\% \text{ Rendimiento del plátano} = (8/11.5) * 100 = 70$$

Distribución de la parte líquida y sólida de la soya en la obtención de productos finales

Se resume los resultados de planta piloto con la manipulación de las materias primas y las destinaciones que se obtuvieron de cada subproducto. La cantidad de agua especificada (30.2Kg) que se suma al grano de soya, representa el agua absorbida en el remojo sumada el agua de molienda. Luego de la molienda y extracción, obtenemos una parte líquida y sólida que se destinan en los porcentajes especificados en la figura 2.3 para la obtención de los derivados mencionados.

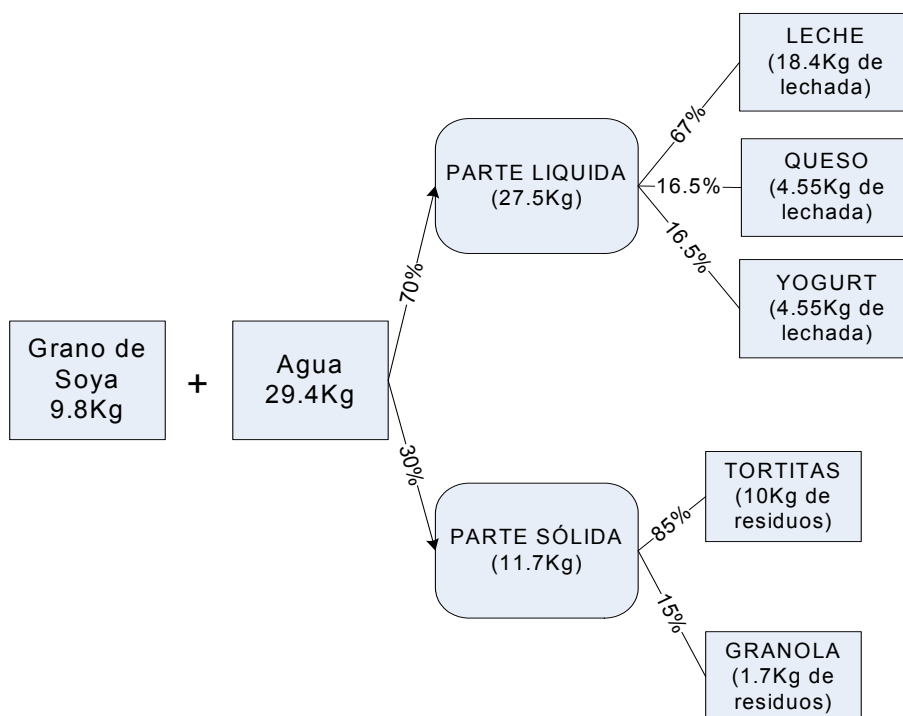


FIGURA 2.3. DISTRIBUCION DE PARTES LIQUIDA Y SÓLIDA DE LA SOYA

2.3.3 Tiempos de proceso por producto

Es necesario optimizar el trabajo de un día de producción reduciendo las paradas de proceso. Los resultados están basados en observaciones realizadas en la planta piloto durante una prueba experimental. Se detalla todas las etapas de los procesos con el respectivo tiempo en horas que se empleó para cada acción. Además hay que considerar que los tiempos referidos a la elaboración del queso y del yogurt son a partir de la obtención de la lechada para el queso, y para el yogurt a partir de la obtención de la leche de soya; ya que es necesario la obtención de estos precursores para poder arrancar con la elaboración de los mencionados productos. Es decir, que se requiere el tiempo especificado en la tabla 9 adicionado 10.31 horas para el caso del yogurt y 9.91 horas para la elaboración del queso desde la entrada a proceso del grano de soya. Por otro lado, para la elaboración de los derivados sólidos solo se considera el tiempo mencionado en la tabla 9 ya que los tiempos de adecuación de los vegetales es muy similar al de manipulación de la soya, por lo que estas líneas pueden partir en paralelo en un día de producción.

TABLA 9

TIEMPOS REQUERIDOS POR PROCESO OBTENIDOS EN LA FASE EXPERIMENTAL

| ETAPA | TIEMPO (h) | | | | | | |
|------------------------------------------|--------------------|--------|-------|-------------------|------|------|---------|
| | DERIVADOS LIQUIDOS | | | DERIVADOS SÓLIDOS | | | |
| | Leche | Yogurt | Queso | Granola | Yuca | Papa | Plátano |
| Limpieza y selección | 0.08 | | | | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Preparación materia prima | | | | 0.08 | | | |
| Cortado de puntas | | | | | 0.03 | | |
| Lavado | 0,04 | | | | | | |
| Calentamiento del agua para inactivación | 0.2 | | | | | | |
| Remojo | 8 | | | | | | |
| Descascarillado o pelado | 0.5 | | | | 0.08 | 0.16 | 0.08 |
| Descorazonado | | | | | 0.08 | | |
| Lavado de los vegetales | | | | | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Calentamiento agua molienda o de cocción | 0.2 | | | | 0.25 | 0.25 | 0.25 |

Continuación de la tabla 9

| ETAPA | TIEMPO (h) | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| | DERIVADOS LIQUIDOS | | | DERIVADOS SOLIDOS | | | |
| | Leche | Yogurt | Queso | Granola | Yuca | Papa | Plátano |
| Molienda | 0.25 | | | | | | |
| Filtración | 0.1 | | 0.05 | | | | |
| Cocción | 0.55 | | 0.55 | 0.35 | 0.33 | 0.28 | 0.33 |
| Enfriamiento | 0.4 | 0.25 | 0.5 | | | | |
| Filtración | 0.05 | | | | | | |
| Triturado y amasado | | | | | 0.25 | 0.2 | 0.25 |
| Incubación | | 6 | | | | | |
| Desuerado y moldeado | | | 0.5 | | | | |
| Envasado O empaquetado | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.02 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| TIEMPO TOTAL POR PROCESO | 10.76 | 6.35 | 1.70 | 0.45 | 1.36 | 1.23 | 1.25 |

Elaborado por: César Barrigas

2.4 Resultados

Los resultados de este subcapítulo están basados en observaciones de laboratorio trabajando con un kilo de soya como punto de partida y sirvieron para realizar los cálculos descritos en el subcapítulo anterior realizados en la planta piloto.

Los resultados que no se encuentran especificados en este subcapítulo, se encuentran detallados en las tablas de los apéndices mencionados a su debido tiempo.

TABLA 10

CONDICIONES PARA EL CHOQUE TERMICO

| | |
|--------------------|-------------|
| Temperatura | 90°C |
| Tiempo | 30 segundos |

Fuente: Universidad de Illinois 2007

TABLA 11
DIFERENTES PRUEBAS DE GANANCIA DE PESO EN EL
REMOJO

| PRUEBA | Grano clasificado(g) | Grano remojado (g) | Agua absorbida(ml) | % Agua absorbida |
|-----------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 1 | 1 029 | 2 161 | 1 132 | 110 |
| 2 | 977 | 1 905 | 928 | 95 |
| 3 | 982 | 2 003 | 1 021 | 104 |
| 4 | 1 000 | 1 970 | 970 | 97 |
| 5 | 1 008 | 2 097 | 1 089 | 108 |
| SUMA | | 10 136 | 5 140 | 514 |
| PROMEDIO | | 2 027 | 1 028 | 103 |

TABLA 12
AUMENTO DE VOLUMEN DURANTE EL REMOJO EN PRUEBA 1

| Tiempo (horas) | Volumen (ml) |
|-----------------------|---------------------|
| 0 | 1 000 |
| 1 | 1 500 |
| 3 | 1 800 |
| 4 | 2 200 |
| 5 | 2 300 |
| 6 | 2 400 |
| 7 | 2 500 |
| 8 | 2 550 |

Como se indica en la tabla 13, el mosto (M) durante la filtración se divide en dos; la Okara que es la torta de soya y la lechada (L). Dando como resultado la cantidad de lechada en función de la cantidad de mosto obtenido.

TABLA 13
OBTENCION DE LA LECHADA DE LA EXTRACCIÓN EN LA
PRUEBA 1

| Mosto (g) = | Torta de soya (g)+ | Lechada (g) |
|--------------------|---------------------------|--------------------|
| 4 320= | 1 295 | L |
| L = | 3 025 | |
| %L(M) = | 70 | |

La tabla siguiente muestra la cantidad de torta de soya y su porcentaje respecto a la cantidad de grano entero seco de soya que influye como materia prima entrante. Cabe resaltar que los resultados mostrados de torta de soya están basados en el aumento de aproximadamente dos veces su peso por la absorción de agua y de la interacción 1:1 de agua : soya remojada en la extracción.

TABLA 14
CUANTIFICACION DE LA TORTA DE SOYA

| PRUEBA | Soya entrante (g) | Torta de soya (g) | % Torta de soya |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | 1 030 | 1 295 | 125 |
| 2 | 977 | 1 105 | 113 |
| 3 | 982 | 1 158 | 118 |
| 4 | 1 000 | 1 170 | 117 |
| 5 | 1 008 | 1 139 | 113 |
| PROMEDIO | | 1 173 | 117 |

Pruebas de aceptabilidad de los productos

En la tabla 15 se muestra las calificaciones que dieron los estratos poblacionales como promedio a cada uno de los productos obtenidos y un solo producto por estrato. El detalle de las calificaciones se presentan en los apéndices G a U. Agrado con calificación 4, alto agrado con calificación 5 y con 6 un total agrado. Resultando para la leche calificación de 5 y 6, para el yogurt, queso, granola y las tortitas formuladas de yuca con soya una calificación de 4 y 5, para las tortitas de papa con soya 4 y para las tortitas de plátano verde con soya 5.

Para la presentación y degustación del queso, siendo este un producto intermedio y sin tener una misma forma de consumo que su similar de vaca, se lo preparó apanado como una carne. La degustación de la granola se la hizo con yogurt saborizado de vaca.

TABLA 15
CALIFICACION PROMEDIO DE CADA PRODUCTO POR ESTRATO
DE POBLACION.

| Producto | Estrato (Calificación) | | |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | Estudiantes de la ESPOL | Trabajadores de la ESPOL | Conocidos y familiares |
| Leche | 5 | 5 | 6 |
| Yogurt | 4 | 4 | 5 |
| Queso | 4 | 5 | 5 |
| Granola | 4 | 5 | 5 |
| Tortita yuca-soya | 5 | 4 | 5 |
| Tortita papa-soya | 4 | 4 | 4 |
| Tortita plátano-soya | 5 | 5 | 5 |

Rendimientos de la materia prima durante su manipulación

Una vez realizadas las pruebas experimentales a nivel piloto en el subcapítulo 2.3.2 de los cálculos de rendimientos de materia prima, se muestra los resultados obtenidos por etapa en las tablas 16 a 19 en porcentaje en dichos cálculos. La cantidad de materia prima inicial es considerada como 100%, en donde los porcentajes especificados en los materiales 2, 3 y 4 (en el caso del grano de soya, y 3 y 4 en el caso de los vegetales) están en función del material 1.

