

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA LA  
ELABORACIÓN DE PATACÓN PRE FRITO CON PLÁTANO VERDE DE LA  
EMPRESA PROCOL S.A.S.

DAVID ALEJANDRO OSORIO ROBERTO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C  
2017

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA LA  
ELABORACIÓN DE PATAcón PRE FRITO CON PLÁTANO VERDE DE LA  
EMPRESA PROCOL S.A.S.

DAVID ALEJANDRO OSORIO ROBERTO

Trabajo integral de grado para optar a título de  
INGENIERO QUÍMICO

Director  
Martha Marcela Jiménez Betancourt,  
Publicista

FUNCIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C  
2017

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del presidente del jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

Bogotá D.C., Marzo de 2017

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

DR. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

DR. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

DRA. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

DR. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingeniería

ING. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa ingeniería

ING. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
OBJETIVOS	17
1. GENERALIDADES	18
1.1 EL PLÁTANO	18
1.1.1 Composición	19
1.1.2 Variedades	19
1.2 INSUMOS	20
1.2.1 Agua	20
1.2.2 Jabones	21
1.2.3 Aceite	21
1.2.4 Aditivos	23
1.2.4.1 Conservantes	23
1.2.4.2 Antioxidantes	24
1.2.5 Envase	24
1.2.6 Empaques	24
1.3 FRITURA	24
1.3.1 Tipos de fritura	24
1.3.2 Proceso de fritura	25
1.3.3 Reacciones del aceite	25
1.3.3.1 Oxidación	25
1.3.3.2 Polimerización	26
1.3.3.3 Hidrólisis	26
1.4 REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN	27
1.4.1 Refrigeración	27
1.4.2 Congelación	27
1.4.2.1 Velocidad de congelación	27
1.4.2.2 Tiempo de congelación	28
1.5 CONTAMINANTE	28
1.5.1 Contaminación cruzada	29
1.6 BALANCE DE MATERIA	29

2. DIAGNÓSTICO	30
2.1 ACTUALIDAD DE LA EMPRESA	30
2.1.1 Productos Colombianos S.A.S.	30
2.1.2 Instalaciones	30
2.1.3 Distribución de la empresa	30
2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN	31
2.2.1 Recepción de materia prima	32
2.2.2 Pelado	33
2.2.3 Corte	34
2.2.4 Fritura	35
2.2.5 Prensado	39
2.2.6 Enfriamiento	40
2.2.7 Empaque	40
2.2.8 Almacenamiento	40
2.3 LIMPIEZA Y UTENSILIOS DE TRABAJO	42
2.4 MANEJO DE INSUMOS Y RESIDUOS	42
2.5 ASPECTOS CUANTITATIVOS DEL PROCESO	43
3. ALTERNATIVAS DE MEJORA	47
3.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	47
3.2 LAVADO	48
3.3 PELADO	48
3.4 CORTE	49
3.5 FRITURA	50
3.6 ENFRIAMIENTO	52
3.7 PRENSADO	53
3.8 EMPAQUE	53
3.9 ALMACENAMIENTO	54
4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS	55
4.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN	56
4.1.1 Recepción de materia prima	61
4.1.2 Lavado previo	61
4.1.3 Almacenamiento de plátano crudo con aserrín	61

4.1.4 Lavado	61
4.1.5 Escaldado	62
4.1.6 Pelado	62
4.1.7 Corte	62
4.1.8 Fritura	63
4.1.9 Enfriamiento	64
4.1.10 Prensado	64
4.1.11 Incorporación de aditivos	64
4.1.12 Empaque	65
4.1.13 Almacenamiento	65
4.1.14 Rendimiento de la propuesta de mejora	66
4.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	66
4.2.1 Recepción de materia prima	66
4.2.2 Lavado previo	67
4.2.3 Escaldado	67
4.2.4 Pelado	68
4.2.5 Corte	68
4.2.6 Fritura	68
4.2.7 Enfriamiento	69
4.2.8 Incorporación de aditivos	69
4.2.9 Resumen de costos	70
5. CONCLUSIONES	73
6. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFIA	76
ANEXOS	80

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas por etapa de la propuesta de mejora	59
Tabla 2. Costos actuales de fabricación del plátano pre frito presentación de kg	70
Tabla 3. Relación del costo de elaboración y ganancia del producto actual por mes	70
Tabla 4. Resumen de los costos de inversión de la propuesta de mejora por etapa	71
Tabla 5. Costos de la propuesta de fabricación del plátano pre frito	71
Tabla 6. Relación del costo de elaboración y la ganancia del producto de la propuesta de mejora	72

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición nutricional del plátano verde	19
Cuadro 2. Clasificación de plátanos genero Musa por peso según la NTC 1190	19
Cuadro 3. Especificaciones básicas para aceite de fritura	51
Cuadro 4. Rangos permitidos de algunas propiedades de aceites de fritura en proceso de operación	64

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Grados de madurez del plátano por color	18
Figura 2. Estructura básica del jabón	21
Figura 3. Estructura del ácido graso mono insaturado	22
Figura 4. Estructura del ácido graso poli insaturado	22
Figura 5. Comparación de la distribución espacial cis y trans de los ácidos grasos	23
Figura 6. Cadena de reacciones de oxidación del aceite	26
Figura 7. Reacción de polimerización de la grasa	26
Figura 8. Reacción de hidrólisis del triglicérido	27
Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de producción de plátano pre frito de presentación de kilo	31
Figura 10. Resultados del índice de peróxidos al aceite de fritura	37
Figura 11. Procedimiento para la toma de pesos durante el ciclo productivo	44
Figura 12. Balance global del proceso actual de tipo estacionario	44
Figura 13. Comportamiento del diámetro del plátano pre frito respecto a la variación del espesor	50
Figura 14. Diagrama PFD de la propuesta de mejora	57

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Determinación del punto de humo según la Norma Técnica Colombiana 5874 de 2007	80
Anexo B. Cálculo de relación másica de materia prima/aceite	81
Anexo C. Determinación del índice de peróxido en grasas y aceites vegetales según la Norma Técnica Colombiana 236 del 2011	83
Anexo D. Cálculo del rendimiento del proceso, pérdida de fruto por pardeamiento y porcentaje en peso de la cáscara	84
Anexo E. Falencias de Productos Colombianos S.A.S. respecto al decreto 3075 de 1997	85
Anexo F. Cálculo del agua clorada a 100 ppm	87
Anexo G. Procedimiento para el cálculo de la densidad del plátano verde con cáscara mediante el desplazamiento de la columna de agua	88
Anexo H. Cálculos del proceso con especificaciones técnicas	89

## GLOSARIO

**BALANZA ANALÍTICA:** instrumento de laboratorio que mide la masa de un cuerpo, se utiliza para cuantificar grandes cantidades de presentaciones del plátano.

**CADENA DE FRIO:** proceso formado por una serie de operaciones de logística (eslabones), durante el cual frutas y verduras se mantienen a bajas temperaturas, para asegurar la conservación de la calidad del producto.

**CALIDAD AL VACÍO:** característica de aquellos envases plásticos aptos para ser usados en empaques al vacío debido a la protección frente al oxígeno del aire y amoldamiento a la forma del alimento.

**CICLO PRODUCTIVO/DE OPERACIONES:** serie de etapas que se tienen que cumplir para la elaboración del alimento las cuales se repiten al suministrar la materia prima.

**CONCENTRACIÓN EN PARTES POR MILLÓN:** mide la cantidad de unidades de sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto, en líquidos y sólidos se calcula dividiendo el peso de la sustancia analizada sobre el peso total y se multiplica el valor por un millón.

**CONTAMINACIÓN CRUZADA:** resultado de la manipulación simultánea de una fuente potencial de agentes contaminantes y de insumos, productos u objetos que interfieran en el proceso de elaboración del alimento.

**CUELLO DE BOTELLA:** etapa u operación unitaria que hace parte del proceso de producción y presenta un mayor tiempo en finalizarse frente a las demás.

**ENRANCIAMIENTO:** descomposición de los aceites y grasas debido a la activación de radicales libres y oxidación e hidrólisis por presencia de agua o por medio de microorganismos.

**ESTANDARIZACIÓN:** condición en la que se estipulan las especificaciones técnicas de la etapa para asegurar la regularidad en las características del producto y la calidad del mismo.

**FRITURA:** técnica de cocción de alimentos que consiste en la inmersión de este en aceite caliente.

**GRADO DE MADURACIÓN/ ÍNDICE DE MADUREZ POR COLOR:** parámetro visual para determinar la madurez del fruto basándose en los colores que posee la cáscara, siendo 1 el menos maduro (verde intenso) y 7 el mayor (ámbar).

**GRAMERA:** dispositivo que funciona igual que la balanza, es decir, mide el peso de la materia prima. La diferencia con dicho instrumento es el peso de menores cantidades de producto, donde se requiere mayor exactitud en la medida.

**HUMEDAD ABSOLUTA:** cantidad de agua contenida en 1 m<sup>3</sup> de aire. Se puede expresar en g/m<sup>3</sup>.

**HUMEDAD RELATIVA:** relación porcentual entre la humedad absoluta sobre la cantidad máxima de vapor de agua que el aire logra absorber. Dicha absorción depende de la temperatura y presión que posea el aire.

**ÍNDICE DE ACIDEZ:** constituye una medida del grado de hidrólisis (reacciones debido al agua presente en el proceso) y pirolisis (reacciones debido al calor presente en el proceso) de una grasa o aceite.

**ÍNDICE DE PERÓXIDO:** proceso degenerativo del aceite en presencia de oxígeno. Es decir mide el nivel de enranciamiento que presenta un aceite, grasa o harina.

**INSUMO:** bienes de cualquier tipo requeridos para la fabricación del producto.

**PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO:** conjunto de reacciones generadas por la exposición de la pulpa al oxígeno del aire y la enzima polifenoloxidasas las cuales oscurecen la superficie del fruto.

**PUNTO DE HUMO:** parámetro físico de análisis de calidad del aceite que se basa en la temperatura a la cual el insumo presenta aparición de humo constante al someterse a altas temperaturas.

**RENDIMIENTO:** es la relación de la cantidad de materia prima transformada en producto final, expresada matemáticamente en el producto generado sobre el ingreso requerido.

**SECUENCIA LÓGICA:** orden secuencial de un proceso que requiere la finalización de la etapa para efectuar la siguiente.

**TERBUTIL HIDROQUINONA:** Compuesto aromático utilizado como antioxidante en aceites de fritura.

**VIDA DE ANAQUEL:** o también conocido como vida útil, es el margen de tiempo donde el alimento mantiene sus aspectos sensoriales, nutrientes y es apto para consumo.

## RESUMEN

La propuesta expuesta en el presente documento se enfoca en mejorar la secuencia lógica del proceso de producción de plátano pre frito de la empresa Productos Colombianos S.A.S y a la estandarización en la elaboración del producto analizado, con el fin de reducir los riesgos de contaminación en el alimento y tener condiciones específicas por etapa, con tiempos estimados de producción y labores especiales por operario involucrado. Con base al diagnóstico efectuado se identifican las etapas críticas en el almacenamiento, lavado, pelado, fritura, y posteriormente se presentan alternativas de mejora por cada operación involucrada en el procedimiento, tratando con mayor detalle las mencionadas anteriormente. Al seleccionar las alternativas a implementar se continúa con el proceso de estandarización, el cual especifica la cantidad que ingresa de materia por etapa durante una hora de operación, condiciones de operación y funciones de cada operario involucrado en el proceso. En cada etapa del ciclo productivo se muestran el ingreso de materia prima por ciclo, con el tiempo máximo de duración respectivo, dividiéndose de la siguiente manera: lavado (2.8 kg/ciclo de 5 min), escaldado (1.4 kg/ciclo de 1 min), pelado (54 s/dedo), corte (54 s/dedo), fritura (3.7 kg por cada 12 min), enfriamiento (127 porciones/bandeja de 5 min), prensado (6 porciones/ciclo de 1 min con 30 s), incorporación de aditivos (0,45 g sal/33 porciones de 8 min) y empaque (8 min/bolsa).

Palabras claves: Estandarización, etapas críticas, contaminación, cuantificación, condiciones de operación.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto se origina a partir del interés de Productos colombianos S.A.S en recibir una guía teórica en el proceso de fabricación de sus alimentos debido a las incógnitas que se presentan al manejar los insumos y querer tomar las decisiones correctas para incrementar el volumen de producción, haciendo énfasis en su producto bandera el cual es la presentación por kg de plátano pre frito. Por consiguiente se plantean como objetivos la evaluación del proceso actual mediante un diagnóstico comparándolo con referentes bibliográficos de procesos industriales y recomendaciones en la operación, basándose en dichos referentes se presentan alternativas de mejora para cada etapa y por último se nombran una serie de especificaciones técnicas con el fin de estandarizar el proceso de elaboración de la presentación analizada.

Debido a que la empresa no cuenta con un laboratorio de análisis propio y un limitado capital disponible para el trabajo, no se hace un seguimiento detallado al producto terminado ni al aceite de fritura, por lo que se tiene falta de información al presentar alternativas de mejora teniendo como único punto de referencia la literatura. Como la metodología lleva un orden conjunto al análisis por etapa, el diagnóstico abre el camino a la identificación de los puntos críticos del proceso, siendo la fritura la etapa con mayor trabajo y aquella que se tiene como punto de partida para presentar la estandarización del proceso. La importancia de identificar las falencias más representativas encamina el proyecto a la resolución de inconvenientes reales con respuestas sencillas, económicas y efectivas.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de mejora para el proceso de producción de patacón pre frito de la empresa Procol S.A.S.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

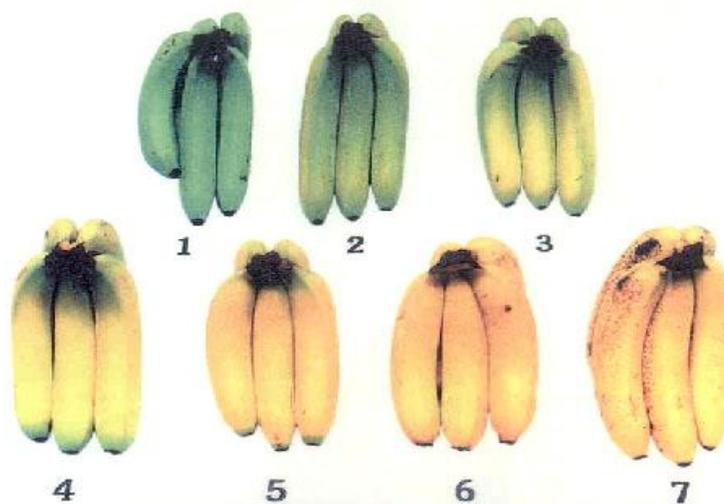
- Elaborar un diagnóstico de las instalaciones de la planta y del proceso utilizado actualmente para la fabricación de plátano pre frito.
- Seleccionar la alternativa de mejora de acuerdo al diagnóstico obtenido de la empresa Procol S.A.S.
- Determinar las especificaciones técnicas para la elaboración de patacones pre fritos relacionando los costos que genera dicho diseño.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 EL PLÁTANO

El plátano es una fruta tropical de la familia de las musáceas con el nombre científico de *Musa Paradisiaca* que tiene de 100 a 200 gramos de peso, crece en árboles que son nombrados de la misma forma en racimos conformados por varios dedos<sup>1</sup>. Los países donde suele ser cultivada se caracterizan por ser húmedos y cálidos con alturas sobre el nivel del mar que oscilan entre 0 a 1000 metros y temperaturas de 21 a 30 grados Celsius<sup>2</sup>. La especie *Musa Paradisiaca* posee diferentes variedades en las que se destacan: Hartón, congo, guayabo, cuarenton y dominico<sup>3</sup>. El grado de maduración del plátano se distingue por el color de la cáscara tal como muestra la figura 1.

Figura 1. Grados de madurez del plátano por color.



Fuente: PIÑA G., *et al.* Atributos de calidad en frutos de híbridos FHIA (*Musa*) para tres ciclos de cosecha. 2006

<sup>1</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAGRAMA). Publicado el 9 de Noviembre del 2003. Plátano. España. [Consulta en línea]. [Citado el 2 de Febrero del 2016]. Disponible en internet: < [http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/platano\\_tcm7-315357.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/platano_tcm7-315357.pdf) >

<sup>2</sup> ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ. Publicado el 2011. Cultivo de plátano. Guatemala. Aspectos técnicos. [Página en línea]. [Citado el 2 de Febrero del 2016] Disponible en internet: <[http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo\\_de\\_platano](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_platano) >

<sup>3</sup> HERNANDEZ L; VIT P. El plátano: un cultivo tradicional con importancia nutricional. Revista del Colegio de farmacéuticos del estado Mérida. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. Septiembre de 2009. Vol II. p. 1 [en línea]. [Citado el 2 de Febrero del 2016]. Disponible en internet: < [http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/3/ff2009\\_iiplatano.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/3/ff2009_iiplatano.pdf) >

1.1.1 Composición. La composición de la fruta se diferencia dependiendo de la variedad de la misma, sin embargo la composición básica por una porción de 100 gramos comestibles según contiene:

Cuadro 1. Composición nutricional del plátano verde.

Energía (Kcal)	94	Tiamina (mg)	0,06
Proteínas (g)	1,2	Riboflavina (mg)	0,07
Lípidos totales (g)	0,3	Equivalentes niacina (mg)	0,8
AG saturados (g)	0,11	Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	0,51
AG monoinsaturados (g)	0,04	Folatos (µg)	22
AG poliinsaturados (g)	0,09	Vitamina B <sub>12</sub> (µg)	0
ω-3 (g)*	0,052	Vitamina C (mg)	10
C18:2 Linoleico (ω-6) (g)	0,039	Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	18
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	Vitamina D (µg)	0
Hidratos de carbono (g)	20	Vitamina E (mg)	0,2
Fibra (g)	3,4	Zinc (mg)	0,23
Agua (g)	75,1	Sodio (mg)	1
Calcio (mg)	9	Potasio (mg)	350
Hierro (mg)	0,6	Fósforo (mg)	28
Yodo (µg)	2	Selenio (µg)	1
Magnesio (mg)	38		

Fuente: MOREIRAS y Col. Atributos de calidad en frutos de híbridos FHIA (Musa) para tres ciclos de cosecha. 2006.

1.1.2 Variedades. El plátano posee diferentes variedades según su clasificación dentro de la especie Musa Paradisiaca, destacándose 3 dentro del panorama nacional por su uso agroindustrial y exportación las cuales son según ARCILA, P. et al. "hartón, dominico hartón y dominico, del sub-grupo Plantain"<sup>4</sup>. La norma técnica colombiana NTC 1190<sup>5</sup> clasifica estos por peso y por calidad como se ilustra a continuación:

Cuadro 2. Clasificación de plátanos genero Musa por peso según la NTC 1190.

Variedades	Pesos, en gramos		
	Grande (mínimo)	Mediano	Pequeño (máximo)
Hartón	350	250 a 349	249
Dominio - Hartón	300	200 a 299	199
Dominico	200	150 a 199	149

Fuente: Norma Técnica Colombiana 1190. Plátanos, clasificación. 1976. p. 2

<sup>4</sup> ARCILA, P.; GIRALDO, G.; CELIS, F. y DUARTE, J. Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico hartón (Musa aab simmonds) en la región cafetera central colombiana. En: XV REUNIÓN INTERNACIONAL ACORBAT, Cartagena de Indias - Colombia. Noviembre, 2002; citado por Lucas A., Quintero C., Vasco L. y Mosquera A. Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (Musa paradisiaca L.). Lasallista Investig. vol.9 no.2 Caldas Julio. 2012

<sup>5</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). NTC 1190: Plátanos, clasificación. Bogotá D.C, Colombia. 1976. p. 2

Para la clasificación por calidad la norma habla inicialmente de unos requisitos mínimos de aspecto que deben incluir los plátanos donde se explica que deben ser “enteros y duros, exteriormente secos, limpios, sin manchas ni grietas, no deben presentar rayas profundas ni huellas de ataques de plagas y enfermedades. No deben presentar indicios de pudrición ni magulladuras o heridas no cicatrizadas, ni tener el cuello roto”<sup>6</sup>.

Adicionalmente la norma habla de 4 tipos de calidades donde clasifican el fruto de la siguiente manera:

**-Extra:** Tener un grado de 3/4 lleno, presentar coloración uniforme según su grado de madurez y pedúnculos bien cortados (no pueden ser arrancados ni retorcidos). La longitud del dedo para el plátano hartón no podrá ser inferior a 25 cm.