1 y 2: Materia entrante

3 y 4: Materia saliente

1 + 2 \longrightarrow 3 + 4

TABLA 16**RENDIMIENTOS DE LA SOYA DURANTE SU PROCESAMIENTO**

| ETAPA | MATERIA ENTRANTE | | | | MATERIA SALIENTE | | | |
|-----------------|-------------------------|------------|----------|------------|-------------------------|------------|--------------|------------|
| | 1 | % | 2 | % | 3 | % | 4 | % |
| Limpieza | Grano de soya | 100 | NO | 0 | Grano clasificado | 98 | Desperdicios | 2 |
| Remojo | Grano clasificado | 98 | Agua | 200 | Grano remojado | 204 | AGUA | 94 |
| Descascarillado | Grano remojado | 204 | NO | 0 | Grano limpio | 196 | Cascarilla | 8 |
| Molienda | Gano limpio | 196 | Agua | 196 | Mosto | 392 | NO | 0 |
| Extracción | Mosto | 392 | NO | 0 | Lechada | 275 | Okara | 117 |

Elaborado por: César Barrigas

TABLA 17**RENDIMIENTOS DE LA YUCA DURANTE SU PROCESAMIENTO**

| ETAPA | MATERIA ENTRANTE | | MATERIA SALIENTE | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|--------------|-----------|
| | 1 | % | 3 | % | 4 | % |
| Selección | Yuca inicial | 100 | Yuca clasificada | 98 | Desperdicios | 2 |
| Cortado de puntas | Yuca clasificada | 98 | Yuca sin punta | 83.5 | Desperdicios | 15 |
| Pelado | Yuca sin punta | 83.5 | Yuca sin cáscara | 73.5 | Desperdicios | 12 |
| Descorazonado | Yuca sin cáscara | 73.5 | Yuca Lista | 71.5 | Desperdicios | 3 |

Elaborado por: César Barrigas

TABLA 18

RENDIMIENTOS DE LA PAPA DURANTE SU PROCESAMIENTO

| ETAPA | MATERIA ENTRANTE | | MATERIA SALIENTE | | | |
|-----------|------------------|------------|------------------|-----------|--------------|-----------|
| | 1 | % | 3 | % | 4 | % |
| Selección | Papa inicial | 100 | Papa clasificada | 98 | Desperdicios | 2 |
| Pelado | Papa clasificada | 98 | Papa lista | 85 | Desperdicios | 15 |

Elaborado por: César Barriga

TABLA 19

RENDIMIENTOS DEL PLÁTANO DURANTE SU PROCESAMIENTO

| ETAPA | MATERIA ENTRANTE | | MATERIA SALIENTE | | | |
|-----------|---------------------|------------|---------------------|-----------|--------------|-----------|
| | 1 | % | 3 | % | 4 | % |
| Selección | Plátano inicial | 100 | Plátano clasificado | 98 | Desperdicios | 2 |
| Pelado | Plátano clasificado | 98 | Plátano listo | 70 | Desperdicios | 30 |

Elaborado por: César Barrigas

CAPITULO 3

3. DISEÑO DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SOYA

Se describe a continuación los procesos mediante diagrama de flujos, se estima la capacidad de los equipos con cálculos en el caso del caldero y en los demás equipos basados en las experiencias de laboratorio y piloto y se involucra la distribución de la producción optimizando los tiempos de procesamiento para 90 kilos de soya como materia prima entrante.

3.1 Descripción de los procesos

En la elaboración de los derivados líquidos, hay que mencionar que del 100% de la lechada, el 16.5% es separado para la elaboración del queso, una vez obtenida la leche, un 16.5% de la lechada transformada en leche se destina para elaborar yogurt.

Ya que se propuso trabajar por lotes con un procesamiento de 90 kilos de soya diariamente, nuestro principal inconveniente para lograr una optimización en el tiempo de procesamiento es el prolongado tiempo de remojo, por lo que se decidió que etapas anteriores de manipulación del grano de soya incluida la etapa en cuestión se realicen durante la noche que es tiempo muerto de producción o al finalizar la producción diaria. El edulcorante utilizado es agua purificada con azúcar en una relación de 52% (Volumen/Peso). No se utiliza directamente el azúcar debido a que en este punto ya se realizó el doble filtrado y no se pretende incorporar material extraño al producto por lo que a la solución azucarada se le realiza un filtrado antes de la mezcla. Al momento del envasado, las cantidades de lechada que fueron destinadas a la elaboración de queso y yogurt fueron separadas por lo que se envasa 316 botellas plásticas con sellado enroscable de leche de soya terminada.

Para la elaboración del yogurt, una mezcla de cultivos en igual proporción de *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus* que sumadas dan 0.6% mencionada en el diagrama de flujo. En el momento del envasado, primero se adiciona la fruta en almíbar que puede ser frutilla o durazno en la proporción especificada

y luego el yogurt de soya hasta completar la cantidad de 500 gramos y envasar 76 botellas plásticas con sellado enroscable de producto.

A diferencia del yogurt de soya que parte de la leche de soya preparada, el queso lo hace a partir de la lechada ya que no incorpora azúcar. Se utiliza sulfato de calcio como coagulante, esto se lo realiza a alta temperatura seguido de un reposo para facilitar la precipitación de las proteínas. Luego del filtrado se realiza el moldeado del queso que consiste en separar las cuajadas filtradas en envases metálicos perforados, para la presentación de 500 gramos, necesitamos 24 envases a los cuales se les aplicará 20 kilos de presión ya que se necesita 100 g/cm^2 a cada uno mediante barras de hierro, el material de separación de la cuajada y el queso será una tela para evitar la contaminación del queso. El producto final se embala en bandejas plásticas con cubierta plástica transparente a la temperatura especificada.

Para la elaboración de las tortitas se especifica dos diagramas de flujo, uno exclusivo para la papa debido a que esta entra a proceso con una cantidad inferior de materia prima por lo que su cantidad de desperdicios respecto al pelado resultó ser menor comparado con la yuca y el plátano que reportaron valores similares de desperdicios.

Para la cocción de los vegetales se utilizó una relación 1 a 1 (Peso/Volumen) de vegetales y agua. El embalado se realiza en envases plásticos con cubierta transparente con 1 kilo de producto con 4 tortitas por envase y conservadas en refrigeración.

En el caso de la granola es un proceso de mezcla y cocción, una vez obtenido la torta de soya. Los ingredientes intervienen en igual proporción los cuales se especifica en el diagrama de flujo. Se embala 56 fundas plásticas transparentes; el sellado se lo realiza mediante la utilización de una selladora de fundas plásticas de pedestal para alimentos. El producto se puede almacenar a temperatura ambiente en un lugar limpio y libre de humedad.