**-Primera:** Los plátanos de esta calidad podrán presentar solamente daños superficiales y no deberán presentar manchas entre las aristas.

**-Segunda:** Podrán presentar daños superficiales pero no podrán presentar manchas en más de una tercera parte de su superficie total.

**-Grado muestra:** Comprende todos los plátanos de cualquier variedad que no cumplan los requisitos de las calidades anteriores o que sean muy pequeños, totalmente deformes, quebrados y que presenten daños biológicos apreciables<sup>7</sup>.

## 1.2 INSUMOS

Los insumos son los bienes utilizados para la fabricación, y mejora del producto, potenciando sus aspectos sensoriales, presentación, vida útil, entre otros factores que hacen de este más llamativo y apto para el consumo del cliente.

1.2.1 Agua. Uno de los recursos fundamentales en la industria de alimentos donde es utilizada para el lavado de la materia prima, instalaciones y equipos, mezclada con ciertas sustancias es útil como agente conservante (salmuera)<sup>8</sup>, usada para mantener la humedad del plátano durante su transporte<sup>9</sup>, entre otros usos que tiene dentro del ciclo de producción y en la correcta adecuación de instalaciones y equipos.

---

<sup>6</sup> Ibid., p. 2.

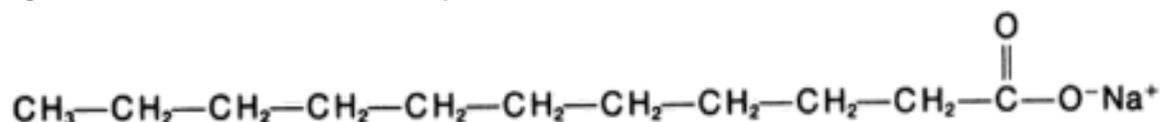
<sup>7</sup> Ibid., p. 3.

<sup>8</sup> CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE NICARAGUA. Publicado en Agosto del 2012. Manual tecnológico para el proceso de “tajadas fritas de plátanos para exportación”. Nicaragua p. 7. [Artículo en línea]. [Citado el 5 de Febrero de 2016]. Disponible en internet: <  
<http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Portal%20Empresarial/121015%20Manual%20tecnol%C3%B3gico%20para%20el%20proceso%20de%20tajadas.pdf> >

<sup>9</sup> MONTERO H. Publicado en 1998 .Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post-cosecha de frutas y hortalizas Módulo 5. Magdalena, Colombia. Segunda edición. [Página en línea]. [Citado el 8 de Febrero del

1.2.2 Jabones. Tal como indica Guerrero C. “se trata de un agente limpiador o detergente que se fabrica utilizando grasas animales y/o aceites vegetales”<sup>10</sup>, los cuales son utilizados para limpiar los utensilios, equipos y adecuar las instalaciones de trabajo por su efecto removedor de grasa en presencia de agua gracias a su estructura molecular como lo expone Guerrero C.<sup>11</sup> que consta de una parte hidrofóbica (se une a la grasa o aceite, disolviéndola) la cual es una cadena hidrocarbonada y una parte hidrofílica (afinidad por el agua, se une con ella) la cual es un ácido carboxílico unido a un átomo de sodio o potasio tal como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Estructura básica del jabón.



Fuente: BECKER R.; WAYNE E. Wentworth. Química general. 1977. P 477.

1.2.3 Aceite. En el punto de vista químico, Testo<sup>12</sup> aporta una definición de aceite donde resalta que hace parte de la familia de los lípidos, los cuales son sustancias no solubles en agua de origen animal o vegetal. Este se caracteriza por tener una consistencia líquida a temperaturas inferiores de 20°C, de lo contrario son llamados grasas.

Una grasa o aceite están compuestas por una molécula de glicerina (alcohol) unida a tres moléculas de ácidos grasos (cadenas de hidrocarburos), de aquí proviene el nombre de triglicérido, donde dichos ácidos grasos se definen en dos tipos; saturados e insaturados.

Los saturados hacen referencia que todos los enlaces de los carbonos que componen la cadena se encuentran ocupados por átomos de hidrógeno, en cambio los insaturados se caracterizan por tener dobles enlaces entre átomos de carbono, donde pueden ser mono (carecen de dos átomos de hidrógeno) o poli (carecen de varios pares de átomos de hidrógeno) insaturados como se muestran en las figuras 3 y 4 respectivamente.

---

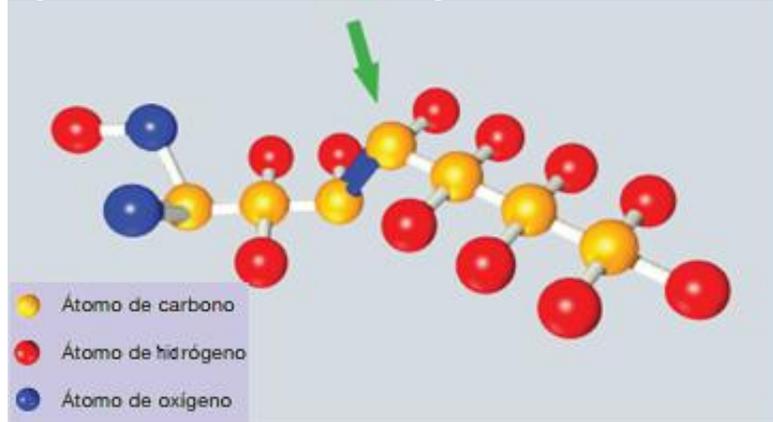
2016]. Disponible en internet: <[http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21\\_1/alephe/www\\_f\\_spa/icon/25861/cd/html/modulo5.html](http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/25861/cd/html/modulo5.html)>

<sup>10</sup> DISEÑO DE UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE JABÓN A PARTIR DE ACEITES VEGETALES USADOS. Guerrero C. Universidad de Almería. Junio del 2014. p. 13

<sup>11</sup> Idib. p. 16

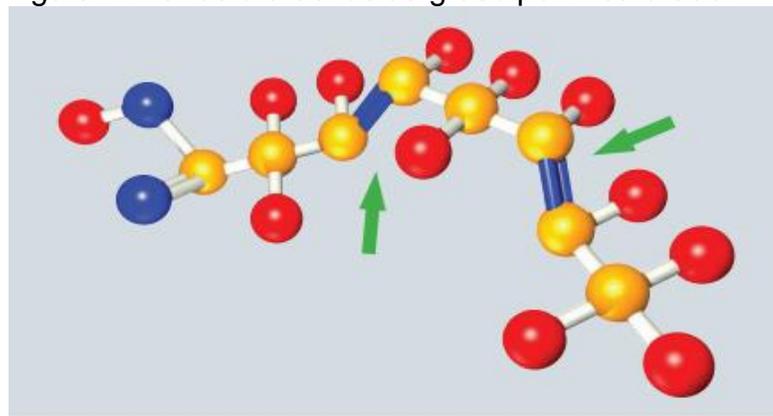
<sup>12</sup> TESTO. Publicado en 2015. Cartilla práctica Medición del aceite de fritura. Sede Argentina. p. 12. [Artículo en línea]. [Citado el 15 de Marzo de 2016]. Disponible en internet: <[https://www.testo.com.ar/media/local\\_media/Guia\\_sobre\\_calidad\\_de\\_aceite\\_de\\_fritura\\_2015\\_ES.pdf](https://www.testo.com.ar/media/local_media/Guia_sobre_calidad_de_aceite_de_fritura_2015_ES.pdf)>

Figura 3. Estructura del ácido graso mono insaturado.



Fuente: TESTO. Cartilla práctica Medición del aceite de fritura. 2015. p. 14

Figura 4. Estructura del ácido graso poli insaturado.



Fuente: TESTO. Cartilla práctica Medición del aceite de fritura. 2015. p. 15

Las grasas saturadas presentan mayor estabilidad en la cocción, lo que le permite una exposición prolongada a altas temperaturas comparándolas frente a las grasas moni y poli insaturadas. Desde el punto de vista de la salud, es aconsejable el uso de grasa de fritura con una proporción de ácidos grasos insaturados lo más alta posible por poseer una alta proporción de ácidos grasos requeridos por las células que no produce el organismo<sup>13</sup>, afirmando la FAO que “Hay una evidencia convincente de que los ácidos linoléico (LA) y alfa-linolénico (ALA) son esenciales ya que no pueden ser sintetizados por los humanos”<sup>14</sup>, los cuales son provenientes de ácidos grasos poli insaturados.

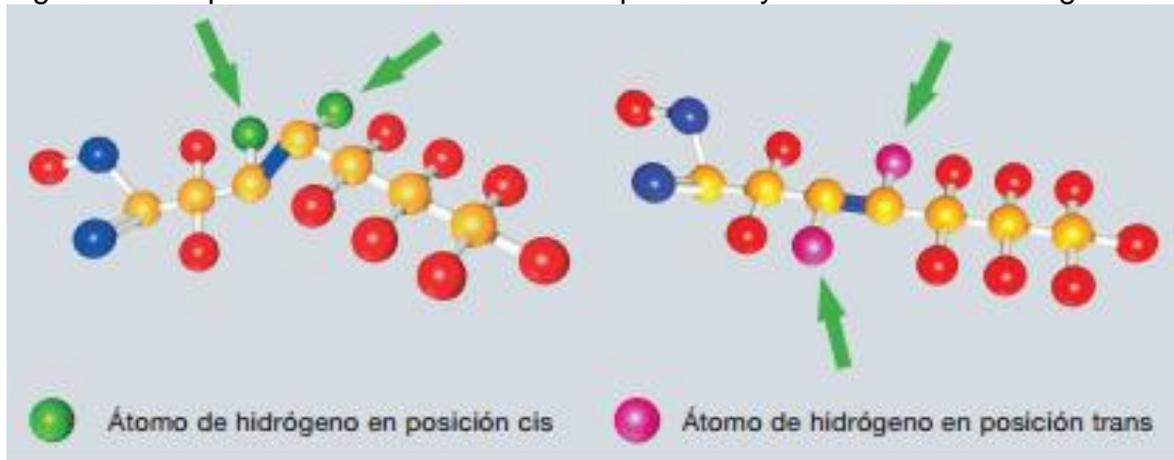
<sup>13</sup> Ibid., p. 15.

<sup>14</sup> ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Publicado en noviembre de 2008. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana, Consulta de expertos. Ginebra. p. 15.

Un factor relevante al hablar de los ácidos grasos es su estructura espacial, es decir, como se ordena o se distribuye la molécula en el espacio, dando lugar a los términos cis y trans los cuales se comparan en la figura 5.

Como se puede observar las moléculas poseen la misma cantidad de átomos pero su diferencia es la posición de los hidrógenos, siendo la distribución cis la que tiene los átomos de hidrógeno en el mismo costado de la cadena, en cambio la distribución trans posee los hidrógenos en distintos costados. La importancia de diferenciar dichas estructuras es su impacto nutricional donde “los ácidos grasos trans son equiparables a los ácidos grasos saturados. Ambos tipos de ácidos grasos tienen en común que elevan los niveles de colesterol en la sangre y se sospecha que aumentan el riesgo de enfermedades cardíacas/circulatorias. Los ácidos grasos cis, en cambio, reducen el nivel de colesterol y tienen, por lo tanto, una influencia positiva sobre la salud”<sup>15</sup>.

Figura 5. Comparación de la distribución espacial cis y trans de los ácidos grasos.



Fuente: TESTO. Cartilla práctica Medición del aceite de fritura. 2015. p. 16

#### 1.2.4 Aditivos

1.2.4.1 Conservantes. Sustancias que aumentan la vida de anaquel del producto, es decir, prolongar la vida útil del producto terminado impidiendo “la alteración de los alimentos, provocada por la acción de microorganismos o enzimas”<sup>16</sup>.

[Artículo en línea]. [Citado el 15 de Marzo de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.fao.org/docrep/017/i1953s/i1953s.pdf>>

<sup>15</sup> TESTO. Op. cit., p. 16.

<sup>16</sup> Ibid., p. 1.

1.2.4.2 Antioxidantes. “Sustancias que prolongan la vida útil de los alimentos protegiéndolos del deterioro ocasionado por la oxidación, por ejemplo, la ranciedad de la grasa y los cambios de color”<sup>17</sup>.

1.2.5 Envase. “Recipiente que tiene contacto directo con el producto específico que cumple con la función de envasarlo y protegerlo”<sup>18</sup>.

1.2.6 Empaques. Presentación comercial de la mercancía que brinda imagen visual y distinción frente a otros productos del mercado<sup>19</sup>.

### 1.3 FRITURA

Tal como expone Navas “Es un método de preparación de alimentos que consiste en introducir un alimento en aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas (150 °C -200 °C), durante prolongados periodos de tiempo y en presencia de aire, donde el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme del producto”<sup>20</sup>.

1.3.1 Tipos de fritura. Se conocen dos tipos de fritura los cuales son fritura superficial y por inmersión o profunda, la primera consiste en someter el alimento a una pequeña cantidad de aceite que no cubre la totalidad de este, es decir, parte del alimento queda fuera del aceite de fritura; en cambio el segundo tipo se caracteriza por tener altas proporciones de aceite respecto al producto siendo más frecuente en frituras industriales donde la totalidad del alimento es cubierta por el aceite de fritura<sup>21</sup>.

También se pueden diferenciar dos tipos de procesos de fritura: continua y discontinua. La fritura continua es utilizada en industrias generalmente donde este proceso es automatizado donde incorporan materia prima seguidamente y de la misma forma el aceite que se pierde durante el proceso con el fin de mantener constantes las condiciones de la operación. En cambio la fritura discontinua consiste en freír cantidades determinadas de alimento en canastillas donde la incorporación

---

<sup>17</sup> Ibid., p. 6.

<sup>18</sup> CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Publicado el 20 de agosto de 2012. Etiqueta, envase, empaque y embalaje. p. 6. [Presentación en línea]. [Citado el 20 de marzo de 2016]. Disponible en internet: < <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/11279/100000805.pdf?sequence=1> >

<sup>19</sup> Ibid., p. 7.

<sup>20</sup> NAVAS, J. A. Optimización y Control de la Calidad Estabilidad de Aceites y Productos de Fritura. Pregrado. Universidad de Barcelona. Departamento de Nutrición y Bromatología. Barcelona, España. 2005. p. 13 Citado por Cardenas N. COMPARACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE GRASA ENTRE EL PLÁTANO HARTÓN VERDE (MUSA PARADISIACA) CRUDO Y PRECOCIDO, DESPUÉS DE LA FRITURA EN ACEITE DE MEZCLAS VEGETALES. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 2012. p. 18

<sup>21</sup> LERCKER G.; CARRASCO A. Publicado en 2010. El proceso culinario de fritura y el uso de aceite de oliva en el mismo. Capítulo 10. Andalucía, España. p. 295. [Libro en línea]. [Citado el 13 de Abril de 2016]. Disponible en internet: < <http://www.economiaandaluza.es/sites/default/files/capitulo%2010.pdf> >

de materia prima se hace hasta que el alimento presente se encuentra en su punto óptimo de cocción. Este tipo de procesos se evidencia en establecimientos de servicio directo al consumidor<sup>22</sup>.

1.3.2 Proceso de fritura. En el proceso de fritura por inmersión como indica Alvis A. se pueden identificar 4 etapas: El calentamiento inicial donde se sumerge el alimento al aceite a una temperatura similar al punto de ebullición del agua (100°C), comienza a presentarse una transferencia de calor del aceite al alimento.

La ebullición del agua en la superficie del alimento donde el aceite que rodea al producto comienza a presentar mayor turbulencia y genera que se empiece a formar corteza en su superficie. Durante la tasa de caídas la temperatura en el interior del alimento aumenta lentamente hasta el punto de ebullición del agua debido a su contenido de humedad interna, en este paso ocurre desnaturalización de proteínas (pérdida de la estructura y propiedades biológicas de la proteína) reaccionando estas con los azúcares del alimento, dicha reacción se conoce como reacción de Maillard lo que le brinda un pardeamiento y buen olor al producto, también ocurre un aumento del grosor de la corteza y disminución de transferencia de agua en forma de vapor en la superficie. En el punto final de burbuja la pérdida de agua del alimento disminuye, dejándose de presentar burbujas en la superficie del este<sup>23</sup>.

### 1.3.3 Reacciones del aceite

1.3.3.1 Oxidación. Es una reacción donde el triglicérido presenta una alteración en su estructura molecular por la presencia de oxígeno, generando el enranciamiento de la grasa, alteración de color, olor y textura y pérdida del valor nutritivo. Refiriéndose al proceso de fritura la oxidación consta de una serie de reacciones en cadena de radicales libres (ROO\*) generando hidroperóxidos (ROOH) los cuales van generando más reacciones sucesivas mientras quede oxígeno y ácidos grasos oxidables<sup>24</sup>.

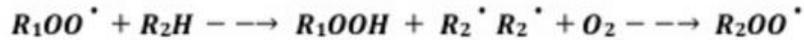
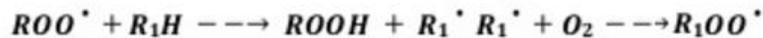
---

<sup>22</sup> Ibid., p. 295.

<sup>23</sup> ALVIS, A., VÉLEZ, C., RADA-MENDOZA, M., VILLAMIEL, M. y VILLADA, H.S.. Heat transfer coefficient during deep-fat drying. Food control, 2009b, vol. 20, no. 4. p. 321-325. Citado por TIRADO ARMESTO, Diego; ACEVEDO CORREA, Diofanor y GUZMÁN, Luís E. Freído por inmersión de los alimentos. Universidad de Cartagena, Colombia. 2012. p. 74

<sup>24</sup> MUÑOZ ROJAS, Andrea; VEGA VIERA, Jhonas y ORTECHO KURIAKI, José. Efecto en la temperatura, oxígeno y luz en la oxidación de grasas. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú. 2014. p. 3

Figura 6. Cadena de reacciones de oxidación del aceite.

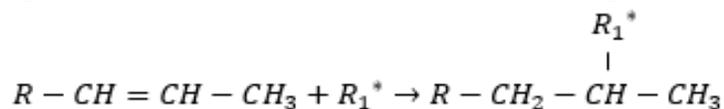


Fuente: MUÑOZ ROJAS, Andrea; VEGA VIERA, Jhonas y ORTECHO KURIAKI, José. Efecto en la temperatura, oxígeno y luz en la oxidación de grasas. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú. 2014. p. 3

1.3.3.2 Polimerización. Reacción donde los ácidos grasos insaturados (ver figura 7) por diferentes causas como calor, luz y presencia de metales (cobre, hierro) forman uniones con radicales libres o entre sí, aumentando la viscosidad del aceite. Esto genera mayor adherencia del aceite en el alimento, dificultad de evaporación del agua del producto y reducción de la cantidad de sustancias volátiles encima de la grasa. La alta cantidad de polímeros se reconoce por cambios de color y formación de una intensa espuma de poro fino<sup>25</sup>.

Como se muestra en la figura 7 el ácido graso insaturado que posee enlace doble recibe un radical libre  $R_1^{\bullet}$  formando una molécula, el hidrógeno que adquiere el carbono que no recibe el radical es por otro ácido graso, generando una reacción en cadena. Estos polímeros pueden ser lineales o cíclicos. Como se puede observar este proceso es similar al de la oxidación, los cuales ocurren sucesivamente debido a los factores que los generan.

Figura 7. Reacción de polimerización de la grasa.



1.3.3.3 Hidrólisis. Es la ruptura del enlace que une el glicerol con el ácido graso llamado enlace tipo éster, quedando la molécula dividida en glicerina y ácidos grasos en forma de mono glicéridos o diglicéridos<sup>26</sup>. Esta reacción es causada principalmente por la presencia de humedad y se reconoce por el aumento del gusto agrio de la grasa, este aumento de acidez o mayor presencia de ácidos grasos libres acelera la oxidación por la acción de los grupos carboxílicos sobre los hidroperóxidos de los ácidos grasos produciendo radicales libres<sup>27</sup>. En la figura 8 se

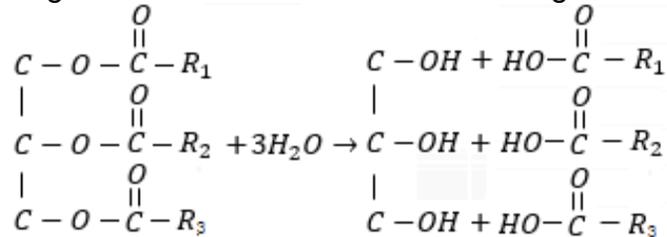
<sup>25</sup> TESTO. Op. cit., p. 23.

<sup>26</sup> HAMILTON R. The chemistry of rancidity in foods. Segunda edición. Editor Allen J.; J. Hamilton. Londres. 1989. Citado por. Lercker G. op, cit., p. 303.

<sup>27</sup> Ibid., p. 303.

puede observar la separación del triglicérido en cuatro moléculas debido a la presencia de agua, siendo glicerina y los ácidos grasos respectivamente.

Figura 8. Reacción de hidrólisis del triglicérido.



## 1.4 REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN

1.4.1 Refrigeración. Consiste en la conservación de los alimentos a bajas temperaturas sin alcanzar la temperatura de congelación. El rango que se maneja para hablar de refrigeración se encuentra entre -1 y -8°C, dicho margen evita el crecimiento de microorganismos termófilos que crecen a temperaturas superiores a 45°C, también de muchos mesófilos que crecen a temperaturas entre -5 y -7°C, ciertas variedades de algas y hongos<sup>28</sup>.

1.4.2 Congelación. La congelación es el proceso de conservación que busca reducir en mayor medida las condiciones ideales en las que crecen los microorganismos. La temperatura de elección a nivel internacional es de -18°C, puesto que la proliferación de bacterias a dicho valor es reducida significativamente<sup>29</sup>. Una de las principales diferencias frente a la refrigeración es el incremento de la formación de cristales, lo cual se debe a la velocidad de congelación en donde esta tiene un papel importante.

1.4.2.1 Velocidad de congelación. El agua presente en las células, es decir, el contenido de agua intracelular se ve influenciado en congelaciones lentas por la aparición de cristales al exterior de estas, lo que genera deshidratación de las mismas por proceso de ósmosis en donde se forman grandes cristales en espacios extra celulares. En la descongelación se generan afecciones en la textura y aparición de exudados (líquidos que contienen nutrientes del alimento y la humedad suficiente para promover el crecimiento de microorganismos). En congelaciones rápidas la cristalización cambia, formándose cristales pequeños en los espacios extracelulares e intracelulares a velocidades similares debido al poco desplazamiento del agua intracelular. Generando así menores afecciones sobre el producto en comparación con la congelación lenta<sup>30</sup>.

<sup>28</sup> UMAÑA CERROS, Eduardo. Conservación de alimentos por frío. FIAGRO y FUSADES PROINNOVA. El Salvador. 2011. p. 20

<sup>29</sup> Ibid., p. 23.

<sup>30</sup> Ibid., p.27 y 28.

Cuando se habla de la velocidad de congelación se debe hablar de la velocidad de avance del frente de congelación, el cual expresa la rapidez a la que ingresa el frente de hielo a través del alimento, la cual es mayor en la superficie comparándola respecto al centro del producto.

2.4.2.2 Tiempo de congelación. El tiempo que tarda el alimento en el proceso de congelación depende de diversos factores como: espesor del producto, temperatura inicial y final, temperatura del refrigerante, coeficiente de transferencia de calor superficial del alimento (resistencia a la transferencia de calor del ambiente en contacto con la superficie del alimento), variación de entalpía (energía sensible debajo del punto de congelación del alimento) y conductividad térmica del producto (resistencia a la transferencia de calor del alimento).

Los últimos términos mencionados corresponden a las propiedades termodinámicas del alimento y van ligadas al estudio de transferencia de calor, por consiguiente son aquellos datos que se requieren para evaluar detalladamente el tiempo de congelación y sobretodo el diseño de equipos para conservación de alimentos. Sin embargo, la predicción del tiempo de congelación también se puede basar tanto en métodos numéricos como en métodos aproximados<sup>31</sup>.

## 1.5 CONTAMINANTE

Cualquier agente que no hace parte del alimento y afecta la calidad de este haciéndolo perjudicial para el consumidor. Existen diferentes formas que generan la contaminación de los alimentos donde se destacan la biológica, química y física.

La contaminación biológica se da por la presencia de organismos microscópicos o no microscópicos los cuales se destacan por ser nocivos y tener la capacidad de crecer en el alimento, dentro de esta división se encuentran bacterias, hongos, virus y parásitos. La contaminación química ocurre por la presencia de determinados productos químicos en los alimentos la cual se puede diferenciar en tres tipos: tóxicos naturales generados por algunos vegetales y pescados, tóxicos ambientales que pueden pasar a los alimentos por mala manipulación de estos, y tóxicos agrícolas provenientes del uso de sustancias químicas para la mejora y cuidado de los cultivos. Por último la contaminación física es causada por la presencia de cualquier objeto presente en el alimento producto del descuido humano y la mala manipulación de este<sup>32</sup>.

---

<sup>31</sup> Ibid., p 29.

<sup>32</sup> DOMÍNGUEZ L; Ros C. Manipulador de alimentos: la importancia de la higiene en la elaboración y servicio de comidas. Editorial Vigo. España. 2007. p. 34-35

1.5.1 Contaminación cruzada. La contaminación cruzada es el resultado de la manipulación simultánea de una fuente potencial de agentes contaminantes y de insumos, productos u objetos que interfieran en el proceso de elaboración del alimento. Se presenta por mal manejo de la materia prima, herramientas, insumos, equipos o cualquier factor que haga parte del proceso y se exponga directa o indirectamente a la fuente contaminante.

## 1.6 BALANCE DE MATERIA

El balance de materia es una de las principales herramientas utilizadas en numerosos procesos de ingeniería que cuantifica el ingreso y egreso de un componente específico basándose en los flujos o corrientes de materia por etapa. Cabe destacar que el balance de materia se apoya en los principios de conservación de la materia, el cual establece que una cantidad de materia se conserva puesto que no puede crearse o destruirse, por consiguiente se puede cuantificar todos los cambios de la cantidad conservada que hallados dentro del sistema midiendo los flujos que ingresan y egresan al sistema estudiado<sup>33</sup>. Dichas corrientes pueden ser tanto de materia como de energía, donde la literatura recomienda separar el principio general que agrupa el balance de materia y energía a dos principios independientes, debido a la excelente aproximación de los resultados y la facilidad de cálculo. Adicionalmente existen diferentes tipos de sistemas, destacándose los dinámicos y los estacionarios. Los dinámicos poseen funciones que varían respecto a una unidad de tiempo, en cambio los estacionarios no varían las propiedades respecto al tiempo<sup>34</sup>. La ecuación general de los balances de materia y energía se expone a continuación:

$$\textit{entrada} + \textit{generación} - \textit{salida} = \textit{acumulación}$$

Los términos de la ecuación se describen como la masa de: entrada (entra a través de las fronteras del sistema) + generación (producida dentro del (sistema) – Salida (sale a través de las fronteras del sistema) = Acumulación (acumulada dentro del sistema). Como se puede observar, la anterior formula permite analizar un sistema con condiciones y propiedades específicas.

---

<sup>33</sup> REKLAITIS, G. y Schneider, Daniel. Balances de materia y energía. México D.F. Editorial Interamericana. 1986. p. 11

<sup>34</sup> Ibid., p. 12.

## 2. DIAGNÓSTICO

Para iniciar el diagnóstico se identifica la ubicación de la planta y las características del espacio de operación, posteriormente se evalúa el proceso al visitar periódicamente la planta, haciendo una toma de datos de las instalaciones, equipos, condiciones de operación, manipulación de insumos, disposición de residuos y características de cada etapa. Luego de conocer la secuencia lógica manejada con sus respectivas características se comparan con referentes teóricos y se enuncian los factores que no cumplen con los requisitos de operación o presentan condiciones que afectan la calidad del producto por cada etapa involucrada en el proceso.

### 2.1 ACTUALIDAD DE LA EMPRESA

2.1.1 Productos Colombianos S.A.S. Es una empresa dedicada a la producción de alimentos a base de plátano verde y maduro de variedad hartón que opera hace 10 años. Dentro de su catálogo de servicios manejan presentaciones de plátano pre frito, frito y en snack que distribuyen a numerosos nichos donde se destacan restaurantes, casas de eventos, casinos y residencias. Se encuentra ubicada en la carrera 31B # 1A-24 de Bogotá D.C con coordenadas 4.599414, -74.106917, tiene una única vía de acceso que da hacia la carrera y en sus alrededores se encuentran instituciones educativas como el Liceo Rómulo Gallegos, Gimnasio Talentos y en su mayoría residencias familiares. Cabe destacar la cercanía a Avenida Carrera 30, una vía principal de la capital.

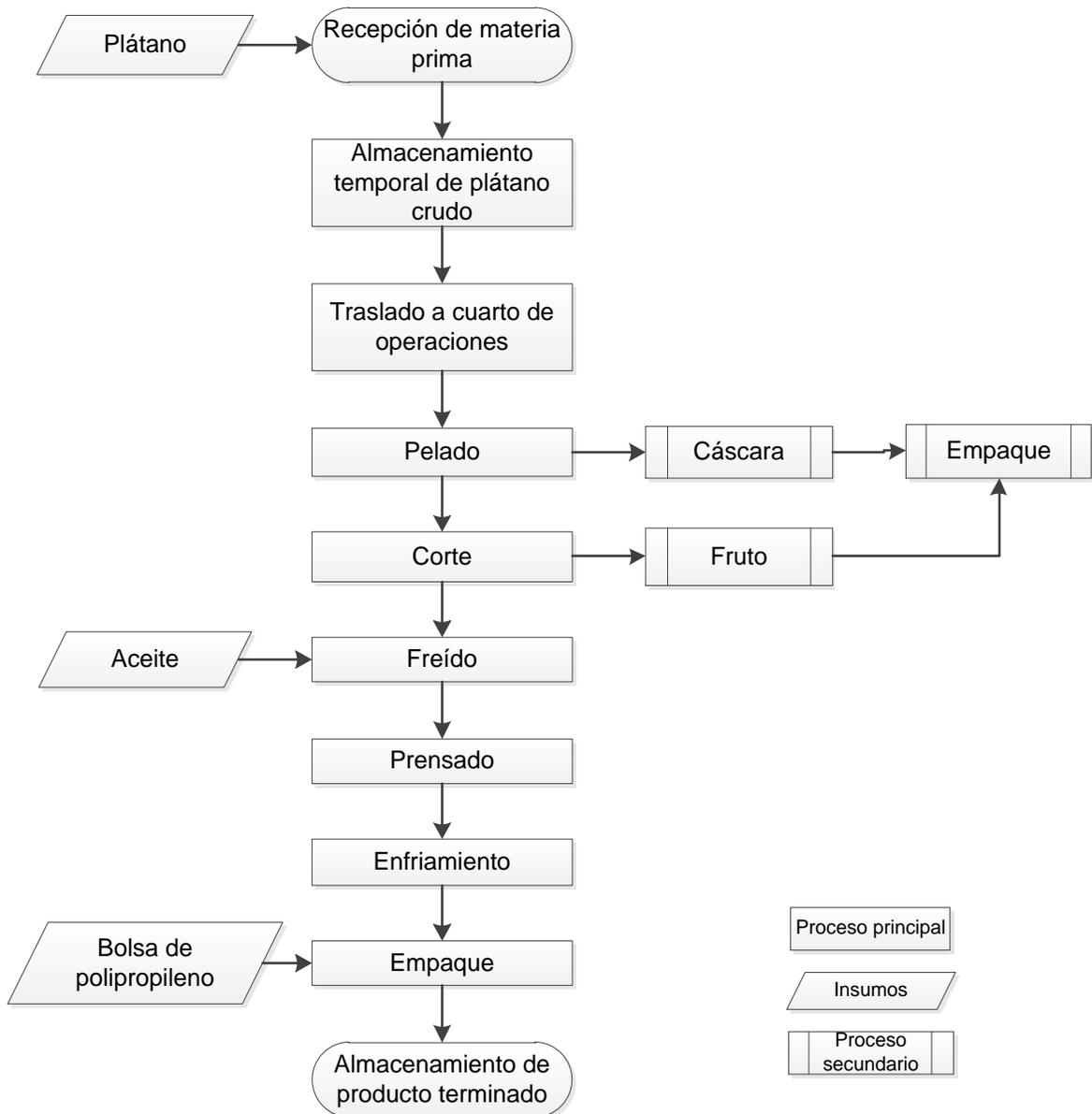
2.1.2 Instalaciones. La empresa consta de un espacio dividido en 4 áreas: acceso por escaleras, mesa de corte de empaques, baño y cuarto de operaciones, siendo esta última de 22,5 m<sup>2</sup>. Posee pisos de cerámica en todas las áreas menos en el cuarto de operaciones donde es una capa de cemento recubierta por cartón. Las paredes son recubiertas de pintura blanca para vivienda residencial con ventanas en el cuarto de operaciones y en la vía de acceso de las escaleras. Los techos son recubiertos de la misma forma que las paredes exceptuando el cuarto de operaciones que consta del tejado de la vivienda.

2.1.3 Distribución de la empresa. Como se mencionó anteriormente la vía de acceso a la planta es por medio de escaleras, las cuales conducen al área de corte de empaques que tiene directo acceso con el baño y una división sin puerta hacia el cuarto de operaciones. Haciendo referencia al cuarto de operaciones, se tienen a disposición los siguientes equipos nombrándolos según el orden en el que se encuentran actualmente: Freidora, aplanadora, zona de bandejas de enfriamiento, área de residuos de la materia prima (bolsas de cáscara), refrigerador, mesa de pelado y cortado de materia prima, almacenamiento de empaques y selladora.

## 2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN

A continuación se presenta la secuencia lógica de las operaciones para obtener el producto de interés mediante un diagrama de flujo:

Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de producción de plátano pre frito de presentación de kilo.



Al visitar la planta y observar tanto el proceso como el personal se expone el ciclo de producción y las falencias que se han encontrado durante la ejecución de este.

### 2.2.1 Recepción de materia prima

- Etapa 1. *Recepción*: El proveedor entrega el pedido generalmente a horarios diurnos transportando el plátano en bolsas de plástico transparente de 20 kg de peso que contienen los dedos separados del racimo. El vehículo utilizado para el transporte de la materia prima es una camioneta sin refrigeración, sistema de amortiguamiento ni cuarto oscuro, lo que hace que la materia prima permanezca expuesta a la temperatura del ambiente con cierto contacto de luz solar por los cristales del vehículo y pueda presentar golpes durante su trayecto. Este tipo de circunstancias según Montero E.<sup>35</sup> genera daños a la fruta por compresión y vibración siendo transportadas en dedos, el uso de cajas de cartón con orificios permite proteger la fruta de daños físicos y manipular correctamente la materia prima en su descargue y la exposición del plátano a temperaturas altas deshidrata y acelera la maduración de la fruta. El grado de maduración en el que se recibe la materia prima es 1 generalmente y la calidad que solicita la empresa es de primera y segunda.
- Etapa 2. *Almacenamiento temporal*: Un operario recibe los plátanos y con la ayuda del proveedor los transportan dentro de la residencia ingresándola al garaje, mientras terminan dicha operación la materia prima reposa encima de baldosa opaca a temperatura ambiente con cierta presencia de polvo cubierta del sol, lo cual genera inconvenientes donde el Instituto de Cerámica y Vidrio<sup>36</sup> afirma que “no hay polvos inocuos, cualquier exposición a polvo supone un riesgo” siendo este una posible fuente de microorganismos donde estos pueden reposar sobre las partículas y ser transportadas por el polvo hasta que encuentren nutrientes para su desarrollo<sup>37</sup>. De igual manera el “El número de microorganismos del aire en las zonas pobladas depende de la actividad en esa zona, tanto industrial o agrícola, como de los seres vivos y la cantidad de polvo”<sup>38</sup>, observando que hay numerosos medios contaminantes que sobresalen para ser tratados adecuadamente, por tal motivo exponer la materia prima a lugares no adecuados afecta la calidad del fruto que ingresa al proceso y aporta a un mayor riesgo de contaminación cruzada si no se le hace un lavado previo.
- Etapa 3. *Traslado*: Se trasladan los plátanos al cuarto de operaciones donde reposan a la temperatura de este el cual es superior a la temperatura del ambiente por la presencia de la freidora y la acumulación de los gases que el equipo genera en el establecimiento, dicho incremento de temperatura se nota

---

<sup>35</sup> Montero E. Op. cit., Módulo 4.

<sup>36</sup> INSTITUTO DE CERÁMICA Y VIDRIO (ICV). Prevención de riesgos en lugares de trabajo. Madrid, España. p. 223

<sup>37</sup> DE LA ROSA, M.; MOSSO, M. y ULLÁN, C. [Publicado en 2002]. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Vol. 5. 2002. p. 376. [Artículo en línea]. [Citado el 8 de Marzo de 2016]. Disponible en: <<http://divulgameteo.es/uploads/Aire-microorganismos.pdf>>

<sup>38</sup> Ibid., p. 385.

al ingresar al área de operación siendo más intenso al acercarse a la freidora. Los plátanos para uso inmediato permanecen a temperatura ambiente protegidos por el empaque con el que vienen, los que no son requeridos son guardados en canecas de plástico de colores oscuros con tapa algunas veces, en la mayoría de las ocasiones el plátano reposa en el cuarto de operaciones junto con el refrigerador. Adicionalmente el plátano que no es usado inmediatamente presenta una maduración más rápida por la acumulación del fruto en áreas reducidas donde se incrementa la presencia de gas etileno el cual es el responsable de que el plátano madure, además que la generación de dicho gas se acelera al retirar los dedos del tallo por lo que el proceso de maduración del fruto ha comenzado antes que la materia prima llegue a las instalaciones<sup>39</sup>, por tales motivos no toda la materia prima está siendo utilizada para su verdadero fin el cual es la producción del producto bandera actual: plátano pre frito de kilo, el cual requiere que el fruto ingrese con un grado de maduración entre 1 y 2.

2.2.2 Pelado. Cabe resaltar que desde este paso todas las operaciones mencionadas se ejecutan en el cuarto de operaciones, el cual tiene las siguientes características: cristales claros que permiten el paso de luz, temperatura mayor a la del ambiente. Los operarios manejan el mismo vestuario durante dicho proceso incluso al ingresar al baño y en la hora de almuerzo. Adicionalmente, las condiciones del ambiente como temperatura y humedad relativa varían dependiendo del tiempo de uso de la freidora debido a que no se cuenta con un sistema de ventilación, lo que permite la acumulación de vapores generados por el equipo en el cuarto.

- Etapa 1. *Pelado*: En este punto el plátano posee un grado de maduración mixto el cual se encuentra entre 1 a 2, es decir, un plátano verde apto para fritura. El pelado de la materia prima lo efectúa un operario que se encarga de abrir las bolsas de varios plásticos manualmente con el uso de guantes de nitrilo con los cuales manipula la fruta recién salida del empaque, es decir, no se hace una selección previa sino que el operario según va utilizando el plátano va descartando aquellos que no cumplan con los requisitos mínimos de buen estado de la cáscara. Esto muestra dos pasos que son ignorados los cuales son selección y lavado de la materia prima en donde se tienen en cuenta dentro del manual fabricado por el Centro de producción Más Limpia<sup>40</sup> el cual expone que en el proceso de lavado “es indispensable lavarlos con abundante agua y una baja concentración de cloro, evitando de esta manera que se contamine la pulpa, por el contacto de las manos con la cáscara y deje residuos provocando una contaminación cruzada en el producto”.

---

<sup>39</sup> ANSEJO VERA, Judit; MORALES DE LOS RÍOS, Laura; SAINZ URRUELA, Raquel y TAPIA HERNÁNDEZ, Lidia. Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos. Universidad Complutense, Madrid, España. p. 12. [Artículo en línea]. [Citado el 8 de Marzo de 2016]. Disponible en: < [http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion\\_frutos.pdf](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf) >

<sup>40</sup> CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE NICARAGUA. Op. cit., p. 7.