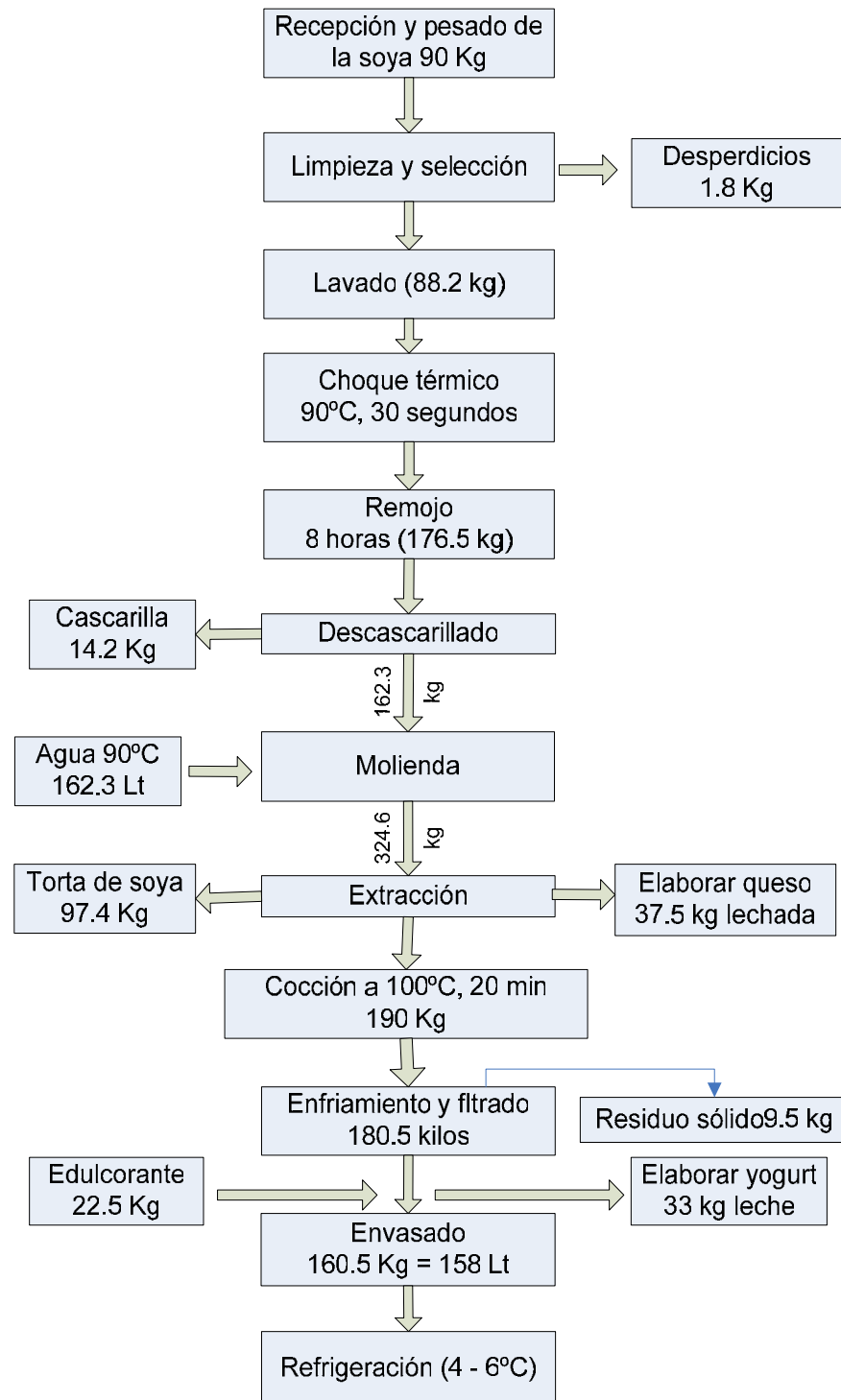


FIGURA 3.1. ELABORACION DE LECHE BASADO EN METODO

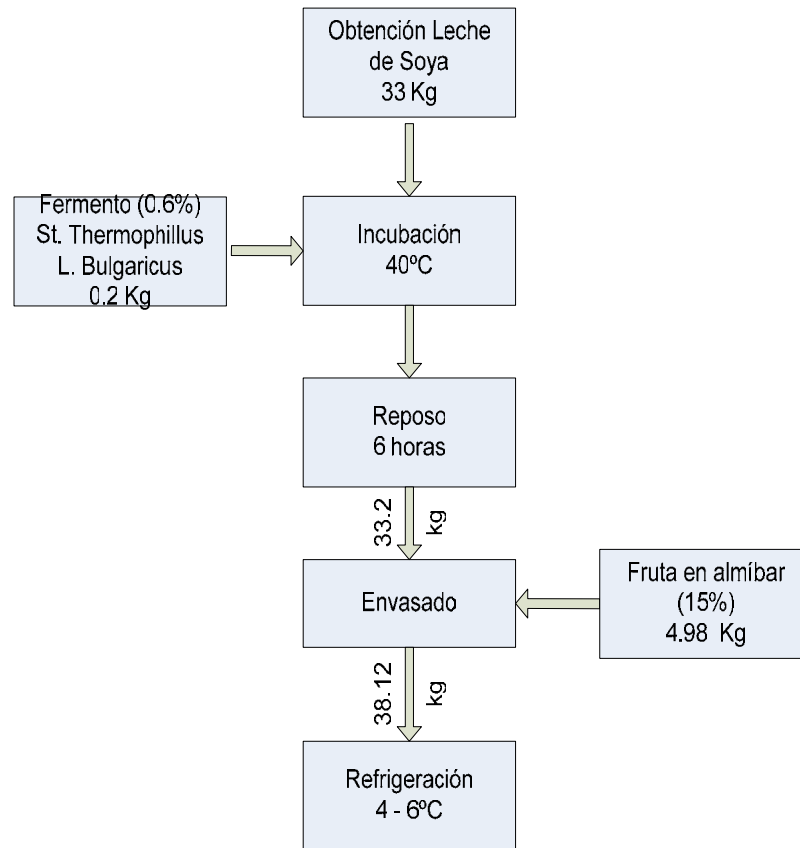


FIGURA 3.2. ELABORACION DE YOGURT BASADO EN METODO ILLINOIS

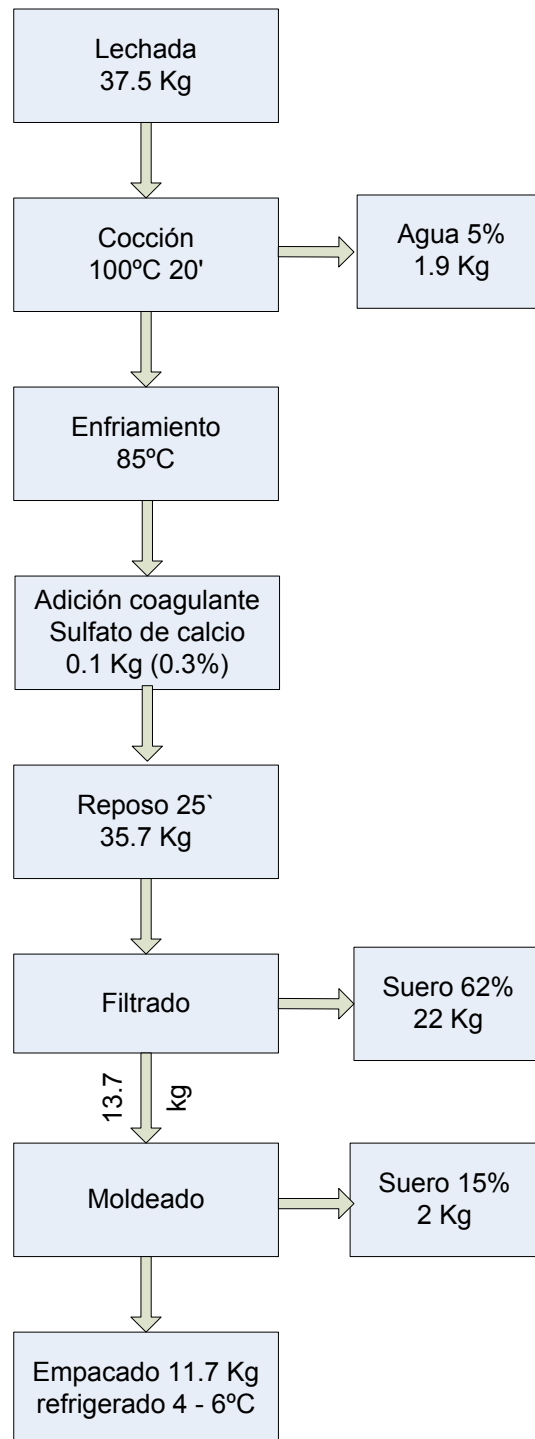


FIGURA 3.3. ELABORACION DE QUESO BASADO EN METODO ILLINOIS

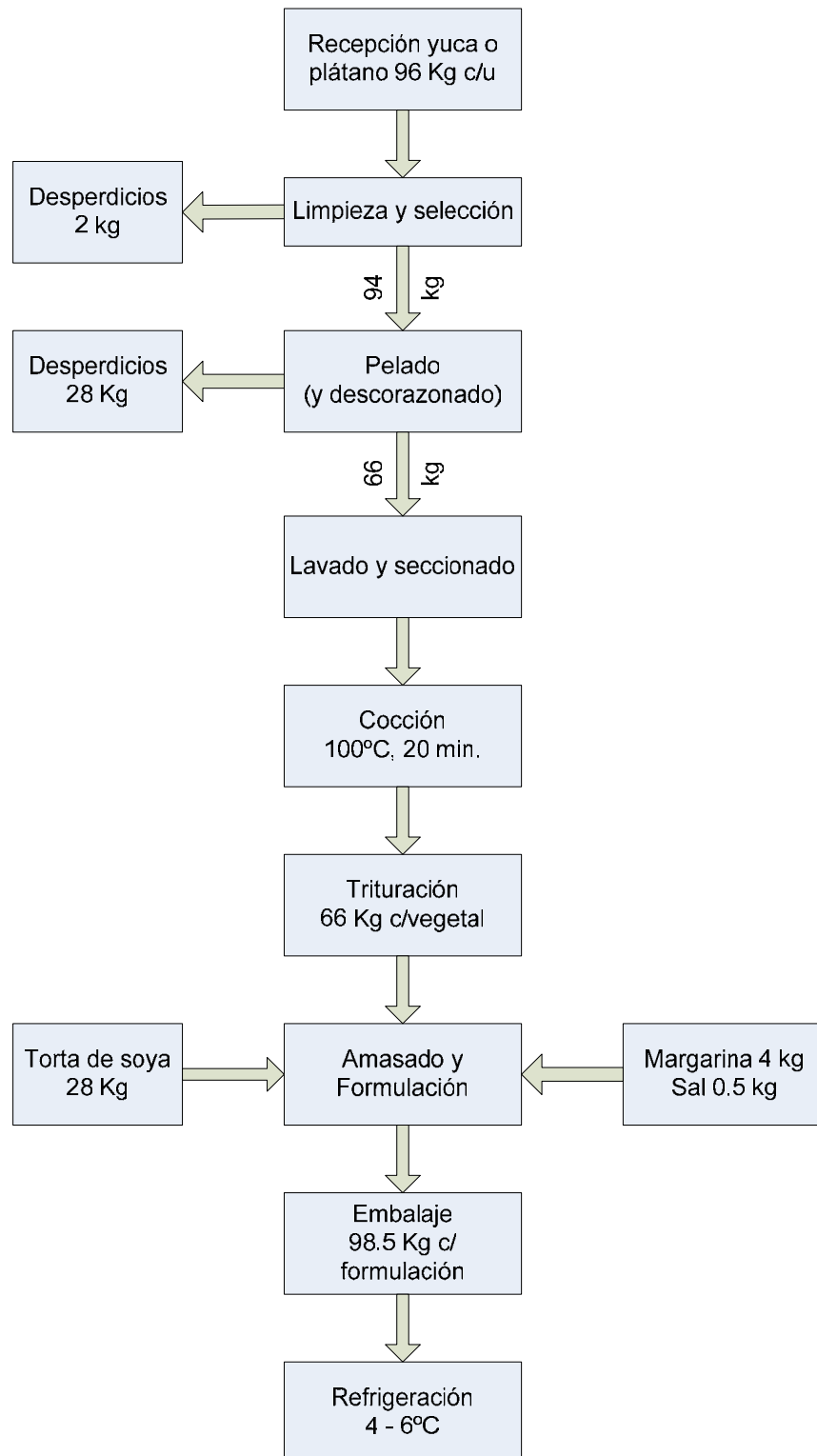


FIGURA 3.4. ELABORACION TORTITAS DE YUCA Y PLATANO CON SOYA

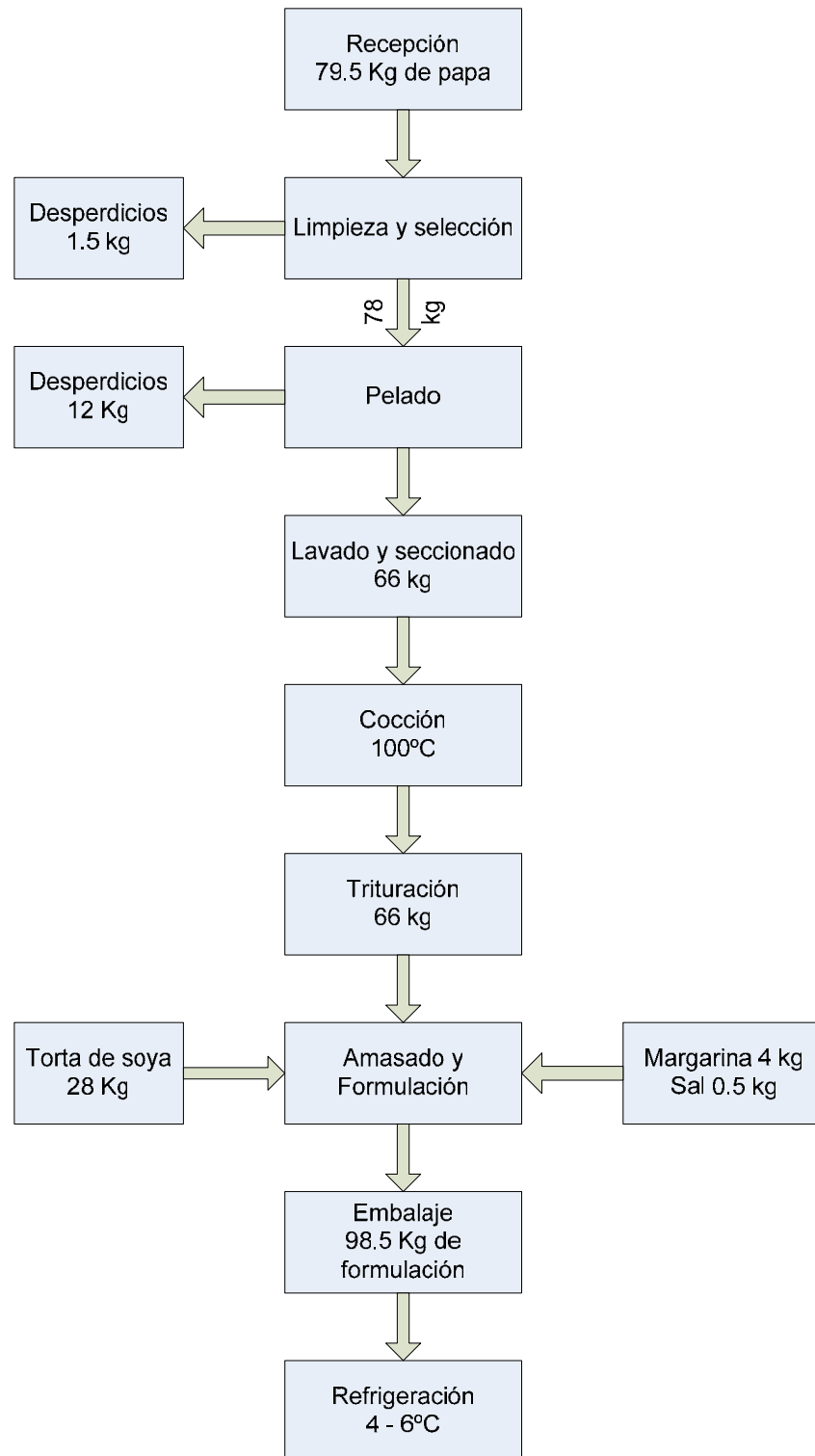


FIGURA 3.5. ELABORACION DE TORTITAS DE PAPA CON SOYA

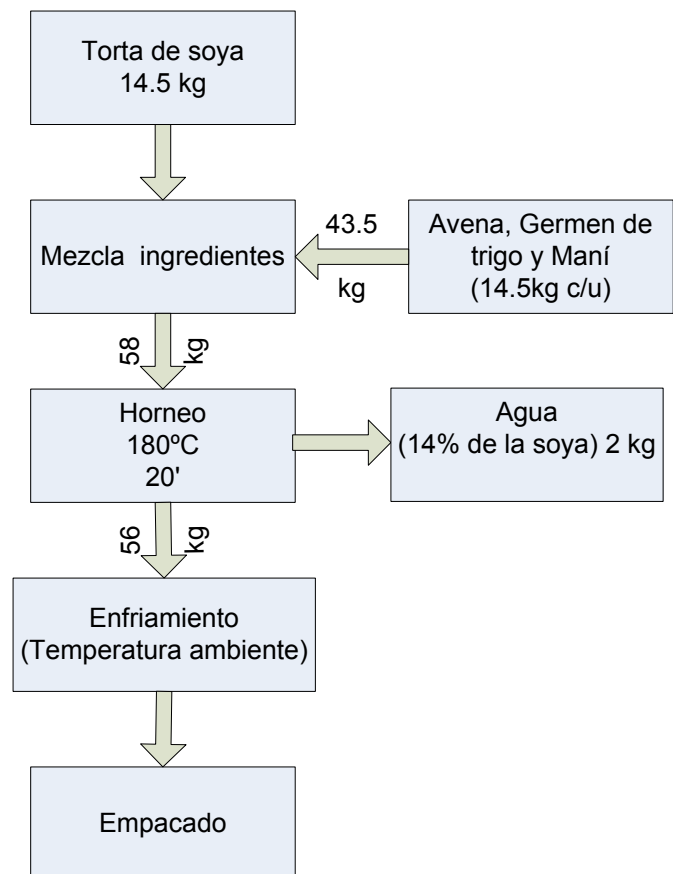


FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACION DE GRANOLA

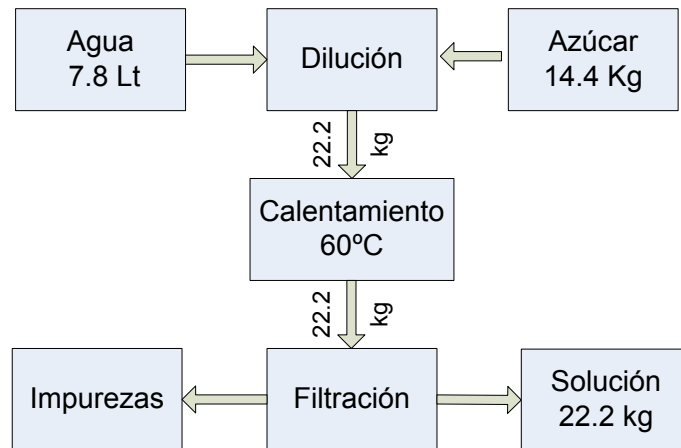


FIGURA 3.7. ELABORACION DEL EDULCORANTE

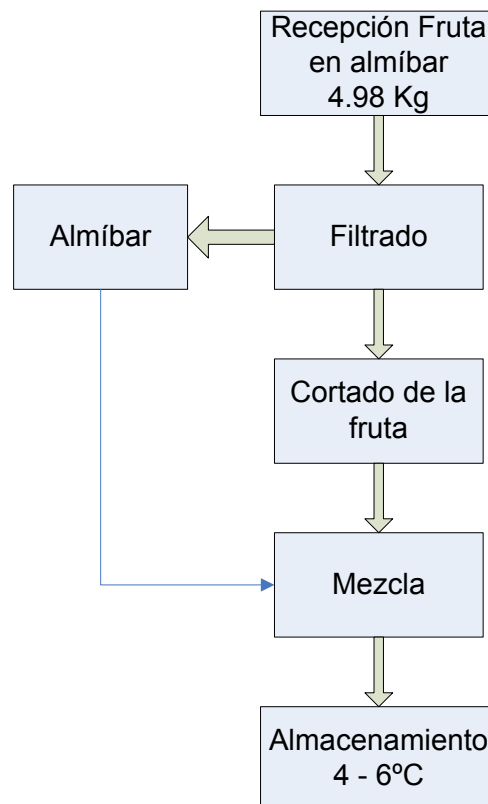


FIGURA 3.8. PREPARACION DE LA FRUTA EN ALMIBAR

3.2 Necesidades mínimas de los equipos y sus capacidades

Se busca optimizar el procesamiento de 200lb o 90kg del grano entero de soya proponiendo una inversión mínima. Es necesario determinar el requerimiento de calor para las etapas de cocción y decidir la utilización o no de un caldero y su capacidad para la producción establecida ya que este representa al equipo de mayor costo. Para esto se necesitan los cálculos del calor utilizado durante:

1. Choque térmico
2. Cocción de la lechada
3. Cocción de los vegetales

Todas las ecuaciones en este capítulo, fueron tomadas del texto Unit Operation in Food Engineering.

Choque térmico

La ecuación de calor sensible requirente se presenta a continuación y los datos necesarios correspondientes para los cálculos del calentamiento del agua.

$$Q_s = M \cdot C_p \cdot (t_f - t_i) ; \text{Kcal o BTU} \quad (1)$$

TABLA 20
CARACTERÍSTICAS Y DATOS DEL AGUA

| Medida | Magnitud | Unidades |
|---------------|-----------------|-----------------|
| V | 90 | Lt |
| M | 90 | kg |
| Cp | 1 | Kcal/kg °C |
| ti | 25 | °C |
| tf | 90 | °C |
| λ | 540 | Kcal/kg |
| ρ | 1 | g/ml |
| K | 0.38 | BTU / h ft°F |

Calor que hay que entregar al agua para choque térmico aplicando (1) es:

$$Q_s = 5850 \text{ Kcal o } 23214 \text{ BTU}$$

Cocción de la lechada

Los datos para los cálculos del calentamiento de la lechada, los podemos obtener de la tabla 21 mencionando que las dos últimas características son referencia de la leche de vaca.

TABLA 21
CARACTERÍSTICAS Y DATOS DE LA LECHADA

| Medida | Magnitud | Unidades |
|---------------|-----------------|-----------------|
| V | 224 | Lt |
| m | 227,5 | kg |
| Cp | 0,94 | Kcal/kg °C |
| ti | 50 | °C |
| tf | 100 | °C |
| ρ | 1,014 | g/ml |
| K | 0,4 | BTU / h ft °F |
| u | 2,42 | Lb / ft h |

El Cp depende de la cantidad de agua que tenga la muestra. Mediante el método de secado con estufa del apéndice D, la lechada tiene un 97% de humedad. Por lo tanto el Cp de la lechada se calcula:

$$C_p = 0,008 * \% \text{Agua} + 0,2; \quad \text{Kcal/kg}^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$C_p = 0,976 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}$$

Y el calor sensible (Qs) que hay que entregar a la lechada durante su calentamiento de 50 a 100°C considerando la ecuación (1) es:

$$Q_s = 11\,102 \text{ Kcal o } 44\,055 \text{ BTU}$$

Durante la etapa de cocción, en pruebas de laboratorio se observó que de 4 litros de lechada, se obtiene 3.8 litros de leche; es decir que se evapora el 5% del producto considerado como agua. Mediante la

utilización de la ecuación (3) de calor latente se puede obtener la cantidad de calor necesario para esa cantidad de evaporación de agua:

$$Ql = M' \cdot \lambda; \text{ Kcal} \quad (3)$$

$$M' = 0.05 \cdot m$$

$$Ql = 6\,142,5 \text{ Kcal o } 24\,375 \text{ BTU}$$

TABLA 22

**DETALLE DEL CALOR NECESARIO EN LA ETAPA DE COCCIÓN
DE LA LECHADA**

| CONCEPTO | Calor necesario(Kcal) |
|--------------------------|------------------------------|
| Calentamiento (50-100°C) | 11 102 |