- Etapa 2. *Depósito en recipientes*: El plátano que pasa por el anterior paso se deposita en contenedores de plástico alejados de la fuente de luz expuestos al ambiente de las instalaciones presentando con el tiempo manchas oscuras en la pulpa por el tiempo que tardan en ser utilizados el cual es entre 15 a 20 minutos. A pesar de que el fruto puede presentar deshidratación en este paso la mayor pérdida de peso la genera el oscurecimiento en ciertas partes que son desechadas en la siguiente etapa. Dicho oscurecimiento de la fruta es una reacción de pardeamiento enzimático la cual es catalizada por la enzima polifenoloxidasas presente en los vegetales en presencia de oxígeno, es decir que ayuda a la oxidación de compuestos fenólicos formando quinonas que al entrar en contacto con otros aminoácidos o grupos fenólicos del fruto generan pigmentos oscuros nombrados como melanoidinas<sup>41</sup>.
- Etapa 3. *Manejo de residuos*: Como en este paso se separa la cáscara del plátano el operario encargado del pelado tiene a disposición bolsas de plástico para depositar el residuo del proceso, esto genera que las bolsas estén cerca al área de pelado del fruto, observándose que la etapa 1 y 3 se hacen simultáneamente. Las bolsas también son utilizadas para depositar el fruto que presenta pardeamiento y se sacan del cuarto de operaciones al terminar las actividades diarias, lo cual expone tanto al producto crudo como al terminado y a los operarios a una contaminación cruzada constante puesto que la cáscara posee los nutrientes necesarios para que los microorganismos que se puedan encontrar en el aire tengan oportunidad de reproducirse en estos residuos.

2.2.3 Corte. El operario encargado del pelado efectúa esta operación, lo cual explica el tiempo de espera de la materia prima en el contenedor. Este procede a cortar el dedo en 3 y 4 partes según su tamaño y como se mencionó anteriormente el fruto que presente pigmentación se le retiran las partes las cuales son desechadas junto con la cáscara. El tamaño del corte lo calcula el operario lo cual expone que la porción promedio no se encuentra estandarizada y varía ligeramente una de otra. El cuchillo que utiliza el operario se mantiene en constante uso y cuando no es manipulado reposa junto con la materia prima o en la mesa de trabajo potenciándose la contaminación cruzada, donde la herramienta entra en contacto con la cáscara, el fruto, la superficie de trabajo y los guantes que posee el operario. La mesa de trabajo se utiliza para el corte y reposo de la materia prima en los contenedores, sin embargo el operario mantiene la posición al pelar la cáscara lo que explica la ubicación de la bolsa de residuos de cáscara y de materia prima pigmentada.

---

<sup>41</sup> BOLAÑOS, Nuria; LUTZ, Giselle y HERRERA, Carlos. Química de alimentos: Manual de laboratorio. Editorial: Universidad de Costa Rica. 2003. p. 39

2.2.4 Fritura. El aceite permanece en los mismos recipientes que es vendido en el mercado el cual consta de plástico amarillo, tapa enroscable y pared gruesa que le otorga cierta protección al aceite del aire y luz. Este insumo reposa en el piso de la sala de operaciones junto con otros recipientes vacíos y cerca de la mesa de trabajo de pelado y cortado. El riesgo tanto de contaminación cruzada como alteración del aceite fresco por exposición a factores como luz, aire o humedad son elementos perjudiciales para la calidad de este y del plátano que entra en contacto en la fritura.

- Etapa 1. *Calentamiento del aceite*: La empresa cuenta con una freidora de doble cabina con capacidad para almacenar 24 litros de aceite en cada compartimiento operando en la mayoría del día, es decir, 8 horas diarias divididas en dos ciclos de 4 horas respectivamente con un paro de las operaciones entre 1 a 2 de la tarde para el almuerzo de los operarios. Esta operación muestra que el aceite se mantiene a una temperatura constante de 110°C durante el ciclo de operaciones la cual es controlada por un sensor de temperatura interno. Mantener el aceite a temperaturas altas acelera las reacciones de oxidación, polimerización e hidrólisis, sin embargo a una temperatura moderada de operación como las manejadas actualmente las reacciones tardan más tiempo en iniciarse.

No obstante es importante conocer el punto de humo del aceite, con este valor se puede afirmar con más seguridad que la temperatura de operación actual se encuentra por debajo del punto de humo del aceite de fritura. Como la temperatura de operación se encuentra por debajo del punto de humo general de los aceites de fritura (200-220°C min)<sup>42</sup> se tiene un punto positivo por el parámetro de temperatura en la fritura. Sin embargo, como no se conoce el punto de humo del aceite utilizado se pretende evaluar el insumo a partir de un parámetro físico, donde se someten dos muestras del aceite utilizado actualmente por la empresa a una prueba de punto de humo según la NTC 5478 del 2007 (ver anexo A) las cuales poseen 0 días y 6 días de uso, efectuando el análisis sin replicas debido a las dificultades de conseguir el espacio para efectuar las pruebas deseadas.

Los resultados arrojaron que el aceite al día 0 de uso posee un punto de humo de 254°C y el de 6 días de uso 218°C, observándose una reducción en el dato obtenido del día 6 como era de esperarse. Estos resultados son satisfactorios para ambas muestras destacando el elevado valor del aceite nuevo, lo cual permite afirmar que dicho insumo no presenta un deterioro significativo frente a este parámetro de medida.

- Etapa 2. *Suministro del plátano*: se destaca que el proceso de fritura es por inmersión y discontinuo, donde el fruto es cubierto en su totalidad por el aceite y el ingreso y egreso de materia prima se hace manualmente por un operario, adicionalmente el tiempo que tarda el plátano en el proceso varía entre 10 a 12

---

<sup>42</sup> Lercker G. Op. cit., p. 313.

minutos. Este método de fritura discontinua presenta inconvenientes cambiando las características del proceso por la aireación, relación de masa materia prima/aceite, tiempo y superficie de contacto<sup>43</sup>. La aireación trae consigo el aumento de oxígeno en el aceite por su constante movimiento de los ciclos de fritura aumentando las reacciones de oxidación, polimerización e hidrólisis, la relación de masa utilizado en procesos de fritura industrial es 1:6<sup>44</sup> generalmente y el alto contenido de aceite en la cabina genera una proporción entre 1:5 y 1:30 (ver anexo B) lo cual es una relación muy variable y dispareja generando mayor consumo de aceite, gasto del mismo por el constante contacto con la materia prima y aceleración en las reacciones de oxidación, polimerización e hidrólisis, impidiendo que el vapor generado por el alimento proteja al aceite de las reacciones entre los ácidos grasos insaturados de este, presentando mayor generación de espuma al fritar cantidades bajas de alimento<sup>45</sup>. Junto con esto, la humedad del ambiente incrementa las reacciones de hidrolisis por la presencia de vapor de agua en el aire, destacándose la humedad relativa que posee Bogotá la cual se encuentra entre 73% y 83%<sup>46</sup>, donde dicho factor es un influyente para el enranciamiento del insumo y debe tenerse presente para aumentar la vida útil del mismo.

Para analizar la calidad del aceite desde un parámetro químico se toman 4 muestras del insumo con 0, 2, 4 y 6 días de uso y se someten a un análisis de índice de peróxidos siguiendo el procedimiento que expone la NTC 236 (ver anexo C). Como se explica anteriormente en el parámetro físico, la disponibilidad de los recursos para efectuar el análisis personalmente limita la ejecución de réplicas. Los resultados de la prueba se muestran en la siguiente figura:

---

<sup>43</sup> Lercker G. Op. cit., p. 295.

<sup>44</sup> CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Op. cit., p. 9.

<sup>45</sup> VIERA GUERRERO, Jessica P. Publicado el 22 de Junio de 2005. Estabilidad del aceite de fritura de chifles. Universidad de Piura. Perú. 2005. p. 7. [Documento en línea]. [Citado el 14 de Marzo de 2016]. Disponible en: <[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1485/ING\\_436.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1485/ING_436.pdf?sequence=1)>

<sup>46</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Publicado el 15 de Mayo de 2015. CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES PRINCIPALES Y MUNICIPIOS TURÍSTICOS. Ministerio de Medio Ambiente. Colombia. p. 4. [Documento en línea]. [Citado el 10 de Enero de 2017]. Disponible en: <<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>>

Figura 10. Resultados del índice de peróxidos al aceite de fritura.



Como se puede observar en la figura 10 el valor inicial de la muestra en el día 0, es decir, el aceite nuevo, es muy elevada respecto al requisito expuesto por la literatura (1.5 meq/kg)<sup>47</sup>, puesto que duplica al valor que se debe cumplir para ser un aceite de calidad, lo que en primera instancia demuestra que el aceite utilizado actualmente presenta facilidad en su oxidación desde el almacenamiento. Por consiguiente, los valores reportados de las muestras al paso de los días incrementan considerablemente al someterlos al proceso de fritura, tal como se puede observar en el día 2 donde el dato obtenido de dicha muestra incrementa cinco veces aproximadamente respecto al valor inicial, dando como resultado una gran presencia de compuestos que potencian la oxidación de los triglicéridos y los cuales degradan el aceite con mayor velocidad en un corto margen de tiempo. Los factores que pueden influir en los datos obtenidos anteriormente pueden ser tanto la temperatura a la que son sometidos los contenedores del aceite debido a que se encuentran cerca de la freidora, como una mala manipulación del envase permitiendo el ingreso del aire al recipiente.

El peso que ingresa de materia prima al proceso no es controlado por medios cuantitativos sino por la cantidad que logra caber en la canastilla, por lo que la superficie de contacto varía constantemente en los ciclos de fritura, junto con esto

<sup>47</sup> Evaluación de los factores a nivel laboratorio que inciden en la vida útil de las papas fritas en paquete en la empresa de alimentos Comestibles Ricos LTDA. 2008. Anyela Del Carmen Ñustres Barrera, Olga Lucia Robayo Casallas. p. 94

el tiempo que dura la fritura no es controlado por tiempo sino por los aspectos sensoriales que presente el producto, donde prima el cuidado del operario para que el alimento no perdure demasiado tiempo en el aceite. El proceso de cocción del plátano es rápido y conlleva a que este se deshidrate con mayor prisa entre más se repita el ciclo de fritura por la aparición de compuestos polares provenientes de las reacciones que sufre el aceite<sup>48</sup>. Adicionalmente, la empresa brinda sus productos al mercado dependiendo de la demanda que le exija este, generando que diferentes tamaños y grados de maduración del plátano entren en contacto con el mismo aceite de fritura.

- **Etapa 3. Suministro de aceite:** Al terminar la producción diaria un operario suministra aceite nuevo a ambas cabinas hasta completar 24 litros, valor el cual es medido por una abertura que poseen las cabinas. La operación del suministro al final del ciclo no es recomendable puesto que a mayor velocidad de renovación del aceite es menor el nivel de oscurecimiento del mismo, lo que indica que se reduce la cantidad de ácidos grasos libres, prefiriendo en la industria hacer grandes producciones a periodos cortos con suministros periódicos de aceite fresco<sup>49</sup>. El aceite es cambiado de cada 20 a 30 días con filtraciones eventuales solo cuando se presentan restos de plátano visibles en el mismo, facilitando las condiciones para que el alimento adquiera características que no lo hagan apto para su consumo por las condiciones actuales en donde puede presentar un gran deterioro por ser sometido a largos periodos de enfriamiento y calentamiento, proceso de fritura expuesto al aire y por su tipo de fritura discontinua. El enranciamiento de este insumo se puede notar por su oscurecimiento a medida que es sometido a numerosos ciclos de fritura y por la presencia de espuma debido a la aparición de numerosos polímeros de elevado peso molecular<sup>50</sup>.

Con el fin de identificar la pérdida del aceite dentro de la cabina por kilogramo de plátano suministrado, se disponen de 60 kg de plátano de primera calidad para fritura en un día de operación, pesando previamente el recipiente lleno de aceite el cual arroja un valor de 4.607 kg. Al terminar el ciclo de operaciones se reporta una producción total de 21 kg donde el recipiente posee un peso de 1.080 kg, tomando el valor de densidad del aceite del anexo B se obtiene que:

$$\rho_{aceite} = \frac{m_{aceite}}{V_{aceite}} = \frac{4,716g - 109g}{5,000cm^3} = 0.9214 \frac{kg}{cm^3} = 0.9214 \frac{kg}{L}$$

---

<sup>48</sup> TESTO. Op. cit., p. 20.

<sup>49</sup> VIERA J. Op. cit., p. 4.

<sup>50</sup> Ibid., p. 7-9.

$$Vol_{\text{aceite restante}} = \frac{Peso_{\text{aceite restante}}}{\rho_{\text{aceite}}} = \frac{1.080 \text{ kg} - 0,109 \text{ kg}}{0.9214 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} = 1.054 \text{ L}$$

$$5\text{L} - 1.054 \text{ L} = 3.946 \text{ L}$$

$$1 \text{ kg} * \frac{3.946 \text{ L}}{21 \text{ kg}} = 0.188 \text{ L}$$

Se pierden 3.946 L de aceite por cada 21 kg de plátano que ingresa a proceso de fritura, lo que permite afirmar una pérdida del aceite en la cabina de 0.188 L por cada kilo de plátano suministrado al proceso de fritura.

- Etapa 4. *Ecurrido*: el plátano previamente frito es puesto encima de la cabina para que escurra el aceite sobrante por efecto de gravedad durante 5 minutos aproximadamente, cabe resaltar que en esta etapa el plátano no reduce su temperatura en gran medida por lo que proceden a dejar las porciones en reposo antes de su respectivo prensado.

#### 2.2.5 Prensado.

- Etapa 1. *Reposo*: Los plátanos que salen de la freidora son depositados por un tercer operario en una canastilla de metal expuestos al aire del cuarto donde se dejan entre 3 a 5 minutos para que su temperatura disminuya y el operario pueda manipularlos.
- Etapa 2. *Prensado*: La empresa cuenta con una prensa manual con dimensiones de 39 x 38 centímetros donde se le da forma al producto terminado con 2,5 centímetros de radio y 2 centímetros de espesor aproximadamente. El equipo opera de forma manual y permite aplanar entre 5 a 6 porciones con una repetición, adicionalmente se estima que el tiempo de operación por 5 a 6 porciones se encuentra en 20 segundos luego de haber realizado una toma de tiempos de 9 repeticiones de dicha operación y posteriormente estimar el promedio ponderado de los datos. A medida que necesitan porciones para prensar se van retirando de la canastilla donde reposan estas. Someter el alimento previamente frito a un “ambiente húmedo reducirá el grado crujiente del producto terminado y la vida en anaquel del mismo”<sup>51</sup> por el vapor de agua que se encuentra en el aire, es decir, dependiendo de la humedad relativa que posea este se presenta en mayor proporción dicho efecto y debido al proceso de deshidratación que sufre el alimento en la fritura, el plátano tiende a absorber el agua presente en el ambiente.

---

<sup>51</sup> CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Op. cit., p. 9.

2.2.6 Enfriamiento. El periodo de enfriamiento es en el mismo cuarto de operaciones donde se dispone de una bandeja de acero inoxidable perforada de dimensiones de 60 x 58 centímetros que reposan en una mesa para el enfriamiento del producto a temperatura ambiente en un margen de 3 a 10 minutos, acomodando los plátanos en pilas según la presentación del producto, es decir, plátano de 15, 8 cm de diámetro, plátano pre frito de kilo, entre otros. Se dejan expuestos al aire y a la luz del sol por su cercanía a los cristales, adicionalmente ingresa aire del exterior del cuarto por las ventanas que permanecen abiertas durante el ciclo de operaciones.

Cabe resaltar que las ventanas poseen mallas que impiden el paso de insectos cuando se encuentran abiertas. El contacto directo entre el producto caliente reduce el enfriamiento del mismo por la transferencia de calor por conducción entre las porciones apiladas y por convección entre los demás plátanos de la bandeja, generando que el enfriamiento tarde un mayor tiempo en completarse y el producto terminado ingrese al empaque con una temperatura mayor a la del ambiente.

#### 2.2.7 Empaque.

- Etapa 1. *Empaque*: Los plátanos son empacados manualmente por un operario que se encarga de depositar las porciones en bolsas de polipropileno transparente de calidad al vacío con dimensiones de 25 x 15 centímetros y con la ayuda de una gramera de tres cifras decimales de exactitud se cuantifica la cantidad de plátanos que ingresan por bolsa hasta completar el kilogramo respectivo.
- Etapa 2. *Sellado*: Los empaques pasan por una selladora continua de banda que como su nombre lo indica sella el envase para la última etapa del proceso. Como se describe anteriormente el proceso recibe exposición al aire lo que no asegura que el empaque quede libre de este factor al ser sellado reduciendo la vida útil del alimento. Las bolsas que contienen producto que no son utilizadas para venta inmediata son almacenadas en un refrigerador hasta un periodo de un mes máximo. Esta operación en conjunto tarda entre 2 a 3 minutos por bolsa de 1 kilogramo de producto terminado.

2.2.8 Almacenamiento. El producto terminado que no se dispone a venta inmediata reposa en un refrigerador Challenger CH-361 de 337 litros de capacidad que opera a -1°C con secciones para diferenciar las presentaciones que maneja la empresa. La temperatura en la que el plátano debe estar almacenado oscila entre los 13°C a los 15 °C puesto que es un fruto tropical y a temperaturas menores presenta deterioro en su maduración, sin embargo como es un producto que se sometió a una fritura previa la composición del alimento deja de ser la misma que el fruto crudo por la desnaturalización de proteínas, péptidos, aminoácidos e inactivación de las

enzimas generados por la exposición a temperaturas elevadas<sup>52</sup>, siendo la conservación a bajas temperaturas (entre -1°C a 8°C) la prioridad en su almacenamiento donde se logra inhibir el crecimiento de los microorganismos y manteniendo el valor nutricional del alimento, prolongando la vida útil del producto terminado<sup>53</sup>. Como la temperatura del equipo entra cerca del rango reportado en la literatura se tiene un parámetro positivo de operación en el almacenamiento del producto terminado. Refiriéndose a la velocidad de congelación del producto analizado se obtiene que el alimento presenta aparición de una cierta cantidad de cristales sobre la superficie del alimento al cabo de 4 horas, lo que corrobora la velocidad lenta de congelación debido a la temperatura de operación y la leve aparición de cristales en el producto, potenciando las posibles afecciones en la textura y aparición de exudados<sup>54</sup>.

Se debe tener en cuenta los diferentes factores que pueden generar contaminación del producto dentro del refrigerador, donde se destacan el ambiente de refrigeración, factores intrínsecos (propios del alimento como: pH, contenido de agua) y extrínsecos (provenientes del ambiente como: temperatura, humedad relativa del ambiente, ventilación, niveles de oxígeno)<sup>55</sup>. Debido al tiempo que tarda el producto en refrigeración, el cual no supera un margen de 2 días, no se efectúa un estudio detallado respecto al efecto de la presente etapa en el producto terminado. Sin embargo, esto no exime el potencial de contaminación que se presente al almacenar los productos en un mayor margen de tiempo.

La empresa efectuó un análisis de vida útil del producto analizado mediante un seguimiento de una muestra de plátano pre frito sometido a condiciones de almacenamiento de  $T < 0^{\circ}\text{C}$  y protegido por una bolsa transparente de polipropileno doble capa con calidad al vacío. El procedimiento consistió en la degustación mensual de una porción de la muestra y según los aspectos sensoriales que poseía esta se continuaba con el consumo hasta que el producto presentara alteraciones en su sabor, textura, olor, o color. Los degustadores llegaron a la conclusión que la presentación de kilo posee una vida útil de 1 año manteniendo las condiciones de almacenamiento expuestas anteriormente debido a los resultados del análisis sensorial. Dicha prueba se debe reforzar con un análisis de vida útil en laboratorio para cerciorarse del tiempo reportado por la empresa, por ejemplo con un análisis de condiciones aceleradas en cámara climática<sup>56</sup>.

---

<sup>52</sup> BOSKOU, D., ELMADFA, I. Frying of foods: oxidation, nutrient and non nutrient antioxidants, biologically active compounds and high temperatures Changes of nutrients at frying temperatures en frying of food. Technomic Publishing. Lancaster, Pensilvania. 1999, citado por CARDENAS N. Comparación de la absorción de grasa entre plátano hartón verde (*Musa Paradisiaca*) crudo y precocido, después de la fritura en mezcla de aceites vegetales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 2012. p. 20

<sup>53</sup> UMAÑA CERROS, Eduardo. Op. cit., p. 20.

<sup>54</sup> Ibid., p. 27.

<sup>55</sup> Ibid., p. 77.

<sup>56</sup> Ñustres Barrera, Robayo Casallas. Op, cit., p. 94.

Como los clientes solicitan los alimentos por encargos, el consumo de los productos es inmediato lo que le brinda a la empresa una ventaja frente a las posibles problemáticas que se generen por la vida de anaquel de alimentos.

### 2.3 LIMPIEZA Y UTENSILIOS DE TRABAJO

La limpieza de los utensilios de trabajo como cuchillos, canastillas, mesas de trabajo y recipientes que intervienen durante el proceso se efectúan al terminar el ciclo de operaciones del día utilizando jabones desengrasantes líquidos. Los pisos reciben limpieza mensual con desengrasantes de mayor concentración y agua caliente pero las paredes son lavadas dependiendo del estado en que se encuentren, es decir su limpieza es aleatoria. El aseo de los equipos se efectúa semanalmente en la superficie y cada mes se hace una limpieza profunda de los mismos usando desengrasante líquido con agua caliente.

Los trabajadores antes de ingresar al cuarto de operaciones cuentan con prendas de tela y colores mixtos (oscuros y claros) que utilizan para cubrir su torso y extremidades por encima de su ropa, también cambian sus zapatos a calzado de plástico y utilizan cofias de tela con guantes desechables. Durante las operaciones se llegan a cambiar de guantes hasta tres veces sobretodo en el área de pelado que genera contacto con los materiales adheridos a la cáscara. Al terminar su labor los operarios botan los guantes utilizados en los depósitos respectivos. El lavado de las prendas y calzado no se realiza periódicamente quedando a manos de los trabajadores el aseo de dichos utensilios. Ninguno de los operarios usa tapabocas.

### 2.4 MANEJO DE INSUMOS Y RESIDUOS

El cuarto de operaciones posee el espacio suficiente para que tanto insumos como residuos del plátano (refiriéndose especialmente al aceite y cierta parte de plátano crudo y cáscara) reposen cerca del refrigerador y las mesas de trabajo de pelado y corte de la materia prima, la ubicación de las bolsas de residuos cerca a los lugares de trabajo se debe al cómodo almacenamiento de la cáscara al momento de retirar está en el pelado. El plátano que no se tiene para uso inmediato permanece expuesto en el piso del primer nivel del establecimiento. Para el almacenamiento de los empaques cuentan con un mueble de madera donde guardan los rollos de las diferentes presentaciones de los productos.

Los residuos del proceso los cuales son la cáscara del plátano y los trozos de plátano que presentan pardeamiento se tienen acumulados en bolsas para su desecho, es decir, no hay un proceso para el aprovechamiento de la cáscara los cuales quedan a disposición del camión de basura.

## 2.5 ASPECTOS CUANTITATIVOS DEL PROCESO

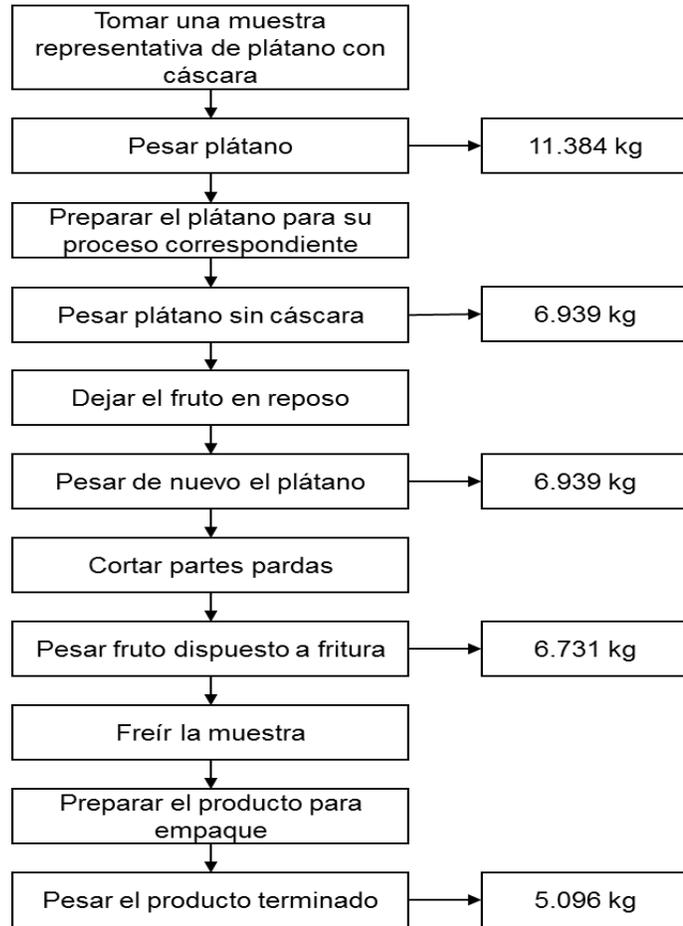
Para hablar del rendimiento del proceso se debe conocer el balance de materia con el fin de identificar el ingreso requerido de materia prima para la obtención de producto terminado y las corrientes involucradas. Por consiguiente, el análisis presentado en el documento toma en cuenta solo dos parámetros de la ecuación general (entrada y salida).

La generación no se toma en cuenta puesto que la materia no se crea ni se destruye, adicionalmente la reacción química que sufre el componente de análisis (plátano) no altera significativamente el peso del producto, únicamente existe una reacción en su superficie. Por último, tampoco se toma en cuenta la acumulación debido a que el proceso se encuentra diseñado para evitar la acumulación de materia prima en las etapas, por consiguiente la acumulación de residuos de plátano se aproxima 0 y se puede ignorar en el estudio.

Inicialmente se desea cuantificar las corrientes de materia prima involucradas en el proceso. Se toman los pesos de 6 muestras de plátano donde cada muestra la conforman 7 dedos para seguimiento por etapa del ciclo con la ayuda de una gramera de tres cifras decimales de exactitud. Inicialmente se pesa el plátano con y sin cáscara siendo el peso de 11.384 kg y 6.939 kg respectivamente. Como no hay interferencia en el proceso, el tiempo que reposa el plátano crudo en los baldes es equivalente al que tardan normalmente para ingresar a la fritura y antes de suministrar el fruto a la cabina se pesan para observar si hay deshidratación del plátano, lo cual no arroja una variación del peso de las muestras.

Al instante de ingresar la materia prima se efectúa el corte de las partes pardas dando como resultado un peso de 6.731 kg. Luego de cumplir el tiempo de cocción se continúa con el ciclo normal de operaciones y se vuelven a pesar las muestras luego de su respectivo aplanado, dando como resultado 5.096 kg. El proceso descrito anteriormente se resume en el flujograma expuesto a continuación.

Figura 11. Procedimiento para la toma de pesos durante el ciclo productivo.



Posteriormente se efectúa el balance de materia global del proceso de tipo estacionario:

Figura 12. Balance global del proceso actual de tipo estacionario.



Del balance propuesto se logra conocer la cantidad total de pérdida de peso, tal como expone la corriente resaltada en rojo de la figura anterior.

$$\begin{aligned} \text{entrada} = \text{salida} \rightarrow 11.384 \text{ kg} &= 5.096 + x \rightarrow x = 11.384 \text{ kg} - 5.096 \text{ kg} \rightarrow \\ x &= 6.288 \text{ kg} \end{aligned}$$

El valor obtenido del peso se compara con la resta del producto crudo antes de ingresar a la etapa de fritura:

$$11.384 \text{ kg} - 6.731 \text{ kg} = 4.653 \text{ kg}$$

El valor obtenido del balance de materia posee una diferencia de 1.635 kg al ser restados, lo que brinda una pérdida de materia extra. Dicha pérdida se nombró en el numeral 2.2.4 donde se expone el fruto a la cocción. El plátano presenta una deshidratación desde el interior hacia la superficie, explicando así el fenómeno encontrado. Sin embargo, no se debe afirmar que el valor represente totalmente al fenómeno de deshidratación, puesto que hay pequeñas pérdidas de masa en el prensado de las porciones las cuales aunque no sean suficientemente representativas dentro de la cantidad reportada, disminuyen la pérdida de peso por deshidratación. Para facilidad de los cálculos posteriores se supone que los 1.635 kg representan la deshidratación del plátano debido al proceso de fritura.

Con base a la toma de datos y el balance de materia se obtiene que el rendimiento del proceso es del 45% respecto al plátano con cáscara, el rendimiento sin cascara es del 75.71%, el residuo equivale al 39.05% del peso total de la materia prima y la pérdida de materia prima por pardeamiento es del 3% (ver anexo D). De los valores anteriores se afirma que para producir 1 bolsa de presentación de kilo se requiere suministrar 2.223 kg de materia prima de los cuales 1.355 kg son fruto aprovechable y 0.868 kg se disponen como residuo, de la misma manera se afirma que de cada 20 kg de plátano se obtienen 9 bolsas de presentación de kilo de plátano pre frito.

Para confirmar la pérdida de materia prima en la etapa de corte se efectúa una prueba extra con una cantidad menor de muestra (0.995 kg) donde el peso registrado luego de retirar las secciones pardas del alimento es 0.985 kg, es decir, se reduce un 1.005%, dando como resultado una pérdida de materia prima del 1% al 3% por corte del fruto oscuro, disminuyendo el valor del fruto aprovechable a 1.328 kg como valor promedio debido al rango de pérdida de plátano.

Adicionalmente en ambas muestras se evalúa una posible pérdida de peso por deshidratación del plátano pelado, luego de cumplirse el tiempo de espera habitual de reposo del plátano en los recipientes se pesa la muestra la cual reporta un peso constante de 6.939 kg y 0.995 kg, con este resultado se afirma que el plátano no presenta deshidratación durante el reposo en los contenedores. Para tener una base numérica del peso aproximado que pierde el fruto por deshidratación se

comparan los pesos entre el plátano antes de ingresar a la freidora y el resultado obtenido por el balance de materia, siendo este del 24.3%.

A partir de los datos obtenidos anteriormente se puede observar que la cáscara posee un alto porcentaje en peso, lo que presenta bastante reducción en el aprovechamiento de la materia prima, generando mayor ingreso de dicho insumo para obtener la cantidad requerida de producto terminado. Refiriéndose al rendimiento del plátano sin cascara se observa un alto aprovechamiento de la pulpa debido a su porcentaje de conversión (75.71%), mostrando que la mayoría del fruto se convierte en el producto deseado. Sin embargo, se deben tener en cuenta los factores que reducen dicho valor, lo que conlleva a observar las pérdidas que se generan en el proceso en donde no se evidencia una cantidad de materia prima proporcional al valor reportado. El balance de materia global aporta un valor de referencia que expone una pérdida de peso por deshidratación del plátano en el freído. Lo expuesto anteriormente se rectifica al leer los pesos registrados del fruto pelado, donde se evidencia que la materia prima ingresa a la freidora con un valor mayor que se obtiene de producto terminado. Lográndose afirmar una deshidratación que requiere de un estudio más profundo con el fin de observar la cantidad real de vapor obtenido del plátano. Dicho vapor incrementa el porcentaje de humedad del ambiente, sobretodo en la freidora, por tal motivo se requiere de una herramienta que brinde el incremento en el porcentaje de humedad del ambiente próximo a la freidora para descartar cualquier posible efecto negativo al aceite.

El procedimiento que lleva a cabo la empresa posee inconvenientes respecto a la estandarización del proceso por el orden del ciclo productivo y manejo de tiempos por operación en todas las etapas que lo componen, adicionalmente el cuidado de la materia prima e insumos tanto en el almacenamiento como en la manipulación, siendo el plátano crudo sometido a numerosos episodios de contaminación cruzada.

Se identifica que los puntos críticos del proceso son el *almacenamiento* de la materia prima por el grado de maduración con el que ingresa al ciclo de producción y por las condiciones de higiene actuales, *lavado* de la materia prima puesto que no es practicado actualmente lo que incrementa el riesgo de contaminación en el fruto desde el inicio de las operaciones, *pelado* donde el plátano es expuesto al aire un considerable periodo de tiempo presentando riesgo de contaminación biológica y pérdidas de materia prima por el pardeamiento enzimático del fruto, *fritura* en donde el aceite es sometido a numerosos ciclos con una proporción incorrecta generando grandes pérdidas de este insumo junto con la exposición al aire y al prolongado calentamiento debido a la falta de control de tiempos favoreciendo las reacciones de oxidación por el tipo de fritura y polimerización por las condiciones de operación. Dichos inconvenientes se resuelven mediante la implementación de una secuencia de operaciones con tareas específicas por operario e incorporación de condiciones de proceso puntuales con un seguimiento periódico a la materia prima, insumos y equipos que actualmente afectan en gran medida la calidad del producto terminado.

### 3. ALTERNATIVAS DE MEJORA

Luego de obtener el diagnóstico e identificar las partes donde se puede interferir en el procedimiento realizado actualmente se exponen las alternativas de mejora por cada operación unitaria ejecutada por la empresa.

Antes de comenzar a tratar cada operación cabe destacar que para industrias de alimentos se deben cumplir unos requisitos mínimos expuestos en el decreto 3075 el cual se refiere a las buenas prácticas de manufactura en el sector de alimentos, donde se abordan los cuidados que debe tener la empresa respecto a operarios, indumentaria, materiales, espacios y otros factores que se le recomienda a la empresa leerlos y tenerlos en cuenta al querer expandirse. Los puntos donde Procol S.A.S presenta mayores falencias respecto al decreto se enlistan en el anexo E.

Adicionalmente, como se pretende estandarizar la producción del plátano pre frito se recomienda que las funciones de los operarios deben ser asignadas antes del comienzo de la producción sin mezclar labores que potencien contaminación cruzada y no deben interferir en pasos donde el plátano se encuentre en proceso de transformación si no son asignados para dicha etapa, en caso que se requiera interferir a una etapa diferente deben poseer los debidos cuidados y utensilios previamente desinfectados. Junto con esto, es indispensable el uso de tapabocas en todo el ciclo productivo. Por ultimo cabe resaltar que en el presente capitulo no se cuantifican algunas etapas de producción por lo que ciertas secciones son netamente teóricas.

#### 3.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

Dentro de esta operación se ejecutan varios pasos en donde se encuentran la recepción, almacenamiento temporal y traslado al cuarto de operaciones donde se tratan simultáneamente por ser cortos pero de la misma forma relevantes.

Inicialmente la recomendación para que la maduración del plátano se inhiba desde el instante que es retirado del racimo es responsabilidad del proveedor, donde las condiciones de manipulación, almacenamiento y transporte de la materia prima sean adecuadas y acorde a las buenas prácticas de manufactura para una mejor conservación del producto verde y en buenas condiciones físicas.

Refiriéndose a la recepción y almacenamiento del plátano verde la opción que permite un mejor cuidado de la materia prima consta de un cuarto oscuro con atmosfera controlada (2-5% de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>)<sup>57</sup>, el cual requiere de una inversión considerable y un espacio disponible, requisitos con los que la empresa no cuenta en el momento, sin embargo como alternativa se recomienda que durante la recepción de materia prima se tengan a disposición cajas de cartón o contenedores

---

<sup>57</sup> MONTERO E. Op. cit., Módulo 5.

plásticos con aserrín húmedo<sup>58</sup> con una relación de volumen de aserrín/plátano del 30% y capacidad suficiente para depositar los dedos dentro de estas con el fin de conservar el fruto en el grado de maduración recibido puesto que este material permite simular un ambiente húmedo y fresco por sus características de porosidad y retención de humedad<sup>59</sup>. Para la disposición de la materia prima dentro del cuarto de operaciones se recomienda trasladar el plátano a medida que se necesite para que permanezca el mayor tiempo en un ambiente húmedo y sin variaciones de temperatura lo cual garantiza que su grado de maduración sea el adecuado al entrar en la cadena productiva. Como se puede inferir el traslado de materia prima se dificulta con esta opción por lo que se debe tomar en cuenta trabajar todos estos pasos en el mismo nivel, es decir, trasladar todo el plátano al cuarto de operaciones y tener un área cubierta del sol para almacenar todo el fruto en los contenedores o cajas.

### 3.2 LAVADO

El paso que se debe considerar antes de pelar el plátano es el lavado con agua clorada, tal como se recomienda en el manual de fabricación de tajadas fritas<sup>60</sup> en donde se manejan tanques que contienen agua clorada a 100 ppm (ver anexo F) durante 5 minutos el cual sirve para reducir la presencia de agentes contaminantes para el fruto ya sean químicos o biológicos, además para reducir la contaminación cruzada presentada al manejar simultáneamente cáscaras y plátano con la misma herramienta en las dos siguientes operaciones.

Posteriormente al lavado de la materia prima se pasa a un proceso de escaldado el cual permite reducción en tiempos de pelado por la facilidad con la que se desprende la cáscara del fruto. Este proceso consiste en el calentamiento del plátano entre agua a una temperatura de 80°C durante un minuto. Adicionalmente esta operación ayuda a que la cáscara presente una disminución de agentes biológicos por la temperatura a la cual es expuesta.

### 3.3 PELADO

Este proceso presenta numerosos factores perjudiciales por la pérdida de materia prima y riesgo de contaminación cruzada por diversas fuentes, donde inicialmente se recomienda que el instrumento utilizado para el pelado del fruto sea diferente al usado en el corte teniendo estos en un medio que inhiba contaminantes durante su reposo como recipientes independientes que contengan agua con limón (relación V/V entre 10% al 20% de limón). La relación anteriormente expresada se obtiene al

---

<sup>58</sup> Ibid., Módulo 5.

<sup>59</sup> SÁNCHEZ CÓRDOBA, Tito; ALDRETE, Arnulfo; CETINA ALCALÁ, Víctor y UPTON LÓPEZ, Javier. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. 2008. Revista Madera y bosques p. 42 y 47

<sup>60</sup> CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Op. cit., p. 17.

realizar una toma de muestras de limón. Se exprimen porciones de 60 g de limón previamente pesados con gramera en 100 cm<sup>3</sup> de agua. Al observar un incremento de 10 cm<sup>3</sup> se degusta la solución. Según los aspectos sensoriales de olor, color y sabor el degustador elige el rango de 10 a 20 cm<sup>3</sup> como medida de adición de zumo de limón por cada 100 cm<sup>3</sup> de agua. Simultáneamente se exprimen las porciones hasta que no brinden más zumo. Luego de repetir 4 veces la prueba se obtiene un valor aproximado de 37.5 cm<sup>3</sup> de zumo por 60 g de limón.

Adicionalmente se recomienda que el residuo generado en este proceso sea retirado del cuarto de operaciones al instante de llenar las bolsas con la cáscara y repose en un área aislada con características que inhiban contaminación biológica y cruzada.

Se aconseja que en los contenedores donde se deposita el fruto sin cáscara se rocíe agua con limón (misma relación expresada anteriormente) en la superficie del plátano para disminuir el pardeamiento enzimático presentado<sup>61</sup> con el fin de reducir las pérdidas de materia prima y adicionalmente actúe este insumo como un inhibidor de crecimiento microbiano por la reducción de pH en la superficie del fruto. Como última recomendación el operario debe terminar el pelado de todos los dedos requeridos para la producción antes de manipular la materia prima para el corte.

### 3.4 CORTE

Como se dijo en el anterior numeral se recomienda manipular un cuchillo diferente al usado en el pelado manteniendo el instrumento en agua con limón cuando no sea requerido. El uso del cuchillo bañado en agua con limón ayuda a que el fruto en espera de ingreso para fritura no presente pardeamiento enzimático en la superficie del corte la cual se expone al aire.

Durante este paso es recomendable tener estandarizadas las medidas con las que ingresan las porciones a la cabina teniendo un rango de longitud determinado para que el operario prepare el fruto y se cuantifiquen las porciones que logran entrar al freidor con el fin de fijar tiempos de operación en las siguientes etapas y controlar la cantidad de materia prima que entra en contacto con el aceite, por tal motivo se analiza el comportamiento del tamaño de la porción al variar el espesor de las unidades, tomando 4 medidas de 0.7, 1, 2 y 2.2 cm con un diámetro constante de 5 cm. Las porciones se fritan y se prensan a las mismas condiciones que se opera normalmente, seguidamente se miden los diámetros obtenidos de cada porción con una regla previamente lavada.