| Retención a 100°C | 6 142 |
| TOTAL | 17 244 |

Cocción de los vegetales

En el calentamiento del agua de 25 a 100°C (que es el nuevo valor de t_f) para la cocción de los vegetales es necesario tener en consideración la tabla 23 como base de cálculos:

TABLA 23
CANTIDAD DE VEGETALES Y AGUA A UTILIZAR RESPECTO A
LA SOYA

| Concepto | % | Cantidad m' (kg) |
|-------------------------|----------|-------------------------|
| Grano Soya | 100 | 90 |
| Vegetal | 88 | 79 |
| Agua para los vegetales | 88 | 79 |

La energía necesaria o calor sensible para dicha acción aplicando la ecuación (1) es:

$$Q_s = m' * C_p * (t_f - t_i)$$

$$Q_s = 5\,925 \text{ Kcal o } 23\,512 \text{ BTU}$$

En la tabla siguiente, el calor referido al calentamiento del agua de cocción en los vegetales incluye el calor de los procesos de la yuca, papa y plátano, o sea el calor sensible calculado anteriormente triplicado ya que interviene la misma cantidad de agua exceptuando la papa que es un valor inferior pero que sirve como un porcentaje de error de cálculo y las mismas temperaturas de acción. Además, el calor necesario para la cocción de los vegetales se lo estima de la tabla 9 debido a la relación de tiempos necesarios entre la cocción de los vegetales y el calentamiento del agua para dicha acción ya que el

flujo de calor, mencionando así a la flama de la cocina industrial se mantuvo constante.

TABLA 24
RESUMEN DE LAS NECESIDADES CALORICAS

| CONCEPTO | Calor necesario(Kcal) |
|---------------------------------------------------|------------------------------|
| Choque térmico | 5 850 |
| Cocción de la leche | 17 244.5 |
| Calentamiento de agua en cocción de vegetales (A) | 17 775 |
| Cocción de los vegetales (A)*1.2 | 21 330 |
| TOTAL | 62 199.5 |

Considerando la ecuación (4), el vapor necesario que aporte la energía requerida en la tabla 24, y conociendo de antemano que el calor latente del vapor es 460Kcal/kg, es:

$$Q_{\text{vapor}} = M_{\text{vapor}} * \lambda_{\text{vapor}} \quad (4)$$

$$M_{\text{vapor}} = 135,2\text{kg de vapor}$$

Se tiene como dato que en un caldero cada BHP produce 15.65kg de vapor; por lo tanto la capacidad del caldero debe ser de 9 BHP.

Dimensiones de tanques para transferencia de calor.

Choque térmico

Debido a que se requiere 90lt de agua en un tanque con chaqueta para el choque térmico, las dimensiones del mismo son como se presenta en el gráfico 3.9 basándose en la ecuación:

Volumen de un cilindro: $V = \pi * D^2 * L / 4$, (5);

Donde L es la altura del tanque; o altura de la chaqueta. El tanque tiene una válvula a cada lado del tanque, estas permanecerán cerradas cuando se caliente el agua para el choque térmico y se abrirán para la cocción de la lechada ya que requiere mayor área de transferencia de calor.

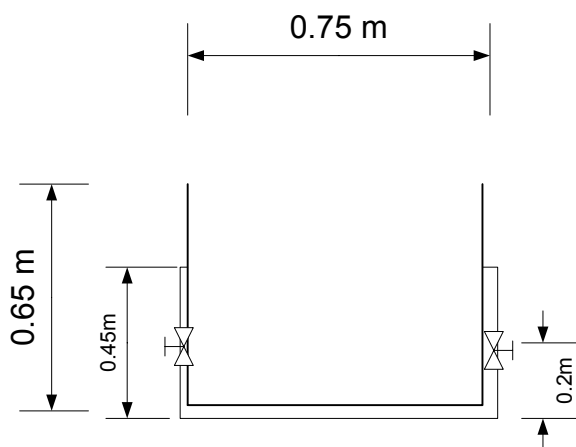


FIGURA 3.9. TANQUE PARA PROCESOS DE CALENTAMIENTO

Derivados líquidos

Como se puede observar en la tabla 25, las dimensiones de volumen del tanque de preparación del queso son menores comparadas con las dimensiones del tanque para la producción de leche y yogurt, lo que deriva en una reducción del área de transferencia de calor debido a que la masa a procesar es menor.

TABLA 25
DIMENSIONES NECESARIAS DEL TANQUE DE COCCIÓN DE
LECHADA PARA LECHE Y YOGURT, QUESO

| Medida (m) | PRODUCTO | |
|-----------------|----------------|-------|
| | LECHE Y YOGURT | QUESO |
| Diámetro | 0.75 | 0.45 |
| Altura | 0.65 | 0.4 |
| Altura chaqueta | 0.45 | 0.25 |

Yuca, papa y plátano verde

Ya que las masas para la cocción son las mismas para los tres vegetales, esta se la realiza en el mismo tanque con la misma altura de chaqueta para la transferencia de calor como se indica en la figura 3.10. Las válvulas permanecen cerradas para el calentamiento del

agua y se abren al momento de introducción de cada tipo de vegetal, uno a la vez.