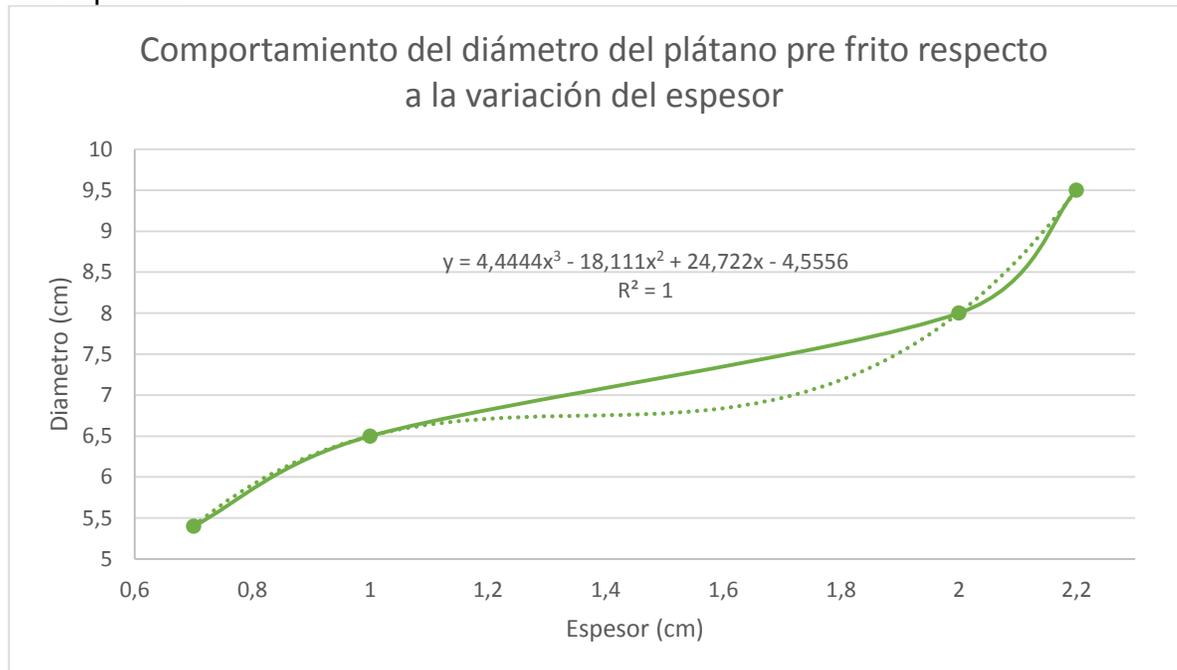
Los resultados son graficados en el programa Microsoft Excel 2013 como ilustra la figura 13 para identificar una línea de tendencia, la cual se acomoda a una de tipo polinómica de tercer orden con coeficiente de determinación de 1. Luego de

---

<sup>61</sup> BOLAÑOS N. Op. cit., p. 40.

presentar la ecuación de la gráfica se utiliza el solver del programa para estimar el espesor del plátano fijando un diámetro de 10 cm del producto aplanado debido a que dicho valor es el que prefiere manejar la empresa, dando como resultado un espesor de 2.25 cm.

Figura 13. Comportamiento del diámetro del plátano pre frito respecto a la variación del espesor.



Es recomendable tener un patrón en la mesa de trabajo donde el operario tenga facilidad de hacer el corte según la medida y aquellas porciones sobrantes o que no cumplan con este rango sean dispuestas a las demás presentaciones que maneja la empresa como los tostones o bolsas con recado.

### 3.5 FRITURA

Inicialmente cabe destacar que el calentamiento constante y prolongado del aceite deteriora dicho insumo y más aún cuando se expone al aire durante su operación, por tales motivos se recomienda trabajar grandes cantidades de materia prima en cortos periodos de tiempo y con adición periódica de aceite durante la operación, junto con esto se recomienda trabajar grados de maduración similares en la misma cabina, es decir, no mezclar plátano verde con plátano maduro en la misma cabina debido a los cambios que presenta el fruto durante su maduración, donde se destaca la hidrólisis del almidón que genera incremento de azúcares simples y aumento de concentración de ácido málico en cáscara y pulpa. Adicionalmente el aceite utilizado actualmente no cumple con el requisito resultante de índice de

peróxidos, lo cual genera que no sea apto para fritura sin importar el claro color que se observa incluso al pasar el sexto día de operación <sup>62</sup>.

Dentro de las alternativas de mejora para esta operación se destaca cambiar el tipo de fritura discontinuo a continuo para reducir la cantidad de oxígeno que ingresa al aceite y por consiguiente reducir las reacciones de oxidación del aceite de fritura, sin embargo dicho cambio es difícil de realizar puesto que conlleva a utilizar un nuevo equipo que opere de forma automática y con características especiales de operación tales como: proceso aislado del aire y condiciones constantes durante la fritura<sup>63</sup>; por lo que se recomienda disminuir el tiempo de ingreso y egreso de la materia prima teniendo a disposición plátano listo para ser suministrado a medida que se retira aquel que cumplió su etapa de fritura.

Adicionalmente estandarizar la cantidad de fruto que ingresa a la cabina para trabajar una proporción de plátano/aceite más adecuada a la utilizada actualmente (1:6 a 1:8 preferiblemente), donde las porciones pueden ser suministradas sin necesidad de usar una canastilla por la característica que tiene la cabina del freidor y para reducir la exposición del aceite al aire utilizar tapas de acero inoxidable con abertura durante el ciclo de fritura como la han usado para proteger este insumo cuando el equipo se encuentra apagado, es decir, se aconseja utilizar la tapa en la mayoría del tiempo. El lavado de la tapa debe ser al final del ciclo de operaciones diarias. Por último se destacan las buenas características sensoriales de la materia prima con las condiciones de operación actuales, recomendando seguir fritando el plátano a 110°C durante 12 minutos cerciorándose que dicho tiempo se cumpla con un temporizador con alarma.

Cuadro 3. Especificaciones básicas para aceite de fritura.

Criterio	Especificación
Color (unidades Lovibond rojo)	2.0 máx., claro
Gusto	Ninguno
Flavor-sabor	Ninguno
Ácidos grasos libres	0.1 % máx.
Índice de peróxidos	1-2 meqO <sub>2</sub> /Kg
Punto de humo	200-220 °C mín.
Humedad	0.05-0.1 % máx.
Ácido linoleico	2-3 % máx.

Fuente: Lercker G. Proceso culinario de fritura y uso de aceite de oliva en el mismo p. 313.

<sup>62</sup> GOÑI I.; et al. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index”, Nutr. Res., 17, 427. 2008. Citado por Mejía G. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FISICO Y QUIMICO POSCOSECHA DEL PLATANO DOMINICO HARTON (MUSA AAB SIMMONDS) CULTIVADO EN EL MUNICIPIO DE BELALCAZAR (CALDAS). Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. 2013. p. 24

<sup>63</sup> LERCKER G. Op. cit., p. 295.

Para la selección del aceite de fritura se debe cumplir unos requisitos mínimos para uso industrial los cuales se exponen en el cuadro 3. Debido al resultado de las pruebas de índice de peróxidos se afirma que el aceite no posee las condiciones mínimas para fritura frente a este parámetro, y debido a los elevados resultados no se logra evidenciar el número de ciclos que soporta el insumo analizado. Por tal motivo se toman referentes teóricos para recomendar un número máximo de ciclos de fritura el cual es 2 cuando el aceite se somete a una temperatura mayor de 150°C<sup>64</sup>, sin embargo el cambio del insumo varía constantemente en los procesos industriales de fritura y mediante el seguimiento de la degradación del aceite de fritura y los aspectos físicos que presente se toman las decisiones respectivas. Entre los análisis efectuados para el seguimiento del aceite se destacan: color, burbujeo, índices de peróxidos, acidez, yodo, refracción, saponificación, densidad relativa, entre otros métodos de análisis<sup>65</sup>. La literatura recomienda utilizar aceite de oliva debido a la estabilidad que presenta durante la fritura e impacto en la salud del consumidor, sin embargo el costo de dicho insumo es elevado y por la gran cantidad requerida para industrias es recomendable utilizar mezclas de aceites vegetales con contenido de soya (parcialmente hidrogenado), semilla de algodón, maíz, palma o palmoleína<sup>66</sup>.

Dentro de los cuidados en la reutilización del aceite se destaca efectuar una filtración periódica en un recipiente limpio cuando presente un color amarillo pardo o restos de alimento.

Por último se recomienda que para el escurrido del aceite se deje en reposo el fruto en las canastillas durante 3 minutos permaneciendo la cabina sin tapa únicamente en el transcurso de dicha operación, al momento que no halla plátano para ser escurrido se vuelva a colocar la tapa.

### 3.6 ENFRIAMIENTO

El enfriamiento de los plátanos se efectúa industrialmente luego de cumplir el proceso de fritura, es decir en el proceso de escurrido o después de este<sup>67</sup>, por lo que se sugiere que antes de manipular el plátano para ser prensado se someta a un enfriamiento hasta una temperatura donde el operario no se le dificulte la manipulación del alimento y sobretodo no se presente el apilamiento de las tajadas recién aplanadas, las condiciones que se recomiendan para dicho proceso de escurrido y enfriamiento son: cubrir con material absorbente e inodoro la parte

---

<sup>64</sup> CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Op. cit., p. 9.

<sup>65</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). NTC 198. Grasas y aceites comestibles vegetales y animales. Manteca

<sup>66</sup> ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA (FAO). Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos. Capítulo 6: Selección de usos de las grasas y de los aceites en la alimentación. 1993. p. 1

<sup>67</sup> CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Op. cit., p. 9

superior, porcentaje de humedad del 35%, temperatura superior a 30°C, porciones separadas y bandejas perforadas de acero inoxidable<sup>68</sup>. Como cumplir dichas condiciones requiere la inversión de una cámara con bandejas, se sugiere que se utilice temporalmente una mesa recubierta con aluminio como las que usan actualmente y se cubran los plátanos con papel film o también llamado vinipel teniendo las porciones debidamente separadas entre sí con un margen de medio centímetro.

### 3.7 PRENSADO

Luego de observar la operación realizada se determina que durante este proceso no hay recomendaciones importantes, efectuándose una acción mecánica donde el equipo cuenta con las características adecuadas para manejar el volumen de producto obtenido. Cabe resaltar que con la estandarización mencionada en las operaciones anteriores la mejora en tiempos de esta etapa depende de la agilidad del operario y por el tamaño de las porciones que puedan caber por ciclo de aplanado del producto, sin embargo no se presenta una mayor consideración que el correcto manejo del equipo retirando al final del ciclo de operaciones el aceite resultante del prensado del producto para evitar contaminación por agentes biológicos que puedan crecer en las superficies de las planchas.

Posteriormente a este paso se recomienda incorporar un aditivo que le brinde al alimento mayor vida útil actuando como agente conservante como lo es la sal, la cual se recomienda añadir 1 gramo por cada 4,5 kilogramos de producto obtenido<sup>69</sup>. El tiempo estimado que se tarde en completar esta etapa es de 2 minutos debido a que la empresa hace esta operación con la presentación de snack y al tomar el tiempo de dicha etapa los resultados fueron similares e incluso al tiempo sugerido.

### 3.8 EMPAQUE

El proceso de empaque presenta factores que potencian la contaminación cruzada, donde se recomienda que los rollos sean almacenados en un espacio desinfectado y aislado del ambiente del cuarto de operaciones, adicionalmente la mesa de corte de los empaques sea debidamente lavada al final del ciclo de operaciones junto con las herramientas que interfieran en el proceso. Refiriéndose a la selladora se sugiere retirar aquellos objetos que no hagan parte del equipo y que presenten una potente fuente de contaminación, la secuencia lógica del proceso preferiblemente no sea alterada y se ejecute por el mismo operario donde el corte de los empaques sea antes de la manipulación de estos para el posterior sellado. El uso del empaque actual le brinda al alimento una buena protección contra la humedad y agentes contaminantes, sin embargo la calidad al vacío que posee este insumo genera un mayor costo que un polipropileno común, además que no se emplea el empaque al

---

<sup>68</sup> Ibid., p. 10.

<sup>69</sup> Ibid., p. 10.

vacío con esta presentación por lo que se está generando un gasto adicional. Teniendo en cuenta los procesos de entrega rápida manejados por la empresa se recomienda implementar un plástico como un polipropileno de una capa el cual tiene la empresa a disposición para otras presentaciones de plátano teniendo ciertos criterios como la protección a la luz solar y el almacenamiento en refrigerador en caso de no requerir el producto para entrega inmediata conservando la cadena de frío durante el transporte de esta.

### 3.9 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento que utilizan actualmente mediante refrigeración por debajo de los 0°C le permite al producto terminado mantener sus aspectos sensoriales y fresca. La recomendación para evitar romper la cadena de frío del alimento consiste en transportar este a una temperatura similar a la de refrigeración o en recipientes adiabáticos como recipientes de poliestireno expandido (conocido también como icopor) que aíslen el alimento del ambiente y lo mantengan a la temperatura de refrigeración por más tiempo. Adicionalmente, se recomienda reducir la temperatura de operación del equipo con el fin de acelerar la velocidad de congelación de los alimentos que se alberguen, debido a la formación de exudados al exponer el producto a procesos de descongelación, y sobre todo para reducir el riesgo de crecimiento microbiano debido a los nutrientes disueltos presentes en estos.

El buen manejo del almacenamiento durante el transporte del producto afecta la calidad del alimento entregado, puesto que existen microorganismos termófilos que tardan entre 10 a 20 minutos en contaminar el alimento, tiempo suficiente para deteriorar los aspectos nutricionales del plátano al no mantener las condiciones de almacenamiento adecuadas. Por tal motivo, es sumamente importante el transporte del producto en contenedores que aseguren un ambiente aislado y fresco, en lo posible a la misma temperatura de operación de la refrigeración y en caso que el producto sea para despacho inmediato, se mantenga a una temperatura entre 5 y 10°C.

#### 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS

De acuerdo a las alternativas presentadas en el anterior capítulo se procede a plantear el proceso de elaboración con las especificaciones técnicas por etapa para la producción de la presentación de kilogramo de plátano pre frito. Se destaca que al terminar las operaciones diarias se limpien los equipos y utensilios involucrados en el proceso a excepción de los contenedores plásticos, los cuales se les efectúa un lavado mensual. El uso de dispositivos móviles queda prohibido durante la realización de las actividades, al igual que la manipulación de objetos que no hacen parte del proceso. Se obliga a que los operarios porten guantes, tapabocas y cofias con sus respectivas prendas de trabajo.

A continuación se describe el proceso con base a una hora de producción de presentación de plátano pre frito de kilo, donde la estandarización del proceso se hace de acuerdo a 18.5 kg de plátano crudo que ingresan a la freidora por hora. Dicho peso se obtiene por la relación másica del plátano respecto al aceite recomendada por la literatura (1:6) y al tiempo que tarda en completarse el proceso (12 minutos), dando el resultado expresado anteriormente conociendo que la cabina alberga 24 L de aceite.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad plátano ingreso} &= 24 \text{ L aceite} * \frac{0.9214 \text{ kg aceite}}{1 \text{ L aceite}} * \frac{1 \text{ kg plátano}}{6 \text{ kg aceite}} \\ &= 3.6856 \cong \frac{3.7 \text{ kg}}{\text{ciclo}} \end{aligned}$$

Con el anterior resultado se obtiene que por hora ingresan:

$$\frac{3.7 \text{ kg}}{\text{ciclo}} * \frac{1 \text{ ciclo}}{12 \text{ minutos}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 18.5 \frac{\text{kg plátano}}{\text{h}}$$

Como algunas de las ecuaciones requieren del conocimiento de la densidad del plátano, se procede a calcularse mediante el desplazamiento de una columna de agua dentro de un recipiente de 5 litros de capacidad (ver anexo G). Luego de efectuar el procedimiento se obtiene que el valor de la densidad es de 0.94 g/cm<sup>3</sup>.

Adicionalmente los tiempos reportados son acorde a la duración aproximada del proceso por etapa que efectúan los operarios actualmente, siendo ajustados acorde a la cantidad de materia prima que se requiere en la siguiente operación. Cabe aclarar que el tiempo real de operación depende de la eficiencia de los trabajadores y factores que ocurran durante el proceso de operaciones, por lo que no se asegura que la eficiencia teórica sea la misma al aplicar las alternativas de mejora.

#### 4.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

A continuación se ilustra el diagrama del proceso de fabricación propuesto especificando las condiciones por etapa en la tabla 1. Cabe destacar que las condiciones de operación se encuentran resumidas y la mayoría de las etapas son a temperatura de 14°C y presión atmosférica de 560 mmHg<sup>70</sup>, por tal motivo cuando no se especifiquen dichas condiciones en alguna de las operaciones, significa que estas se encuentran a las citadas anteriormente. Al respaldo de la tabla 1 se exponen las operaciones con especificaciones adicionales que complementan a las mencionadas en la tabla. Los cálculos de las etapas se enlistan en el anexo H.

---

<sup>70</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op. cit., p. 4

Figura 14. Diagrama PFD de la propuesta de mejora.

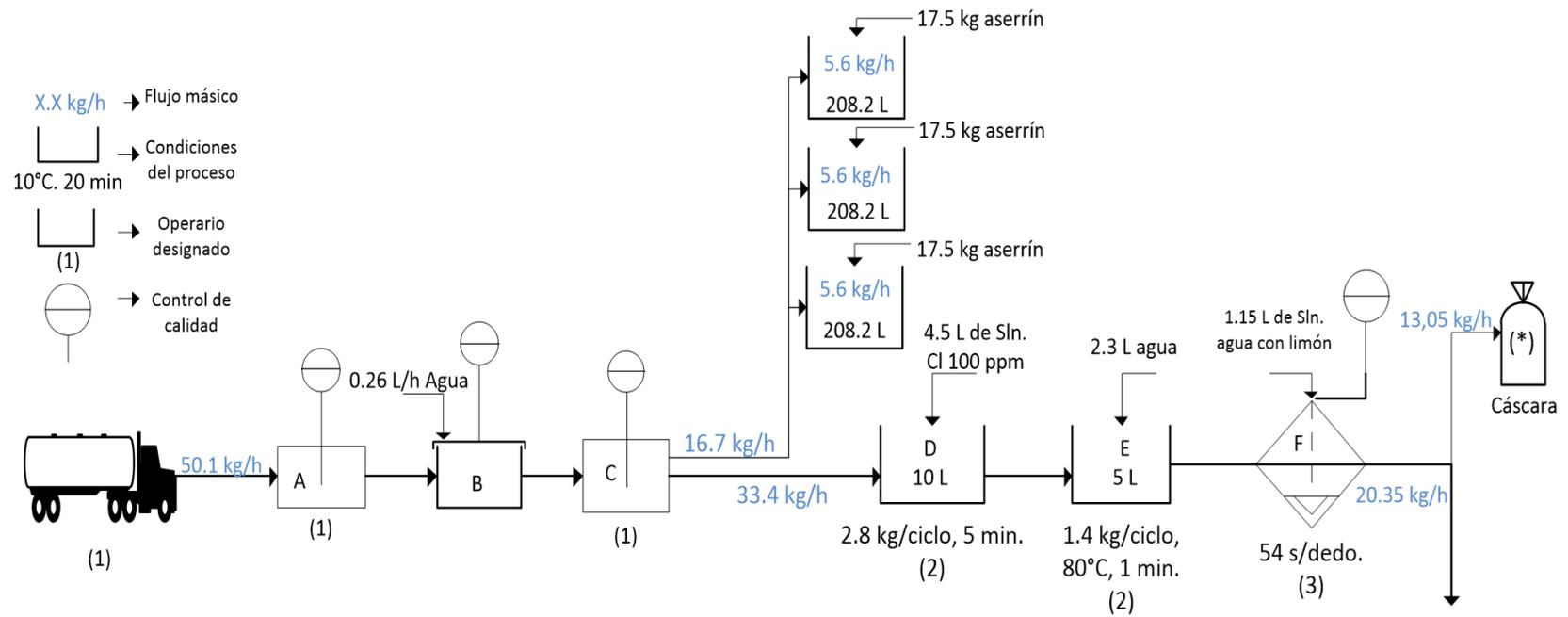


Figura 14. (Continuación)

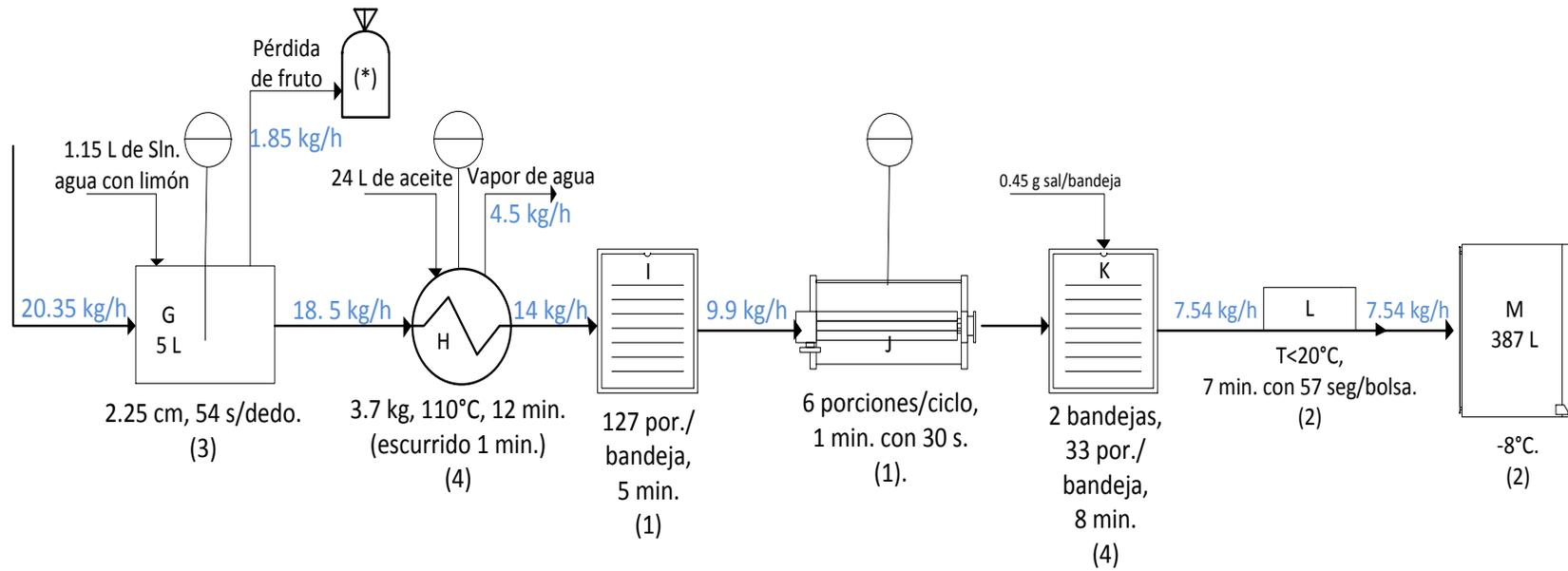


Tabla 1. Especificaciones técnicas por etapa de la propuesta de mejora

Letra	Operación	Especificaciones
A	Recepción de materia prima	Inspección: El plátano debe cumplir las siguientes condiciones: hartón de calidad primera, grado de maduración entre 1 y 2. Proceso efectuado sin exponer el fruto a la luz solar.
B	Lavado previo	Selección de plátano: Descartar aquellos que presenten daños en la pulpa y exposición de la misma al aire. Cuarto protegido a exposición de luz solar, con desagüe y piso impermeable.
C	Almacenamiento de plátano con aserrín	Inspección: No ingresar plátanos que presenten daños superficiales o no cumplan con el grado de maduración entre 1 y 2. Suministro de 5.6 kg/h de plátano por tanque con 17.5 kg de aserrín húmedo. No ingresar una cantidad mayor de 134 kg por tanque. Inspección de aserrín cada tercer día, cambiar el aserrín al notar olores indeseables o presencia de moho.
D	Lavado	Ingreso de grupos de 2.8 kg de plátano efectuando 5 minutos la operación a temperatura ambiente. Uso de solución de 4.5 L de agua con 0.5 g de cloro; cambio de la solución al observarse un color marrón y olores indeseables.
E	Escaldado	Ingreso de 1.4 kg de plátano en 2.3 L de agua caliente a una temperatura de 80°C durante 1 minuto.
F	Pelado	Preparación de 1.15 L de solución con 150 cm <sup>3</sup> de limón y 1 L de agua (% v/v de limón del 13%). Disposición de la cáscara obtenida en bolsas plásticas. Tiempo estimado de operación de 1.33 minutos por dedo
G	Corte	Porciones de 2.25 cm de espesor, suministro periódico de la solución de agua con limón en el recipiente donde reposa el plátano. Inmersión del cuchillo periódicamente y al no ser utilizado. Inspección: las porciones que presenten pardeamiento en la superficie son removidas con ayuda del cuchillo. (*): Se usa la misma bolsa donde se almacena la cáscara para depositar las secciones cortadas producto del pardeamiento del plátano.

Tabla 1. (Continuación)

H	Fritura	<p>Utilizar la balanza para el ingreso de grupos de 3.7 kg de plátano, a 110°C durante 12 minutos. Durante dicho tiempo se prepara la siguiente canasta con el mismo peso. Las ventanas deben estar abiertas en todo momento que se encuentre la freidora encendida. Se deja reposar la canastilla encima de la cabina de fritura durante 1 minuto para el escurrido del aceite.</p> <p>Inspección: Las porciones que no presenten los aspectos sensoriales indicados se vuelven a ingresar a la fritura encima del siguiente ciclo. Revisar cada 3 horas el nivel de la marca de la cabina, si se encuentra por debajo suministrar aceite nuevo. Filtrar el aceite al notar una cantidad considerable de sólidos. Al evidenciar color marrón y presencia de espuma fina en toda la superficie del aceite en vez de burbujeo sobre el fruto, parar la operación, limpiar la cabina y suministrar aceite fresco.</p>
I	Enfriamiento	<p>Preparación de papel film con dimensiones de 65 cm de largo por 63 cm de ancho. Distancia de 0.3 cm entre porciones. Se dejan reposar las porciones entre 3 y 5 minutos cubriendo la bandeja con el papel film. No superar la cantidad de 127 porciones en la bandeja. En caso de presentar alta temperatura luego de cumplir el tiempo, se dejan las porciones otros 5 minutos sin descubrir la bandeja.</p>
J	Prensado	<p>Distancia de 7 cm entre porciones, 6 moldes de 10 cm de diámetro sobre cada porción.</p> <p>Inspección: Uso de cortadora o molde para corregir el borde y diámetro correspondiente de cada porción.</p> <p>Tiempo estimado de 1.5 minutos por 6 porciones.</p>
K	Incorporación de aditivos	<p>Se requieren 2 bandejas, donde se colocan 33 porciones en el recipiente. Se añade 0.74 g de sal por bandeja. El tiempo de reposo de las porciones depende del operario encargado en la preparación e incorporación del producto terminado en los empaques, siendo 3 minutos un valor aproximado de espera a ingreso para la siguiente etapa.</p>
L	Empaque	<p>Se preparan bolsas de 25 cm de largo por 15 cm de ancho. Se ingresa el producto con la ayuda de una gramera donde se debe tardar como máximo 8 minutos en la obtención de la bolsa de presentación de kilo.</p>
M	Almacenamiento	<p>Temperatura del refrigerador de -8°C. Revisión periódica cada hora con el fin de observar la cristalización del agua en la superficie del alimento. En caso de evidenciar capas de agua congelada en vez de numerosos y pequeños cristales se reduce la temperatura de operación del refrigerador 1°C.</p>

4.1.1 Recepción de materia prima. Se efectúa un pedido de 1,500 kg de plátano tipo hartón de calidad primera y con un grado de maduración entre 1 y 2. El proveedor hace dos entregas de 740 a 760 kg en presentación de 20 kg por bolsa durante la semana. Para facilidad de cálculo se toma como corriente de entrada 50.1 kg/h de plátano (a). Las condiciones de la operación deben efectuarse a temperatura ambiente con protección de la luz solar. El trabajador número 1 se encarga de llevar a cabo la recepción.

4.1.2 Lavado previo. El trabajador número 1 lleva los plátanos a un cuarto de lavado donde los selecciona a medida que los acomoda en el piso. Aquellos que presenten daños en la pulpa y exposición de la misma al aire se descartan. Se utiliza agua para efectuar el proceso. El cuarto debe evitar la exposición a la luz solar, con desagüe y piso impermeable, en caso de que no lo sea se incorpora plástico transparente.

4.1.3 Almacenamiento de plátano crudo con aserrín. Posteriormente, se transporta el fruto al cuarto de almacenamiento donde se efectúa una inspección a cargo del mismo trabajador que previamente se viste con la indumentaria apropiada (guantes, cofia, tapabocas, delantal y prendas de colores claros) para manipular la materia prima, separando los plátanos que presentan daños superficiales o no cumplan con el grado de maduración entre 1 y 2. Los plátanos que presentan daños en la pulpa y exposición al aire se descartan de cualquier proceso, los que son retirados por los demás factores se depositan en las bolsas donde viene empacado el fruto para otras presentaciones de plátano manejadas por la empresa.

La cantidad de plátano en espera de ingreso al ciclo de operaciones varía entre 200 a 400 kg en un margen de 1 a 3 días, por lo que se debe disponer de 3 contenedores de plástico de 208.2 L de capacidad ingresando 5.6 kg/h por tanque (b) con 17.5 kg de aserrín húmedo (c) presente en cada contenedor para almacenar el fruto en espera de ingreso a ciclo de operaciones. La capacidad máxima de plátano que puede albergar cada contenedor es de 134 kg. La localización de dichos recipientes es en el mismo nivel donde se encuentra el cuarto de operaciones y en una habitación separada para reducir el riesgo de contaminación cruzada y aumento de temperatura del ambiente de la materia prima. El aserrín es inspeccionado cada tercer día para ser rociado con agua y el cambio de este se efectúa al notar olores indeseables en los recipientes.

4.1.4 Lavado. La cantidad restante de plátano ingresa al ciclo de producción, es decir, 267.2 kg al día, como el tiempo de operación diario es de 8 horas, dicho valor se convierte en 33.4 kg/h.

Este proceso lo ejecuta el operario número 2. El plátano previamente seleccionado ingresa a un recipiente plástico de 10 L de capacidad (d) por grupos de 2.8 kg de plátano (e) donde tarda 5 minutos dentro de una solución de agua clorada a 100 ppm la cual se compone de 4.5 L de agua y 0.5 g de cloro en presentación de

pastillas (f) con el fin de retirar la suciedad de la cáscara y los compuestos químicos a los que haya sido expuesto en su cosecha. El cambio de la solución debe efectuarse al observar un color marrón y olores indeseables.

4.1.5 Escaldado. El operario número 2 ingresa el plátano a un tanque de escaldado de 5 L de capacidad (g) donde se ingresan grupos de 1.4 kg de plátano en 2.3 L de agua caliente a una temperatura de 80°C durante 1 minuto. Este procedimiento se hace principalmente para reducir el tiempo de pelado y complementar el lavado de la materia prima. El control de la temperatura del agua se lleva a cabo con un termómetro de un rango de medida entre -50 a 300°C.

4.1.6 Pelado. El operario número 3 prepara una solución de agua con limón (150 cm<sup>3</sup> de limón y 1 L de agua) en un contenedor de vidrio de 1.5 L de capacidad (h). Posteriormente se sumerge a la solución un cuchillo de acero inoxidable previamente lavado con agua y jabón. El mismo operario separa el fruto de la cáscara con la ayuda del cuchillo y durante dicho proceso separa los dedos que no cumplan con condiciones adecuadas de color, olor, grado de maduración y textura, los cuales se destinan a las otras presentaciones que maneja la empresa. Se estima un tiempo de 54 segundos de pelado por dedo (i) y un recipiente de 5 L de capacidad para albergar el fruto (j).

Simultáneamente al pelado de la materia prima se deposita el residuo obtenido en bolsas de polietileno transparente y al momento que la bolsa se llene, un operario auxiliar (preferiblemente el operario número 1) transporta la cáscara a un cuarto de almacenamiento diferente a donde se alberga la materia prima. La solución de agua con limón utilizada para el cuchillo se desecha al terminar el ciclo de operaciones diario.

4.1.7 Corte. Con el fin de disminuir recipientes, facilitar las actividades del operario y reducir tiempos de operación entre ambas operaciones, la presente operación se efectúa simultáneamente al pelado. El operario corta las porciones de acuerdo con un patrón de medida de 2.25 cm de espesor (grosor obtenido en la sección 3.4). Se estima un tiempo de 54 segundos de corte por dedo (k). A medida que se ejecuta esta etapa las porciones se depositan en un contenedor plástico de 5 L de capacidad (j) para ingresar al proceso de fritura. La solución de 1.15 L preparada en la etapa del pelado es suministrada periódicamente a los plátanos que se encuentren expuestos al aire, rociando con la mano la superficie del contenedor y las paredes de este.

*Nota:* En caso de presentarse pardeamiento del fruto se debe suministrar mayor cantidad de limón en la preparación. Las porciones que presenten dicho factor se les corta la sección afectada, lo que genera la pérdida de materia prima expuesta en el diagrama y se acumula en solo una corriente de salida para agrupar el flujo de egreso del fruto.

4.1.8 Fritura. Se utiliza como insumo una mezcla de oleína de palma y soya en presentación de 20 L. Se debe pedir una ficha técnica con los parámetros expuestos en el cuadro 3 (índice de peróxidos, de acidez, contenido de humedad, punto de humo y porcentaje de ácido linoléico) para cerciorarse de la calidad del insumo implementado antes de utilizarlo. La norma técnica colombiana brinda información específica según el tipo de aceite de fritura, destacándose la NTC 400 por ser la norma que se refiere a mezcla de aceites vegetales. En esta se encuentran especificaciones para el aceite analizado, siendo una mejor alternativa para garantizar los parámetros de calidad vigentes.

Este proceso lo debe llevar a cabo el operario número 4, el cual ingresa el aceite a la freidora hasta alcanzar la marca que posee el equipo (24 L). Con la ayuda de una balanza se preparan grupos de 3.7 kg de plátano para ingresar de forma constante durante el ciclo de fritura con la ayuda de canastillas de acero inoxidable. Se ingresa el plátano y se cubre la superficie de la cabina con una tapa de acero inoxidable. Cabe destacar que las ventanas del cuarto deben estar abiertas siempre que se encuentre operando la freidora con su respectiva malla de seguridad.

El valor que egresa de la freidora corresponde al proceso de deshidratación del plátano, siendo esta agua en forma de vapor. Se toma el valor obtenido del balance de materia de la sección 2.5, donde se reporta la pérdida de 24.3% del peso.

Durante la fritura se debe observar un burbujeo alrededor de la superficie del alimento, al evidenciar presencia constante de espuma en toda la superficie del aceite se debe cambiar de inmediato. Adicionalmente se debe filtrar el aceite al notar oscurecimiento del mismo y/o presencia de restos de plátano.

En lapsos de 3 horas de operación se debe observar la marca que brinda la cabina del equipo y al evidenciar que el nivel del aceite se encuentra por debajo del punto de referencia, se suministra aceite fresco hasta igualar el nivel que marca la cabina.

Se debe efectuar un seguimiento del ciclo de vida del aceite, el cual se hace mediante la toma de 200 cm<sup>3</sup> de muestras del insumo a 0, 2, 4 y 6 días de operación con toma de datos de los ciclos de fritura hechos por día. Las muestras son llevadas al laboratorio respectivo. Los análisis de índice de peróxidos, de acidez, contenido de humedad, punto de humo y porcentaje de ácido linoléico brindan los valores para identificar el punto donde el aceite no es apto para el uso, algunos de los valores permitidos en aceites en proceso se muestran en el cuadro 4. En caso de que el aceite no cumpla con alguno de los valores obtenidos se debe limitar los ciclos de fritura con base al día donde se presente el incremento del rango permitido.

Cuadro 4. Rangos permitidos de algunas propiedades de aceites de fritura en proceso de operación.

<b>Propiedades</b>	<b>Aceites de proceso</b>
Acidez (% ácido oléico)	1 máximo
Peróxidos (meq O <sub>2</sub> /kg)	5 - 8 máximo
Punto de humo (°C)	180 mínimo

Fuente: Evaluación de los factores a nivel laboratorio que inciden en la vida útil de las papas fritas en paquete en la empresa de alimentos Comestibles Ricos LTDA. 2008. Anyela Del Carmen Ñustres Barrera, Olga Lucia Robayo Casallas. p. 94

4.1.9 Enfriamiento. La lleva a cabo el operario número 1 debido que en este paso ha terminado el proceso de selección de materia prima, el cual se encarga de preparar la superficie donde reposa el producto con una capa de papel film (vinipel) de 65 cm de largo por 63 cm de ancho con el fin de cubrir la bandeja de acero inoxidable. La bandeja tiene una capacidad de albergar 127 porciones (l) y no se requiere más de una bandeja para la presente etapa (m). Se recomienda una distancia de 0.3 cm entre las porciones que reposan. Posteriormente se cubre la bandeja con el papel film entre 3 a 5 minutos. En caso de que las porciones presenten una alta temperatura en la superficie se deja otros 5 minutos sin descubrir la bandeja. El papel film es desechado día de por medio.

4.1.10 Prensado. El operario número 1 coloca 6 porciones de plátano con una distancia de 7 cm entre estas con un molde de 10 cm de diámetro. El tiempo estimado de esta operación es de 30 segundos por 6 porciones prensadas y 1 minuto extra debido a que cada porción debe ser cortada en los bordes para mejorar su presentación. Cabe resaltar que en dicha operación se supone que no existe pérdida de producto puesto que los bordes cortados son superpuestos a las porciones que requieren completar el diámetro de 10 cm con la ayuda de la prensa y el respectivo molde.

4.1.11 Incorporación de aditivos. Posteriormente las unidades son colocadas en bandejas perforadas de 60 cm de largo con 58 cm de ancho a una distancia de 0.5 cm entre sí. El producto reposa hasta una temperatura inferior de 20°C, lo que es aproximadamente 8 minutos. Se requieren 2 bandejas (n) para cumplir las condiciones estipuladas anteriormente. Durante el tiempo de espera, el operario número 1 suministra 0.45 g de sal por cada bandeja (o), disponiendo de una gramera para cuantificar la cantidad de sal. Debido al rápido tiempo de despacho del producto no es necesario la incorporación de otro tipo de conservante.

4.1.12 Empaque. Luego de terminar los procesos de lavado y escaldado con previo cambio de guantes, el operario numero 2 prepara 8 bolsas (p) de polipropileno transparente de una capa con dimensiones de 25 cm de largo por 15 cm de ancho usando la selladora de bandas.

Con la ayuda de la gramera se ingresa el producto hasta completar el peso de 1 kg. Se estima un tiempo de 7 minutos con 57 segundos para la obtención de 1 bolsa de presentación de 1 kg de plátano pre frito (q).

4.1.13 Almacenamiento. El plátano que no sea requerido para la venta inmediata es almacenado en el refrigerador a una temperatura de -8°C a cargo del operario número 2. Se hace revisión periódica cada hora del producto terminado con el fin de observar la aparición de cristales, en caso de evidenciar capas de agua congelada en vez de numerosos y pequeños cristales se reduce la temperatura de operación del refrigerador 1°C. Posteriormente se vuelve a efectuar la misma operación hasta la aparición de pequeñas cantidades de agua congelada en la superficie del alimento.

El proceso anteriormente descrito se efectúa en dos etapas del día, reiniciando las labores de los operarios 1 y 2 al hacer el paro de operaciones por horario de almuerzo. Como la recepción de materia prima se hace dos veces por semana en una sola entrega a horarios de la mañana, el operario 1 queda a cargo de las operaciones de traslado de materia prima, enfriamiento, prensado e incorporación de aditivos en los otros días.

La producción por hora estipulada genera una cantidad de producto ligeramente menor al manejado actualmente. Dicha cantidad mantiene prácticamente constante el ingreso de plátano pre frito al refrigerador. Se estima que la capacidad máxima de almacenamiento del equipo se llena en:

$$\frac{1h}{7.54 Kg} * \frac{0.9214 Kg}{L} * \frac{387 L}{refrigerador} \cong 47.3 \frac{h}{refrigerador}$$

El valor obtenido estima que el equipo manejado actualmente presenta una capacidad limitada. Sin embargo, el rápido despacho del producto bandera al mercado explica el por qué la empresa no requiere incorporar un segundo equipo. Cabe resaltar que al incrementar el volumen de producción la empresa presentará inconvenientes de almacenamiento, por lo que se recomienda implementar un refrigerador de mayor capacidad y a partir de la estandarización de todos los procesos de fabricación de las presentaciones de plátano con base a la presente propuesta, se estima la capacidad que requiere el nuevo equipo. Adicionalmente, estandarizar los procesos de las demás presentaciones presenta valores reales de ingreso de materia prima para obtener las cantidades deseadas de producto por día.