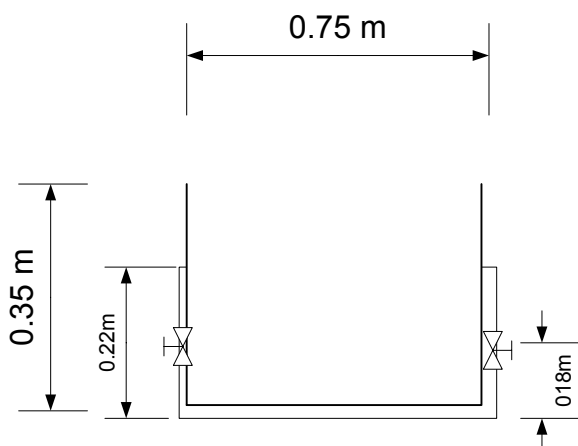


FIGURA3.10. TANQUE PARA PROCESOS DE CALENTAMIENTO

En la tabla 26 se detalla los equipos necesarios en planta para la industrialización de la soya basada en las cantidades de materia prima a procesar y en las observaciones realizadas en la fase experimental:

TABLA 26**ESTIMACION NECESARIA DE EQUIPOS PARA LA INDUSTRIALIZACION DE LA SOYA**

| CANTIDAD | EQUIPO | CAPACIDAD | OPERACIÓN | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO TOTAL (\$) |
|-----------------|---------------------------|--------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Bacula Mecánica | 120 Lb. | Pesado de Materia Prima. | 300 | 300 |
| 2 | Mesa Acero Inoxidable | 2,5m * 0,8m | Operaciones de Manipulación. | 300 | 600 |
| 2 | Tanque Acero Inoxidable | 200 Lt. | Lavado de Materia Prima, remojo y descascarillado | 300 | 600 |
| 2 | Marmita | 300lt | Choque térmico y cocción de la lechada. | 1 500 | 3 000 |
| 1 | Molino Multipropósito | 2,5Kw/h y 2900 rpm | Molienda de Materia Prima. | 850 | 850 |
| 2 | Malla de Acero Inoxidable | 0.5mm diámetro | Filtración | 35 | 70 |
| 1 | Marmita | 400 Lt. | Cocción de vegetales | 2 500 | 2 500 |
| 2 | Marmita | 100 Lt. | Queso, Yogurt | 800 | 1 600 |
| 1 | Tanque almacén | 500 Lt | Almacenamiento de leche | 1 000 | 1 000 |
| 1 | Sistema Caldero | 10 BHP | Producción de vapor | 7 500 | 7 500 |

Continuación tabla 26

| CANTIDAD | EQUIPO | CAPACIDAD | OPERACIÓN | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO TOTAL (\$) |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | Balanza Analítica | 200 g. +/- 0,01 g | Pesado de Especias | 40 | 40 |
| 1 | Envasadora manual Acero Inoxidable. | Tolva de 50lt | Envasado de fluidos | 1 400 | 1 400 |
| 1 | Horno a gas | 30kg por 20 minutos | Cocción de la granola | 1 200 | 1 200 |
| 24 | Barras de hierro | 20 kilos c/u | Moldeado de queso | 20 | 480 |
| 1 | Peladora de papas | 200kg por hora | Pelado de papas | 530 | 530 |
| 1 | Cuarto frío | 10 metros cúbicos | Almacenamiento en frío de productos | 3 500 | 3 500 |
| 1 | Cocineta a gas | | Solución de azúcar | 40 | 40 |
| 1 | Envasadora con pedestal | 10 unds. por minuto | Sellado de granola | 90 | 90 |
| | | | | TOTAL | 28 720 |

Elaborado por: César Barrigas

3.3 Diseño de las líneas de producción

En este sub-capítulo se establece la ubicación en planta de los equipos y así obtener optimización en la utilización del tiempo requerido para los procesos. Hay que tomar en consideración la cantidad de materia prima a procesar establecida en la tabla 23 del sub-capítulo 3.2 para los cálculos y especificar etapas en las que se estimó los tiempos de procesamiento según experiencias a nivel laboratorio y piloto.

Tiempos estimados de procesamiento de los productos a escala semindustrial

Choque térmico

El primer punto en consideración dentro de los cálculos es la estimación del tiempo de calentamiento del agua para el choque térmico; para lo cual es necesario la obtención de los datos de la tabla 20 y la figura 3.9.

El área de transferencia de calor del tanque utilizado dado por la ecuación (6) es:

$$A = [(\pi * D^2)/4] + \pi * D * L; \quad m^2 \quad (6)$$

$$A = 0.92 \text{ m}^2 \text{ o } 9.9 \text{ ft}^2$$

El flujo de calor que el vapor puede suministrar a un producto dependiendo de las características del vapor y del material que transfiere la energía está dado por la ecuación de diseño:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T; \quad (7)$$

$$t_i = 25^\circ\text{C} = 77^\circ\text{F}$$

$$t_f = 90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 77 - 194 = 117^\circ\text{F}$$

U, que es una característica del material que transfiere calor y para tanques enchaquetados es de 54 BTU / h ft² °F. El flujo de calor transferido estimado de la ecuación (7) es:

$$q = 62\,548 \text{ BTU/h.}$$

El tiempo necesario para el calentamiento del agua relaciona el calor necesario para incrementar la temperatura y el flujo de transferencia de calor del agua:

$$\Theta = Q / q; \quad (8)$$

$$\Theta = 0.37 \text{ horas}$$

Cocción de la lechada para elaborar leche y yogurt

Debido a que se realiza la cocción de la lechada en un solo tanque para dos fines: envasar la leche como producto terminado y como materia de partida en la elaboración del yogurt, se puede calcular el tiempo de calentamiento de la lechada en una sola acción mediante

las dimensiones del tanque necesario especificado en la tabla 25 y la ecuación (7) de transferencia de calor aplicada a los alimentos:

$$\ln (T1-ti/ T1-tf) = U*A*\Theta/M; \quad (9)$$

Donde M es la masa de la lechada destinada a la elaboración de leche y yogurt de la tabla 27, T1 es la temperatura de saturación del vapor, ti como la temperatura inicial de la lechada que se la considera en 50°C y tf como la temperatura final de la lechada en 100°C.

TABLA 27
DESTINACIONES MASICAS DE LA LECHADA PARA
PROCESAMIENTO

| CONCEPTO | kg |
|------------------------------|-----------|
| Masa total de la lechada | 227.5 |
| destinación a queso | 37.5 |
| destinación a leche y yogurt | 190 |

El área necesaria para la transferencia de calor aplicando la ecuación (6) y las dimensiones de la figura 3.9 es:

$$A= 1.5 \text{ m}^2 \text{ o } 16.15 \text{ ft}^2$$

El siguiente paso es el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor donde se necesita el mismo tanque de cocción de la lechada adicionado un agitador de paleta plana para evitar incrustaciones por sedimentación de la lechada donde L es la longitud de la paleta y f la frecuencia de revoluciones, datos necesarios para el cálculo del número de Reynolds.

$L : 1 \text{ ft}$

$f: 3000 \text{ rev / h}$

Se requiere la utilización de la ecuación (10) que representa el coeficiente convectivo de transferencia de calor en el interior del tanque (h_{oj}) y los datos involucrados se los obtiene de la tabla 21.

$$h_{oj} = (0.36k/Dj) * Re^{0.66} * Pr^{0.33}; \quad (10)$$

$$Re = L^2 * N * \rho / \mu; \quad (11)$$

$1.014 \text{ g/ml} = 63.3 \text{ lb7ft}^3$ del apéndice C.

De (11) obtenemos que Reynolds es: $Re = 78471$

El número de Prandtl que es específico de la sustancia a tratar, relaciona el calor específico, la viscosidad y la conductividad

$$Pr = Cp * \mu / K; \quad (12)$$

$Cp = 0.94 \text{ Kcal / kg } ^\circ\text{C} = 0.94 \text{ BTU / Lb } ^\circ\text{F}$

De (12) obtenemos que Prandtl es: $Pr = 5.69$

De (10) obtenemos de el coeficiente convectivo de transferencia de calor es: $h_{oj} = 132.5 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

El coeficiente global limpio dado en la ecuación (13) relaciona los coeficientes de transferencia de calor en el interior del tanque y el del vapor que es presentado en la tabla 28.

TABLA 28
CARACTERISTICAS DEL VAPOR UTILIZADO

| Medida | Magnitud | Unidades |
|--------|----------|--------------------------|
| Ts | 120 | $^\circ\text{C}$ |
| hi | 1500 | BTU/h ft ² °F |

$$U_c = h_{oj} * h_j / (h_{oj} + h_j); \quad (13)$$

$$U_c = 122 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

El coeficiente global sucio de transferencia de calor debe ser calculado debido a las incrustaciones, se estima en un valor de coeficiente por incrustaciones: $R_{dc} = 0.005 \text{ h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} / \text{BTU}$.

$$1 / U_D = (1 / U_c) + R_{dc}; \quad (14)$$

$$1 / U_D = 0.013$$

$$U_D = 76.92 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Una vez calculados todos los parámetros de la ecuación para calcular tiempos por calentamiento de (9) en tanques enchaquetados podemos obtener el tiempo de calentamiento de la lechada considerando que 227.5kg de la lechada equivale a 502lb.

$$\ln [(248 - 158) / (248 - 212)] = 76.92 * 16.15 * \Theta / 502$$

$$\Theta = 1 \text{ hora}$$

Cocción de la lechada para la elaboración del queso

Se procesará 37lt de lechada para la elaboración del queso lo que representa 37.5kg (obtenido de la tabla 27). Y para el cálculo de tiempo de calentamiento y cocción se necesita las dimensiones del tanque para dicha acción de la tabla 25. Además, el área de transferencia de calor aplicando la ecuación (6) es: 0.51 m² o 5.5 ft²

Aunque temperaturas de acción y el coeficiente global de transferencia de calor son los mismos que los considerados en la elaboración de la leche, el tiempo de calentamiento y cocción de la ecuación (9) para la lechada varía debido a la reducción del área de transferencia de calor.

$$\Theta = 0.4 \text{ horas.}$$

Preparación de la Yuca

Hay que calcular el flujo de calor que se suministra. Se tomó en cuenta la misma base de cálculos utilizada en el calentamiento de agua para choque térmico variando la temperatura final del agua que es de 100°C y el área de transferencia de calor de la figura 3.10.

Se calcula el flujo de calor para el calentamiento del agua y se estima el de cocción de los vegetales como el considerado en la tabla 28.

Sabiendo que:

$$\Delta T = 212 - 77 = 135^{\circ}\text{F}$$

$$U = 54 \text{ BTU / h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Y que el área de transferencia de calor es: $A = 0.9\text{m}^2$ o 9.7 ft^2

Aplicando la ecuación 7, el flujo de calor para el calentamiento del agua en la cocción de la yuca es:

$$q = 70\,713 \text{ BTU/h}$$

El tiempo de calentamiento del agua está dado por la ecuación:

$$\Theta = Q / q$$

Donde $Q = 5\,925 \text{ kcal}$ o $23\,512 \text{ BTU}$.

$$\Theta = 0.33 \text{ horas}$$

Considerando el factor que relaciona el calentamiento del agua con la cocción de los vegetales que es el 120% del primero (observaciones experimentales en laboratorio y planta piloto); el tiempo total de cocción de cada la yuca sería:

$$\Theta_{\text{total de cocción}} = 1.2 * \Theta + \Theta = 0.73 \text{ horas.}$$

Si queremos el tiempo solo de cocción; es decir, luego de tener el agua a 100°C, dicho tiempo sería:

$$\Theta_{\text{cocción}} = 0.73 - 0.33 = 0.4 \text{ horas}$$

Preparación de la papa y del plátano verde

Para el procesamiento de la papa la operación que varía al prolongarse es el pelado a pesar de contar con una menor cantidad de desperdicios al compararlo con el plátano, lo que varía el tiempo parcial. Se procesará la misma cantidad de las tortitas con los diferentes vegetales, y para la cocción se utiliza la misma proporción de agua y vegetal; además de la igualdad en los siguientes datos:

- Características del agua
- Características del vapor
- Dimensiones y propiedades físicas del tanque

Tiempos requeridos para la elaboración de productos a escala semi industrial.

En la tabla 29 se encuentran los tiempos necesarios de elaboración por producto, la etapa referida a la manipulación y cocción es un valor referencial de las observaciones en planta piloto detallada en la tabla 9 del subcapítulo 2.3; la figura 3.11 representa el tiempo estimado en línea que llevaría en la elaboración de los siete productos a escala semi industrial.

TABLA 29

TIEMPOS ESTIMADOS PARA LA MANIPULACION DE 90 KILOS DE SOYA Y LA OBTENCION DE PRODUCTOS

| ETAPAS | TIEMPO (h) | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| | DERIVADOS LIQUIDOS | | | DERIVADOS SÓLIDOS | | | |
| | Leche | Yogurt | Queso | Granola | Yuca | Papa | Plátano |
| Calentamiento del agua | 0.37 | | | | 0.33 | 0.33 | 0.33 |
| Calentamiento de la lechada | 1 | | 0.4 | | | | |
| Enfriamiento | | 0.25 | | | | | |
| Incubación | | 6 | | | | | |
| Envasado | | 0.35 | | | | | |
| Calentamiento agua de cocción | | | | | | | |
| Preparación materia prima | | | | 0.3 | | | |
| Etapas de Manipulación y cocción | 10.45 | | 2.15 | 0.6 | 2.4 | 2.3 | 2.32 |
| TIEMPO TOTAL POR PROCESO | 11.82 | 6.6 | 2.55 | 0.9 | 2.73 | 2.63 | 2.65 |

Elaborado por: César Barrigas

Al igual que en la prueba experimental, un individuo puede hacerse cargo de una línea de producción, salvo en las etapas mencionadas en el capítulo 2 como la selección del grano de soya: cuatro individuos, selección, pelado y embalado respecto a la yuca: 3 individuos, igual que la papa y el plátano, preparación de los ingredientes para la granola: dos individuos. Considerando estos aspectos se requiere alrededor de 15 individuos para las acciones de mano de obra directa en la utilización del tiempo requerido especificado en la tabla 29.

La producción empieza con el descascarillado del grano de soya. Las etapas anteriores a esta se las puede realizar al finalizar un día de producción para ganar tiempo con el remojo realizado en horas no laborables

Al empezar el día de trabajo, se parte paralelamente con el procesamiento del grano de soya y los vegetales para la producción de las tortitas, por lo que se considera a este el punto más importante del proceso productivo. Hasta la obtención de los residuos sólidos, luego de la etapa de filtración se toma aproximadamente 0.9horas (considerado dentro de las etapas de manipulación) y es donde empieza las formulaciones de las tortitas y

producción de la granola. La elaboración de los vegetales toma un tiempo menor comparado con la elaboración del yogurt debido al prolongado tiempo de incubación; es por esto que la preparación de la leche y el yogurt dominan el tiempo de producción de la parada que toma alrededor de 12 horas de trabajo considerando que las etapas de selección y clasificación, lavado y choque térmico del grano de soya están considerados en este tiempo.

Entonces se definió una ruta guía de elaboración que empieza con el procesamiento del grano de soya hasta la obtención de la torta de soya para la elaboración de las tortitas y la granola. Al mismo tiempo se obtiene la fase líquida que sigue su ruta para la elaboración del queso. La fase líquida sigue su curso hasta la obtención de la leche terminada y en este punto continúa con el procesamiento del yogurt como se muestra en la figura 3.11.

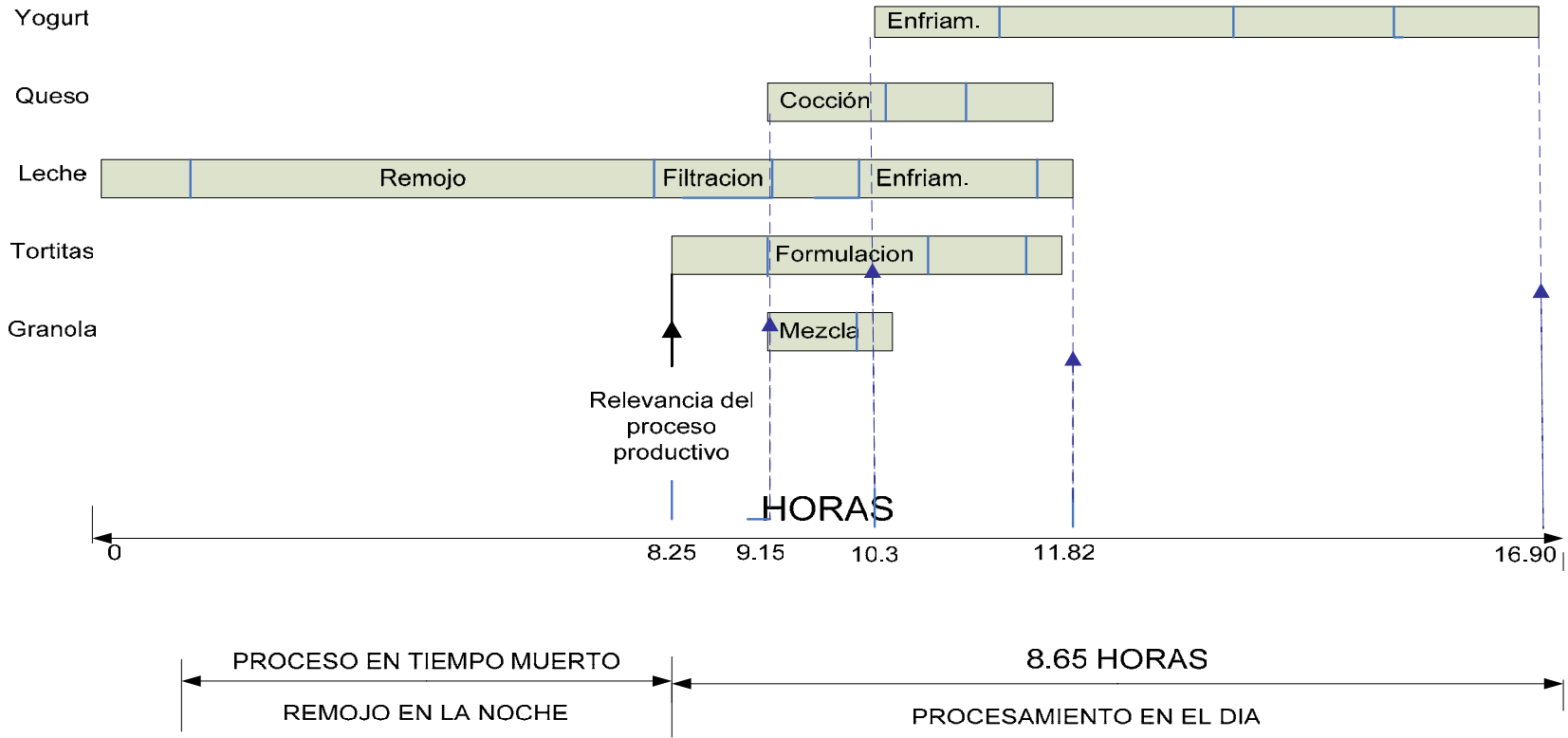


Figura 3.11. TIEMPO DE PRODUCCIÓN EN LINEA
Elaborado por: César Barrigas

Distribución de los Procesos Productivos

Analizando el enfoque dado a este trabajo, se puede llegar a la conclusión que se realiza una producción enfocada al proceso ya que podemos hablar que tenemos una variedad relativamente alta de productos comparada con la cantidad manufacturada de cada uno de ellos.

Por medio de la utilización del Heurístico Incremental podemos redistribuir los procesos para optimizar los tiempos productivos. Para facilitar la tarea se codificó los procesos como se muestra en la tabla 30, y la distribución inicial de la producción en la figura 3.12.

TABLA 30
CODIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS

| PRODUCTO | CODIGO |
|-----------------------|---------------|
| Leche | A |
| Yogurt | B |
| Queso | C |
| Tortitas yuca-soya | D |
| Tortitas papa-soya | E |
| Tortitas plátano-soya | F |
| Granola | G |

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | B | C | |
| D | E | F | G |

FIGURA 3.12 DISTRIBUCIÓN INICIAL DE LA PRODUCCIÓN

Matriz del tiempo de la figura 3.13 relaciona los tiempos de producción de leche de soya con cada una de las restantes líneas de proceso y no de otra manera ya que no existe dependencia entre los demás productos. Los valores mostrados en la figura es el tiempo en horas que conlleva procesar el grano de soya luego de la etapa de remojo hasta la obtención de los productos finales.

| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|------|------|------|------|------|-----|
| A | | 8.65 | 3.45 | 2.73 | 2.63 | 2.65 | 1.8 |
| B | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D | | | | | 0 | 0 | 0 |
| E | | | | | | 0 | 0 |
| F | | | | | | | 0 |
| G | | | | | | | |

FIGURA 3.13 MATRIZ TIEMPO DE LA PRODUCCIÓN EN PLANTA

La redistribución más conveniente se expone en la figura 3.14 donde la leche de soya, el queso y los derivados de la parte sólida se pueden obtener de manera mucho más inmediata como productos elaborados que el yogurt.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A | F | D | E | G |
| | C | | B | |

FIGURA 3.14 REDISTRIBUCION DE LA PRODUCCIÓN.

Analizando el resultado de la matriz tiempo, nos podemos dar cuenta que si necesitamos procesar una mayor cantidad de residuos sólidos, se lo puede hacer debido a que el tiempo para la obtención del yogurt triplica a los derivados sólidos cubriendo así una demanda mayor en caso de que sea necesario. O si requerimos tiempo para alguna labor industrial como mantenimiento de maquinarias, entre otras, lo podemos obtener durante el lapso de preparación del yogurt.

Ubicación de los equipos en planta

En la figura 3.15, se presenta la ubicación de los equipos de una forma conveniente de tal modo que facilite las actividades entre etapa y etapa. A continuación se muestra la codificación de cada equipo.

1. Pesado con báscula
 2. Mesas de trabajo (limpieza, selección y actividades varias)
 3. Tanques de lavado, remojo y descascarillado
 4. Marmita para choque térmico y cocción de lechada
 5. Molino
 6. Tamiz con malla para filtrado
 7. Tanque almacén
 8. Tanque para fermentación de yogurt
 9. Tanque para formación de queso
 10. Cuarto frío
 11. Horno
 12. Envasadora manual
 13. Tanque para cocción de vegetales
 14. Selladora de pedestal para fundas plásticas
 15. Cocineta a gas
- A. Cisterna
- B. Caldero

Descripción de las líneas de producción

Al terminar la producción de un día, inmediatamente arranca la siguiente con el pesado de la soya (1), seguido de la limpieza y selección (2), al mismo tiempo se calienta el agua por medio de vapor saturado (B) para choque térmico (4) tomando el agua a temperatura ambiente de la cisterna (A), luego de la limpieza y selección se realiza el lavado y choque térmico, seguido, el remojo del grano en los mismos tanques de lavado con agua a temperatura ambiente durante la noche que es tiempo muerto de producción. Durante la mañana se realiza el descascarillado en los mismos tanques adicionándoles un agitador con paletas planas a cada tanque para realizar fricción sobre el grano de soya remojado para que este suelte la cascarilla. Al mismo tiempo se realiza la manipulación de la yuca, papa y plátano verde para entrar a proceso empezando con el pesado (1), después limpieza, selección, pelado, troceado, (y descorazonado para el caso de la yuca) (2), luego el lavado (3), después de eso la cocción de los vegetales, un tipo de vegetal a la vez (13). Paralelamente se sigue con la separación de la cascarilla en el mismo tanque del descascarillado mediante flotación para continuar con la molienda del grano (5) con agua caliente de (4), luego se continúa con el filtrado (6) donde obtenemos la torta de soya para la mezcla con cada vegetal. Al mismo tiempo que se

procesa la soya se realiza la trituración de cada vegetal en el mismo molino donde entró la soya, se prepara los cereales (2) que formarán parte de la filtración junto con la torta de soya en la preparación de la granola, luego el horneado de todos los ingredientes que intervienen en un horno (11) y su posterior enfriamiento y embalado en fundas que puede ser de polietileno y su posterior sellado (14) para su almacenamiento al ambiente. Una vez triturado cada vegetal, se procede con el amasado y la formulación en el mismo molino multipropósito que consiste en la inclusión a cada vegetal la torta de la soya, margarina y sal en las proporciones indicadas en los diagramas de flujo del capítulo 3. Paralelamente que se obtienen los residuos sólidos, se obtiene la fase líquida de la extracción la cual se dirige a un tanque con chaqueta (4) y que recibe el vapor del caldero para la cocción que se realiza una vez separada la parte de lechada que se destina a la elaboración del queso (9), también se procede con la preparación de la solución de azúcar (15) que se utilizará como edulcorante para la leche y el yogurt. Una vez obtenida la leche, se realiza el segundo filtrado, se dirige a un tanque almacén (7) y una vez aquí se agrega el edulcorante, de aquí, se destina la cantidad fijada de leche para la elaboración del yogurt al tanque (8). La masa de leche para envasar, se queda en el tanque almacén (7) para su enfriamiento y luego se envasa (12) y se dirige al cuarto frío

(10). Paralelamente que se realiza esta línea, se continúa con el moldeado y embalado de cada tipo de tortita en (2) para su posterior almacenamiento en refrigeración (10). Consecuentemente que se procesaba la leche, se realizaba la cocción de la lechada y la precipitación de las proteínas con el coagulante y el reposo para la elaboración del queso en el tanque (9), luego el filtrado, la adecuación y moldeado en los moldes para queso con las barras de hierro como presión para el desuerado que se lo realiza en (2) y su posterior empaque y almacenamiento frío (10). Una vez lista la leche para la incubación en la elaboración del yogurt, se realiza dicha acción, seguido del reposo para la fermentación al mismo tiempo que se prepara la fruta en el almíbar (2) y se lo refrigera hasta que el yogurt esté listo para la mezcla con la fruta en el envasado (12) y su posterior refrigerado (10).

Todos los fluidos; ya sea agua caliente, agua fría, vapor saturado, lechada y leche, son controlados mediante válvulas de paso que se abren y cierran convenientemente según la necesidad.

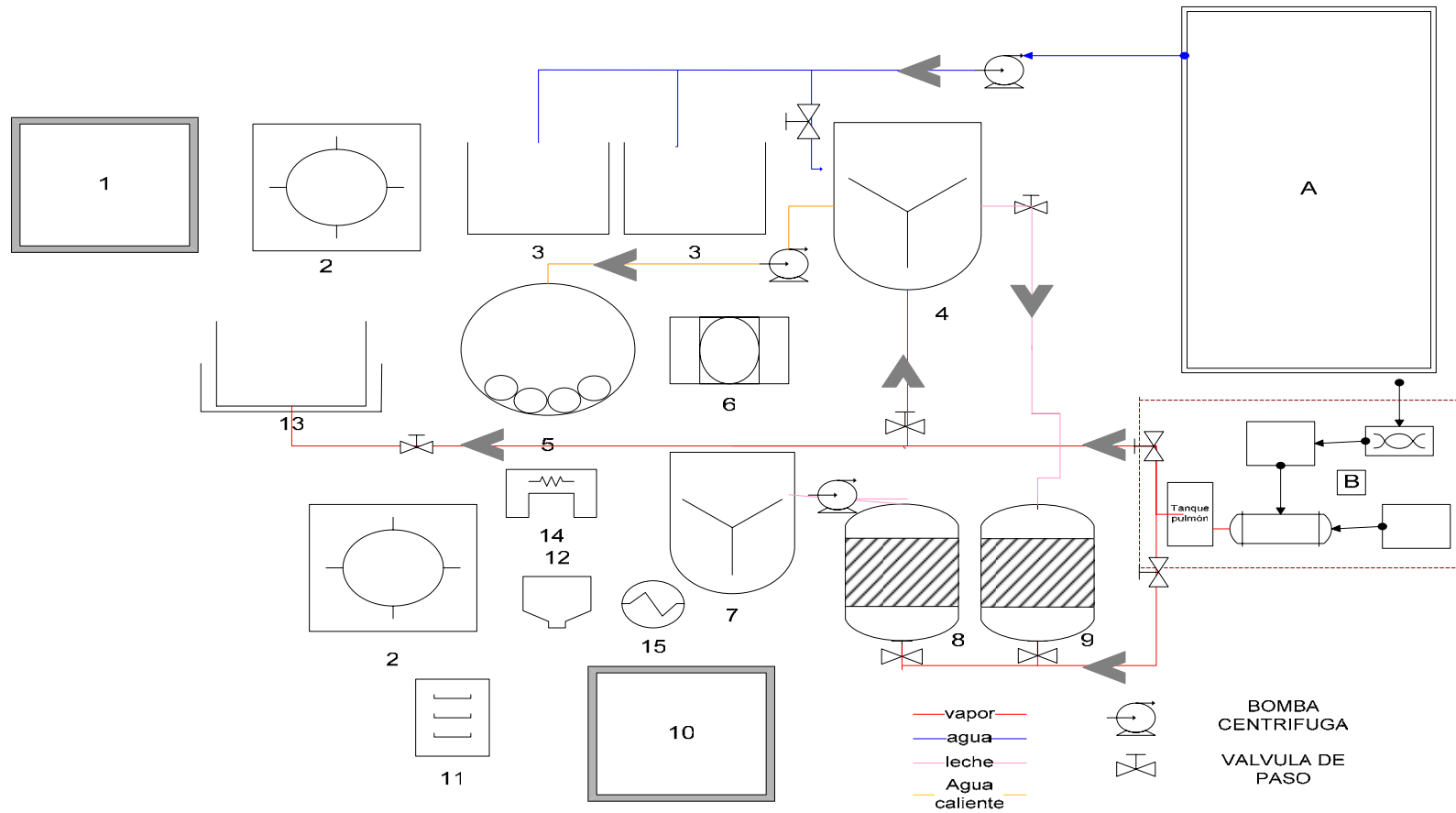


FIGURA 3.15 DISTRIBUCION DE LA PLANTA PROCESADORA
ELABORADO POR: Cesar Barrigas

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Existen muchos métodos de procesamiento de soya. Este proyecto se basa en una guía de elaboración establecida por la Universidad de Illinois en la obtención de leche, queso y yogurt. Los resultados obtenidos se refieren a la clase de soya INIAP 307. Trabajar con otro tipo de soya puede influir en variaciones físicas y organolépticas en los productos al compararlo con los resultados obtenidos en este proyecto.
- Se logró obtener 4 tipos de productos a partir de la torta de soya, los cuales se evaluaron sensorialmente juntos con los derivados líquidos por tres tipos de estratos poblacionales: estudiantes y trabajadores de la ESPOL, además de un grupo de familiares y amigos; se calificó las

muestras desde total desagrado (1), hasta total agrado (6). Con la leche de soya se logró una calificación de 5 y 6 que representó un alto y total agrado. El yogurt calificó con 4 y 5 representando agrado y alto agrado al igual que el queso.

- Las tortitas fueron realizadas con el 30% de soya en dichas mezclas, no mayor a ese porcentaje para no influir significativamente en el sabor de los vegetales ni menor porcentaje para tener una utilización considerable de la torta de soya en la mezcla. Además fueron embaladas de dos maneras; fritas y luego congeladas para su descongelación antes del consumo y otra forma fue precocidas para que el consumidor pueda realizar el proceso de cocción que fue la opción de mayor acogida para el consumo en fresco. Dichas tortitas de formulación obtuvieron una calificación de 4 y 5, lo que representa agrado y alto agrado.
- La granola fue presentada para la degustación con yogurt saborizado de vaca. Tuvo una calificación de 4 y 5 representando de igual forma un agrado y alto agrado.
- Mediante los cálculos y estimaciones de tiempos de procesamiento por etapa en la obtención de cada producto, se logró obtener una ruta

de procesamiento que nos permitió hacer la distribución de la planta de la figura 3.15 y aprovechar en la mayor medida tiempo disponible en la planta procesadora.

- Se concluye que la metodología de procesamiento expuesta en este trabajo tiene validez debido a los resultados obtenidos tanto a nivel técnico como son los cálculos realizados y a la aceptabilidad de los productos.

Recomendaciones

- Se recomienda estudiar otros métodos de procesamiento de la soya los cuales establecen variantes en los tiempos de procesamiento y temperatura y por consiguiente variación en las líneas de producción.
- Es importante concienciar a las personas al consumo de los derivados de la soya debido a los requerimientos nutricionales de nuestra población, a las características químicas que presenta este grano y a sus necesidades de explotación industrial.

APENDICE A

CODIFICACION DE LOS MATERIALES DE LABORATORIO

| CODIFICACION | MATERIALES |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------|
| a | Cocedor a gas |
| b | Refrigeradora |
| c | Termómetro |
| d | Balanza analítica |
| e | Lienzillo |
| f | Mazo triturador |
| g | Horno |
| h | Mano de obra |
| i | Utensilios, envases plásticos, licuadora y demás materiales de laboratorio |

APENDICE B

LIMPIEZA Y SELECCIÓN DE LA SOYA

| PRUEBA | Grano entero(g) | Grano clasificado(g) | % Grano clasificado | Desperdicios (g) | % Desperdicios |
|-----------------|-----------------|----------------------|---------------------|------------------|----------------|
| A | 1050 | 1029,2 | 98,0 | 20,8 | 2,0 |
| B | 1000 | 977,0 | 97,7 | 23,0 | 2,3 |
| C | 1000 | 982,0 | 98,2 | 18,0 | 1,8 |
| D | 1020 | 1000,6 | 98,1 | 19,4 | 1,9 |
| E | 1030 | 1008,4 | 97,9 | 21,6 | 2,1 |
| SUMA | | 4997,2 | 489,9 | 102,8 | 10,1 |
| PROMEDIO | | 999,4 | 98,0 | 20,6 | 2,0 |

APENDICE C**AUMENTO DE VOLUMEN POR REMOJO EN PRUEBAS 2 a 5****PRUEBA 2**

| Tiempo (horas) | Volumen (ml) |
|-----------------------|---------------------|
| 0 | 950 |
| 1 | 1425 |
| 3 | 1710 |
| 4 | 2090 |
| 5 | 2185 |
| 6 | 2280 |
| 7 | 2375 |
| 8 | 2425 |

PRUEBA 3

| Tiempo (horas) | Volumen (ml) |
|-----------------------|---------------------|
| 0 | 960 |
| 1 | 1440 |
| 3 | 1728 |
| 4 | 2112 |
| 5 | 2208 |
| 6 | 2304 |
| 7 | 2400 |

| | |
|---|------|
| 8 | 2448 |
|---|------|

PRUEBA 4

| Tiempo (horas) | Volumen (ml) |
|----------------|--------------|
| 0 | 970 |
| 1 | 1455 |
| 3 | 1746 |
| 4 | 2134 |
| 5 | 2231 |
| 6 | 2328 |
| 7 | 2425 |
| 8 | 2475 |

PRUEBA 5

| Tiempo (horas) | Volumen (ml) |
|----------------|--------------|
| 0 | 980 |
| 1 | 1470 |
| 3 | 1764 |
| 4 | 2156 |
| 5 | 2254 |
| 6 | 2352 |
| 7 | 2450 |
| 8 | 2500 |

APENDICE D

METODO DE SECADO POR ESTUFA

Materiales utilizados:

Balanza analítica con precisión de 0.01ml

Cápsula de porcelana con tapa

Desecador

Estufa regulada a 103°C +/- 2°C

Demás materiales de laboratorio

Fórmula utilizada

$$\% \text{ Humedad} = 100 * (m_2 - m_3) / (m_2 - m_1) = 3$$

M1 = Masa de cápsula vacía = 50g

M2 = Masa de cápsula con muestra = 55g

M3 = Masa de capsula con muestra desecada = 55.15g

Procedimiento

Colocar la cápsula en el desecador por 30 minutos y pesar la cápsula.

Pesar 5 gramos de muestra, poner en la cápsula y colocar en la estufa por 5 horas.

Tapar la cápsula con la muestra y ponerla en el desecador para enfriar por 30 minutos.

Repetir el procedimiento por una hora más hasta no observar variaciones.

Utilizar la fórmula para determinar la humedad.

APENDICE E

OBTENCION DE LECHADA Y TORTA DE SOYA A PARTIR DEL MOSTO

| PRUEBA | Mosto (g) | Torta de soya (g) | Lechada (g) |
|--------|-----------|-------------------|-------------|
| 2 | 3 825 | 1 105 | 2 720 |
| 3 | 4 050 | 1 158 | 2 892 |
| 4 | 4 065 | 1 170 | 2 895 |
| 5 | 4 060 | 1 139 | 2 921 |

APENDICE F

FORMATO EVALUACION SENSORIAL PARA LA LECHE DE SOYA

Esta es una prueba de degustación para calificar la aceptabilidad del las tortitas de vegetales con soya. La codificación para la muestra se la especifica en la tabla. Luego de la degustación favor calificar de acuerdo a su apreciación. Gracias

MODO DE CALIFICACION

| | |
|---|-----------------|
| 1 | Total desagrado |
| 2 | Alto desagrado |
| 3 | Desagrado |
| 4 | Agrado |
| 5 | Alto agrado |
| 6 | Total agrado |

| | |
|--------------|--|
| Calificación | |
|--------------|--|

APENDICE G**EVALUACION DE LOS ESTUDIANTES DE LA ESPOL EN LAS
MUESTRAS DE LECHE DE SOYA**

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 4 |
| 2 | 4 |
| 3 | 5 |
| 4 | 5 |
| 5 | 6 |
| 6 | 4 |
| 7 | 5 |
| 8 | 4 |
| 9 | 5 |
| 10 | 5 |
| 11 | 6 |
| 12 | 4 |
| 13 | 5 |
| 14 | 5 |
| 15 | 4 |
| 16 | 4 |
| 17 | 6 |
| 18 | 4 |
| 19 | 5 |
| 20 | 5 |
| PROMEDIO | 5 |

Elaborado por: César Barrigas

APENDICE H

EVALUACION DE LOS TRABAJADORES DE LA ESPOL EN LAS

MUESTRAS DE LECHE DE SOYA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 5 |
| 2 | 4 |
| 3 | 5 |
| 4 | 5 |
| 5 | 5 |
| 6 | 6 |
| 7 | 6 |
| 8 | 5 |
| 9 | 4 |
| 10 | 5 |
| 11 | 5 |
| 12 | 4 |
| 13 | 6 |
| 14 | 5 |
| 15 | 5 |
| 16 | 4 |
| 17 | 5 |
| 18 | 6 |
| 19 | 6 |
| 20 | 5 |
| PROMEDIO | 5 |

APENDICE I

EVALUACION DE CONOCIDOS Y FAMILIARES EN LAS MUESTRAS DE

LECHE DE SOYA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 5 |
| 2 | 6 |
| 3 | 6 |
| 4 | 5 |
| 5 | 5 |
| 6 | 6 |
| 7 | 6 |
| 8 | 6 |
| 9 | 5 |
| 10 | 6 |
| 11 | 5 |
| 12 | 6 |
| 13 | 6 |
| 14 | 6 |
| 15 | 5 |
| 16 | 6 |
| 17 | 6 |
| 18 | 6 |
| 19 | 5 |
| 20 | 6 |
| PROMEDIO | 6 |

APENDICE J

EVALUACION DE LOS ESTUDIANTES DE LA ESPOL EN LAS

MUESTRAS DEL YOGURT DE SOYA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 5 |
| 2 | 4 |
| 3 | 4 |
| 4 | 3 |
| 5 | 5 |
| 6 | 3 |
| 7 | 3 |
| 8 | 4 |
| 9 | 4 |
| 10 | 5 |
| 11 | 4 |
| 12 | 2 |
| 13 | 5 |
| 14 | 4 |
| 15 | 3 |
| 16 | 4 |
| 17 | 4 |
| 18 | 5 |
| 19 | 3 |
| 20 | 4 |
| PROMEDIO | 4 |

APENDICE K

EVALUACION DE LOS TRABAJADORES DE LA ESPOL EN LAS

MUESTRAS DEL YOGURT DE SOYA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 2 |
| 2 | 4 |
| 3 | 5 |
| 4 | 4 |
| 5 | 5 |
| 6 | 2 |
| 7 | 4 |
| 8 | 4 |
| 9 | 3 |
| 10 | 3 |
| 11 | 4 |
| 12 | 3 |
| 13 | 3 |
| 14 | 4 |
| 15 | 3 |
| 16 | 5 |
| 17 | 4 |
| 18 | 4 |
| 19 | 3 |
| 20 | 5 |
| PROMEDIO | 4 |

APENDICE L
EVALUACION DE LOS CONOCIDOS Y FAMILIARES EN LAS
MUESTRAS DEL YOGURT DE SOYA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 4 |
| 2 | 3 |
| 3 | 4 |
| 4 | 6 |
| 5 | 4 |
| 6 | 5 |
| 7 | 5 |
| 8 | 4 |
| 9 | 4 |
| 10 | 4 |
| 11 | 5 |
| 12 | 4 |
| 13 | 5 |
| 14 | 4 |
| 15 | 6 |
| 16 | 6 |
| 17 | 5 |
| 18 | 5 |
| 19 | 4 |
| 20 | 5 |
| PROMEDIO | 5 |

APENDICE M**EVALUACION DE ESTUDIANTES EN LAS MUESTRAS DE QUESO**

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 4 |
| 2 | 3 |
| 3 | 3 |
| 4 | 5 |
| 5 | 4 |
| 6 | 5 |
| 7 | 6 |
| 8 | 4 |
| 9 | 5 |
| 10 | 4 |
| 11 | 4 |
| 12 | 3 |
| 13 | 5 |
| 14 | 5 |
| 15 | 4 |
| 16 | 4 |
| 17 | 5 |
| 18 | 4 |
| 19 | 3 |
| 20 | 4 |
| PROMEDIO | 4 |

APENDICE N

EVALUACION DE LOS TRABAJADORES DE LA ESPOL EN LAS

MUESTRAS DEL QUESO DE SOYA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 4 |
| 2 | 5 |
| 3 | 5 |
| 4 | 4 |
| 5 | 4 |
| 6 | 3 |
| 7 | 5 |
| 8 | 4 |
| 9 | 5 |
| 10 | 5 |
| 11 | 4 |
| 12 | 5 |
| 13 | 5 |
| 14 | 3 |
| 15 | 5 |
| 16 | 5 |
| 17 | 6 |
| 18 | 5 |
| 19 | 4 |
| 20 | 5 |
| PROMEDIO | 5 |

APENDICE O
EVALUACION DE LOS AMIGOS Y FAMILIARES EN LAS MUESTRAS DE
QUESO DE SOYA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 5 |
| 2 | 5 |
| 3 | 4 |
| 4 | 5 |
| 5 | 4 |
| 6 | 4 |
| 7 | 3 |
| 8 | 5 |
| 9 | 5 |
| 10 | 6 |
| 11 | 4 |
| 12 | 5 |
| 13 | 4 |
| 14 | 4 |
| 15 | 5 |
| 16 | 6 |
| 17 | 5 |
| 18 | 4 |
| 19 | 5 |
| 20 | 5 |
| PROMEDIO | 5 |

APENDICE P
EVALUACION DE LOS ESTUDIANTES EN LAS MUESTRAS DE
GRANOLA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 3 |
| 2 | 4 |
| 3 | 3 |
| 4 | 4 |
| 5 | 4 |
| 6 | 3 |
| 7 | 4 |
| 8 | 5 |
| 9 | 4 |
| 10 | 4 |
| 11 | 2 |
| 12 | 5 |
| 13 | 3 |
| 14 | 6 |
| 15 | 4 |
| 16 | 4 |
| 17 | 3 |
| 18 | 3 |
| 19 | 4 |
| 20 | 5 |
| PROMEDIO | 4 |

APENDICE Q
EVALUACION DE LOS TRABAJADORES DE LA ESPOL EN LAS
MUESTRAS DE GRANOLA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 4 |
| 2 | 5 |
| 3 | 4 |
| 4 | 5 |
| 5 | 5 |
| 6 | 6 |
| 7 | 5 |
| 8 | 5 |
| 9 | 4 |
| 10 | 4 |
| 11 | 5 |
| 12 | 5 |
| 13 | 4 |
| 14 | 3 |
| 15 | 4 |
| 16 | 5 |
| 17 | 5 |
| 18 | 4 |
| 19 | 5 |
| 20 | 4 |
| PROMEDIO | 5 |

APENDICE R
EVALUACION DE LOS CONOCIDOS Y FAMILIARES EN LAS
MUESTRAS DE GRANOLA

| POBLACION | CALIFICACION |
|------------------|---------------------|
| 1 | 4 |
| 2 | 6 |
| 3 | 5 |
| 4 | 6 |
| 5 | 4 |
| 6 | 5 |
| 7 | 5 |
| 8 | 3 |
| 9 | 5 |
| 10 | 4 |
| 11 | 3 |
| 12 | 4 |
| 13 | 5 |
| 14 | 4 |
| 15 | 5 |
| 16 | 5 |
| 17 | 4 |
| 18 | 5 |
| 19 | 5 |
| 20 | 4 |
| PROMEDIO | 5 |

APENDICE S

EVALUACION DE LOS ESTUDIANTES DE LA ESPOL EN

FORMULACIONES CON SOYA Y VEGETALES

| POBLACION | Papa | Plátano | Yuca |
|------------------|-------------|----------------|-------------|
| 1 | 3 | 5 | 6 |
| 2 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | 4 | 4 | 5 |
| 6 | 3 | 4 | 4 |
| 7 | 4 | 4 | 5 |
| 8 | 5 | 5 | 6 |
| 9 | 4 | 3 | 5 |
| 10 | 4 | 6 | 5 |
| 11 | 2 | 4 | 6 |
| 12 | 5 | 5 | 4 |
| 13 | 3 | 4 | 5 |
| 14 | 6 | 4 | 6 |
| 15 | 4 | 5 | 5 |
| 16 | 4 | 5 | 4 |
| 17 | 3 | 3 | 5 |
| 18 | 3 | 4 | 5 |
| 19 | 4 | 4 | 5 |
| 20 | 5 | 4 | 5 |
| PROMEDIO | 4 | 5 | 5 |

APENDICE T

EVALUACION DE LOS TRABAJADORES DE LA ESPOL EN

FORMULACIONES SOYA CON VEGETALES

| POBLACION | Papa | Plátano | Yuca |
|------------------|-------------|----------------|-------------|
| 1 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 4 | 6 | 5 |
| 3 | 3 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 5 | 4 |
| 5 | 3 | 4 | 3 |
| 6 | 3 | 6 | 4 |
| 7 | 4 | 4 | 5 |
| 8 | 5 | 5 | 4 |
| 9 | 4 | 4 | 3 |
| 10 | 3 | 6 | 5 |
| 11 | 5 | 4 | 4 |
| 12 | 5 | 5 | 4 |
| 13 | 3 | 4 | 5 |
| 14 | 3 | 4 | 3 |
| 15 | 4 | 5 | 5 |
| 16 | 3 | 5 | 4 |
| 17 | 3 | 3 | 4 |
| 18 | 4 | 5 | 4 |
| 19 | 4 | 4 | 3 |
| 20 | 3 | 5 | 3 |
| PROMEDIO | 4 | 5 | 4 |

APENDICE U

EVALUACION DE CONOCIDOS EN FORMULACIONES DE SOYA CON

VEGETALES

| POBLACION | Papa | Plátano | Yuca |
|------------------|-------------|----------------|-------------|
| 1 | 3 | 5 | 6 |
| 2 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 3 | 5 | 6 |
| 5 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | 3 | 6 | 4 |
| 7 | 4 | 5 | 5 |
| 8 | 5 | 5 | 6 |
| 9 | 4 | 6 | 5 |
| 10 | 3 | 6 | 5 |
| 11 | 5 | 4 | 4 |
| 12 | 4 | 5 | 4 |
| 13 | 4 | 5 | 5 |
| 14 | 4 | 4 | 4 |
| 15 | 3 | 5 | 5 |
| 16 | 3 | 5 | 6 |
| 17 | 4 | 4 | 5 |
| 18 | 4 | 6 | 5 |
| 19 | 4 | 4 | 5 |
| 20 | 5 | 5 | 6 |
| PROMEDIO | 4 | 5 | 5 |

APENDICE V

DETERMINACION DE LA DENSIDAD

Materiales utilizados:

Balanza analítica con precisión de 0.01ml

Pipeta aforada de 10ml

Vaso de precipitación

Fórmula utilizada:

Densidad (ρ) = Masa (m) / Volumen (v)

Datos:

Volumen de muestra: 10ml

Masa obtenida: 10.14g

Procedimiento

Pesar el vaso de precipitación en la balanza analítica previamente tarada.

Pipetear 10ml de la muestra y depositar la muestra en el vaso.

Tomar el nuevo peso del vaso con la muestra.

Utilizar la fórmula de densidad para obtener su valor.

Cálculo

$$\rho = m / v$$

$$\rho = 10.14 / 10 = 1.014 \text{ g/ml.}$$

BIBLIOGRAFIA

1. AGRIPAC S.A.
2. LAYAVE S.A.
3. Gaither Norman y Frazier Grez, ADMINISTRACION DE PRODUCCION Y OPERACIONES, Editores Thomsom, 2000.
4. Anzaldúa A, EVALUACION SENSORIAL DE ALIMENTOS EN LA TEORIA Y EN LA PRÁCTICA, Acribia S.A. 1995.
5. Ibarz Albert, Barbosa, Cánovas Gustavo, UNIT OPERATIONS IN FOOD ENGINEERING, Editorial CRC, 2003.
- 6 -2006-1 www.sica.gov.ec/cadenas/index.html
- 7 -2006-2 [www.analitico/doc/ambiente%20pdf/HUMEDADestufa de aire.pdf](http://www.analitico/doc/ambiente%20pdf/HUMEDADestufa_de_aire.pdf)
- 8 -2005-3 www.soynica.org
- 9 -2004-4 www.asamex.nsrl.uiuc.edu/lacteo4.html
- 10-2004-5 www.asamex.nsrl.uiuc.edu/lacteo5.html
- 11-2004-6 www.asamex.nsrl.uiuc.edu/lacteo6.html
- 12-2004-7 www.asamex.nsrl.uiuc.edu/lacteo14.html
- 13-2006-8 www.mercadolibre.com