4.1.14 Rendimiento de la propuesta de mejora. El rendimiento teórico arrojado por el proceso es:

$$\text{Rendimiento}_{\text{proceso estandarizado}} = \frac{7.54 \text{ Kg/h}}{33.4 \text{ Kg/h}} * 100\% = 22,6\%$$

El rendimiento expuesto decrece en considerable medida debido a los tiempos de reposo que sufre el producto semi terminado en las etapas de enfriamiento e incorporación de aditivos. De igual manera, el volumen de producción decrece respecto al que actualmente posee la empresa, pasando de un tiempo de 2 horas con 30 minutos para la producción de 20 kg de plátano pre frito en presentación de kilo a un tiempo de 1 hora para producir 7.54 kg de la misma presentación del plátano, generando un total de 18.85 kg en el tiempo reportado por Productos Colombianos S.A.S. Comparando ambos reportes se obtiene un decrecimiento del volumen de producción del:

$$\% \text{ Volumen producción} = \left(1 - \frac{\text{vol. nuevo}}{\text{vol. actual}}\right) * 100 = \left(1 - \frac{18.85 \text{ Kg}}{20 \text{ Kg}}\right) * 100 = 5.75\%$$

Como se menciona anteriormente, tanto el rendimiento como el volumen de producción se ven directamente afectados por los tiempos de reposo, los cuales en la práctica pueden variar considerablemente.

## 4.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Luego de presentar la propuesta del proceso de producción de plátano pre frito se enlistan los costos de implementación sin tener en cuenta el costo de instalación, transporte ni de gasto mensual de servicios. Adicionalmente aquellos costos de equipos, instrumentos e insumos que no son reportados son debido a que la empresa cuenta con estos y utiliza la mismas dimensiones/cantidades y proporciones reportadas en la propuesta.

Cabe destacar que todos los costos que se reportan a continuación son en pesos colombianos (COP) y son vigentes al año de entrega del documento. Los procesos de empaque, prensado y almacenamiento no presentan un incremento de costos de implementación, por consiguiente no son mencionados.

4.2.1 Recepción de materia prima. Para el almacenamiento de la materia prima se requieren 3 tanques los cuales poseen un costo de \$43,000 pesos por unidad, adicionalmente se requieren 16,2 kg de aserrín por recipiente, el cual posee un valor de \$9,000 pesos por bolsa de 20 kg. Suponiendo un cambio mensual del aserrín, el costo de la presente etapa es:

$$\text{Costo}_{\text{tanques}} = \$48,000 * 3 = \$144,000 \text{ pesos}$$

$$Costo_{aserrín} = 17,5 \text{ Kg} * \frac{\$9,000}{20 \text{ Kg}_{aserrín}} * 3 = \$151,900 \text{ pesos}$$

El costo del contenedor plástico para la operación de traslado es de \$5,400 pesos. Por consiguiente:

$$Costo_{inversión} = \$144,000 + \$5,400 = \$149,400 \text{ pesos}$$

4.2.2 Lavado. Se requiere 1 recipiente plástico de 10 L de capacidad con un costo de **\$5,400 pesos** de inversión y 0.5 g de cloro el cual posee un valor de \$8,000 pesos en presentación de 10 kg. La solución de cloro se pretende cambiar día de por medio y se opera 6 días por semana. El costo mensual del cloro es igual a:

$$Costo_{cloro \text{ mensual}} = \frac{0.5 \text{ g}_{cloro}}{2 \text{ días}} * \frac{24 \text{ días de op.}}{1 \text{ mes}} * \frac{\$8000 \text{ pesos}}{1000 \text{ g}_{cloro}} = \$48 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}}$$

El costo obtenido es pequeño por la poca cantidad de cloro requerido. Por consiguiente se afirma que 1 kg de cloro en pastillas alcanza para:

$$1 \text{ kg cl} * \frac{2 \text{ días}}{0.5 \text{ g}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ mes}}{24 \text{ días}} = 166,67 \text{ meses}$$

Lo que corresponde a 13 años y 11 meses aproximadamente. Lo que genera que el costo de cloro mensual se pueda incorporar en costos de implementación.

4.2.3 Escaldado. La implementación del tanque de escaldado genera un costo de \$29,900 pesos con una estufa móvil de \$49,900 pesos.

Adicionalmente se requiere un termómetro de \$20,000 pesos y una espátula de acero inoxidable de \$12,900 pesos. El agua del tanque se cambia semanalmente. El costo de la etapa es:

$$Costo_{inversión} = \$29,900 + \$49,900 + \$20,000 + \$12,900 = \$112,700 \text{ pesos}$$

4.2.4 Pelado. En esta etapa se requiere un recipiente de vidrio de 1.5 L de capacidad el cual tiene un costo de inversión de **\$19,900 pesos**. Adicionalmente se requiere limón para la preparación de la solución de 1.15L. El costo del limón es de \$2,550 pesos por kg. Se supone un gasto de 200 cm<sup>3</sup> de la solución de 1.15 L diario de dicha solución. Adicionalmente se utiliza una relación volumétrica respecto al limón del 13%. A partir de los anteriores datos se estima el costo del limón por mes:

$$Costo_{lim \text{ sln}} = \frac{200 \text{ cm}^3_{sln}}{\text{día}} * 0.13 * \frac{60 \text{ g}_{limón}}{37,5 \text{ cm}^3_{limón}} * \frac{\$3,000 \text{ pesos}}{1000 \text{ g}_{limón}} * \frac{24 \text{ días de op.}}{1 \text{ mes}}$$

$$= \$2995.2 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}} \cong 3000 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}}$$

4.2.5 Corte. En esta etapa se requiere del recipiente de 5 L de capacidad donde se deposita la materia prima tanto del pelado como la etapa actual. Puesto que la empresa cuenta con el recipiente mencionado no se requiere de implementar un costo de inversión.

4.2.6 Fritura. Inicialmente el costo del aceite es de \$86,900 pesos por presentación de bidones de 20 L. Como la cabina se llena con 24 L y se estima un cambio semanal de aceite, se obtiene que el costo mensual es:

$$\text{Costo}_{\text{aceite}} = 24 \text{ L} * \frac{\$86,900}{20 \text{ L}} * \frac{4 \text{ cambios}}{\text{mes}} = \$417,120 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}} \cong \$417,150 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}}$$

De igual manera se calcula la pérdida mensual de nivel del aceite, el cual se halla con base a la relación de aceite perdido por ingreso de plátano a la fritura y el rendimiento del plátano sin cáscara de la sección 2.5 del presente documento:

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{\text{pérdida nivel aceite}} &= \frac{18.5 \text{ Kg}}{h} * \frac{3.946 \text{ L}}{21 \text{ Kg}} * \frac{\$86,900 \text{ pesos}}{20 \text{ L}} * \frac{8 \text{ h}}{\text{día}} * \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}} \\ &= \$2'900,017 \text{ pesos} \cong \$2'900,050 \text{ pesos} \end{aligned}$$

Al sumar los anteriores valores se obtiene un gasto mensual de aceite igual a:

$$\$ 417,150 \text{ pesos} + \$ 2'900,050 \text{ pesos} = \$ 3'317,200 \text{ pesos}$$

Posteriormente, se debe hablar de los costos de control para el insumo a implementar, donde la implementación se efectúa al cambiar de insumo. Como se propone un cambio de aceite de fritura se estima un costo de evaluación a la calidad del aceite de fritura el cual lo componen:

- Índice de Peróxidos= \$35,000
- Índice de acidez= \$24,000
- Punto de humo= \$10,000
- Porcentaje de humedad = \$24,900

$$\text{Costo calidad aceite} = \$35,000 + \$24,000 + \$10,000 + \$24,900 = \$93,900 \text{ pesos}$$

Como el precio del análisis no incluye IVA se incrementa el 19% del valor de los análisis:

$$= \$93,900 + 19\% \text{ IVA} = \$111,741 \text{ pesos} \cong \$11,750 \text{ pesos}$$

Dichos análisis son de carácter obligatorio al cambiar el aceite de fritura y en caso que el proveedor no brinde las especificaciones requeridas.

Posteriormente se requiere estimar la vida útil del aceite, el cual se realiza con los índices de acidez y peróxido y el análisis de punto de humo. Como se mencionó en la estandarización del proceso, para efectuar el seguimiento del deterioro se toman 4 muestras, por lo que el valor total de las pruebas se cuadruplica:

$$\text{Costo vida útil del aceite} = 4 * (\$35,000 + \$24,000 + \$10,000) = \$276,000 \text{ pesos}$$

Incrementando el 19% del IVA se obtiene:

$$\$276,000 + 19\% \text{ IVA} = \$328,440 \text{ pesos} \cong \$ 328,450 \text{ pesos}$$

Dichos análisis se ejecutan anualmente o inmediatamente al notar un ciclo de vida degenerativo al mantener las mismas condiciones tanto de operación como de salubridad y calidad expuestas en el documento.

4.2.7 Enfriamiento. Con el fin de cubrir la totalidad de la superficie de las bandejas con el papel film, se incrementa un 18% (17,7% exactamente) en base al área de estas.

$$\text{área bandejas} = 60\text{cm} * 58 \text{ cm} = 3,480 \text{ cm}^2$$

$$\text{área requerida} = 3,480\text{cm}^2 + 0,18 * 3,480\text{cm}^2 = 4,095 \text{ cm}^2$$

El costo del plástico es de \$29,900 pesos por rollo, el cual se cambia cada día de por medio, por lo que el costo del papel film al mes se despeja de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{\text{papel film}} &= \frac{4,095 \text{ cm}^2}{2 \text{ días}} * \frac{\$29,900}{50\text{cm} * 350\text{m}} * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} * \frac{24 \text{ días de op.}}{1 \text{ mes}} \\ &= \$839,6 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}} \cong \$850 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

4.2.8 Incorporación de aditivos. El costo de la sal por kg es de \$950 pesos. Basándose en la producción de 7.54 kg/h se obtiene que el gasto mensual es de:

$$\begin{aligned} \frac{7.54 \text{ Kg plátano}}{h} * \frac{1\text{g sal}}{4,5 \text{ Kg plátano}} * \frac{8 \text{ h}}{\text{día}} * \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}} * \frac{\$950}{1,000 \text{ g}} &= \$305.62 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}} \\ &\cong \$350 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

4.2.9 Resumen de costos. A continuación se presenta el resumen de costos de inversión de la empresa y su respectiva ganancia, donde los valores.

Tabla 2. Costos actuales de fabricación del plátano pre frito presentación de kg.

Etapa	Insumo	Cantidad por mes	Costo unitario	Subtotal	Costo por etapa
Recepción	Bulto de plátano (kg)	62,5	\$ 6.000	\$1.625.000	\$1.625.000
Fritura	aceite (L)	4,8	\$ 82.000	\$ 393.600	\$1.760.949
	pérdida de aceite (L)	14,41		\$1.183.349	
	Gas (\$)	-	\$184.000	\$ 184.000	
Empaque	Bolsas de polipropileno	1536	\$ 420	\$ 645.120	\$ 645.120
	Selladora: Luz (kWh)	165	\$ 433	\$ 71.410	\$ 71.410
Almacenamiento	Refrigerador Luz (kWh)				
Prensado	Prensa (kWh)				
				<b>Total</b>	<b>\$4.102.500</b>

Y por consiguiente las ganancias de la venta del producto:

Tabla 3. Relación del costo de elaboración y ganancia del producto actual por mes.

Variable	Cantidad	Valor unitario	Costos
Producto terminado (kg)	1536	\$ 6.000	\$ 9.216.000
Gastos totales por mes	-	-	\$ 4.102.500
		<b>Ganancia</b>	<b>\$ 5.113.500</b>

Cabe resaltar que estos costos son aproximados a los que realmente maneja la empresa, sin embargo sirven como de referente teórico para la comparación con la propuesta de mejora. Adicionalmente, la ganancia expuesta no incluye los gastos de administración de personal ni de transporte. El estudio del producto bandera abarca los meses de junio a noviembre de 2016, donde se toma como base la producción de 20 kg de plátano pre frito en un tiempo de 2.5 horas. De la misma forma se presentan los costos de la propuesta de mejora iniciando con los costos de inversión, posteriormente se exponen los costos mensuales que resultan debido a la implementación y por último la ganancia:

Tabla 4. Resumen de los costos de inversión de la propuesta de mejora por etapa.

Etapa	Implementación	Unidades	Costo unitario (\$COP)	Subtotal (\$COP)	Costo por etapa (\$COP)
Recepción	Tanque almacenamiento	3	\$ 48.000	\$ 144.000	\$ 149.400
	Contenedor plástico	1	\$ 5.400	\$ 5.400	
Lavado	Recipiente de lavado	1	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 13.400
	Cloro en pastillas (g)	1	\$ 8.000	\$ 8.000	
Escaldado	Tanque de escaldado	1	\$ 29.900	\$ 29.900	\$ 112.700
	termómetro	1	\$ 20.000	\$ 20.000	
	Estufa movible	1	\$ 49.900	\$ 49.900	
	Espátula de acero inox.	1	\$ 12.900	\$ 12.900	
Pelado	Recipiente de vidrio	1	\$ 19.900	\$ 19.900	\$ 19.900
<b>Total</b>					<b>\$ 295.400</b>

A continuación se presentan los costos de la propuesta subrayando los nuevos gastos:

Tabla 5. Costos de la propuesta de fabricación del plátano pre frito.

Etapa	Insumo	Cantidad por mes	Costo unitario	Subtotal	Costo por etapa
Recepción	Bulto de plátano (kg)	62,5	\$ 26.000	\$1.625.000	\$ 1.695.969
	<u>aserrín (kg)</u>	7,875	\$ 9.000	\$ 70.875	
Lavado previo	Agua en lavado superficial (L)	50	\$ 1,88	\$ 94	\$ 102
Lavado	Agua (L)	54			
Escaldado	Agua (L)	5,32	\$ 1,88	\$ 10	\$ 12.994
	Estufa: luz (kWh)	30	\$ 432,79	\$12.984	
Corte	<u>solución agua con limón (L)</u>	0,998	\$ 3.000	\$ 2.995	\$ 2.995
Fritura	Gas (\$)	-	\$184.000	\$ 184.000	\$ 3.501.137
	aceite (L)	4,8	\$ 86.900	\$ 417.120	
	<u>pérdida aceite (L)</u>	33,372		\$2.900.017	
Enfriamiento	Papel Film (m <sup>2</sup> )	0,0281	\$ 29.900	\$ 840	\$ 840
Incorporación de aditivos	Sal (g)	0,5803	\$ 950	\$ 551	\$ 551
Empaque	Rollo de polipropileno de una capa (bolsas)	2496	\$ 188,24	\$ 469.847	\$ 469.847
	Selladora: Luz (kWh)	264	\$ 432,79	\$ 114.256	\$ 114.256
Almacenamiento	Refrigerador Luz (kWh)				
Prensado	Pataconera (kWh)				
<b>Total</b>					<b>\$ 5.798.700</b>

De igual manera se presenta la relación efectuada anteriormente con los costos actuales de la empresa:

Tabla 6. Relación del costo de elaboración y la ganancia del producto de la propuesta de mejora.

Variable	Cantidad	Valor unitario	Costos
Producto terminado (kg)	1448	\$ 6.000	\$ 8.688.080
Gastos totales por mes	-	-	\$ 5.798.700
<b>Ganancia</b>			<b>\$ 2.889.300</b>
<b>Ganancia con 10 kg/h</b>			<b>\$ 5.721.300</b>

Como se puede comparar en las tablas 4 y 6 el costo de obtener el producto es disparejo debido al tiempo de espera en las operaciones de enfriamiento y prensado de la propuesta de mejora, generando un descenso de la ganancia esperada de aproximadamente \$2'400,000 pesos. Por consiguiente se presenta debajo de la ganancia estimada un valor con la fabricación de 10kg/h, producto de la reducción de la etapa de reposo del producto prensado de 8 a 3 minutos. Como se puede observar con solo una leve modificación en el tiempo de operación del proceso incrementa considerablemente la ganancia esperada, por lo que es recomendable reducir el tiempo de reposo estipulado, sobretodo que dicho valor es susceptible a cambios en el momento de su aplicación real. Adicionalmente, el costo estimado de la implementación incrementa alrededor de \$1'700,000 mensuales debido al suministro de plátano en el proceso de fritura que incrementa el costo de aceite alrededor de \$1'740,000 pesos, junto con esto se destaca la reducción en el costo del empaque de aproximadamente \$175,300 pesos debido al cambio del plástico utilizado. La incorporación de la propuesta de mejora frente a las falencias encontradas en el desarrollo del documento presenta incrementos elevados únicamente en la fritura, dando como resultado que el valor reportado de gastos actuales de la empresa es inferior, sin embargo no significa que sea benéfico para la empresa. La incorporación de la propuesta ayuda a cumplir parámetros de calidad y la estandarización del proceso del producto estudiado.

Por último, la incorporación de la propuesta de mejora organiza la secuencia del proceso y las tareas designadas por operario, donde la repetición lleva a la reducción en los tiempos de operación y la obtención de un producto estandarizado a menor tiempo, siendo el valor más alto posible alcanzado por la propuesta de 14 kg/h, es decir, la misma cantidad que se obtiene luego de la fritura. Para obtener dicho valor se requiere de manipular la sección de enfriamiento e incorporación de aditivos, donde se presenta la etapa crítica de operación reportando el mayor tiempo de espera para ingreso al prensado y empaque.

## 5. CONCLUSIONES

- Se identificaron las etapas de almacenamiento, lavado, pelado y fritura como puntos críticos del proceso de fabricación de plátano pre frito, debido al constante riesgo de contaminación cruzada, poco espacio disponible de materia prima con un acelerado proceso de maduración, ausencia de un procedimiento de lavado y elevados tiempos de operación donde los operarios no tienen tareas específicas.
- Se analizó el procedimiento de producción de plátano pre frito de presentación de kg en donde se implementaron evaluaciones físicas al proceso y un análisis de laboratorio al aceite de fritura, obteniéndose un rendimiento del proceso respecto al plátano con cáscara del 45% y sin cáscara del 75.71%, el porcentaje de pérdida de peso del plátano debido al pelado con un valor de 39.05%, la pérdida de materia prima por pardeamiento enzimático la cual se encuentra en un rango 1% al 3% y por último la pérdida de aceite durante el proceso de fritura con una relación de 0.188 L por kg suministrado. Al analizar el aceite de fritura se llegó a la conclusión de su riesgo al utilizarlo en el proceso debido a su alto contenido de peróxidos incluso sin ser suministrado al ciclo.
- Se seleccionaron las alternativas de mejora por etapa y se trataron especialmente los puntos críticos del proceso basándose en la disponibilidad del espacio dentro de la planta de operaciones y la facilidad de acceso a las implementaciones de mejora, donde se destacan el uso de contenedores con aserrín para reducir la velocidad de maduración del plátano, implementación de un sistema de lavado con cloro y posterior proceso de escaldado que brinda mejores condiciones de higiene a la cáscara, estandarización del ciclo de fritura con una propuesta de una mezcla de aceites vegetales, cuantificación de pérdidas por materia prima ingresada y una secuencia lógica con sus respectivas condiciones de operación.
- La propuesta de estandarización reportó un rendimiento teórico del 22.6% en relación de kg de plátano con cáscara, la cual es menor frente al rendimiento manejado por productos Colombianos S.A.S. El volumen de producción de la propuesta de mejora reportó un decrecimiento del 5.75%, elaborando 18.85 kg de plátano pre frito en un tiempo de 2 horas y 30 minutos, en dicho tiempo la empresa prepara 20 kg de la presentación mencionada. Los valores reportados de la propuesta de mejora se encuentran ligados a los tiempos de reposo teóricos de los procesos de enfriamiento e incorporación de aditivos, lo que genera que dichos datos sean susceptibles a cambios al poner la propuesta en práctica.

- El costo estimado de la implementación incrementa alrededor de \$1'700,000 mensuales debido al incremento de plátano suministrado a la fritura por hora. La comparación de la ganancia entre el proceso actual y el proceso expuesto en el presente documento expone una expectativa factible de implementación luego de reducir los tiempos de la etapa de enfriamiento (4.2.7) y de reposo en la incorporación de aditivos (4.2.11), debido al descenso de flujo de plátano por hora lo cual afecta directamente las ganancias mensuales, las cuales sin variar los tiempos de dichas etapas reducen las ganancias de \$2'400,000 pesos. Adicionalmente, se expone un incremento de la ganancia mensual al variar la producción de plátano pre frito por hora, lo que conlleva a reducir los tiempos de producción anteriormente mencionados durante la implementación en la planta. Cabe resaltar que tanto los tiempos de estandarización como los costos previstos son basados en referentes teóricos, donde estos valores reportados varían a los que se pueden obtener actualmente.

## 6. RECOMENDACIONES

- Dividir el cuarto de operaciones de la residencia familiar con el fin de evitar que personas y objetos externos entren en contacto directo o indirecto con la planta.
- Acomodar los equipos de acuerdo a la secuencia en línea que lleva el proceso descrito. Adicionalmente adaptar el cuarto con baldosas epóxicas en pisos, techos, paredes, utilizar prendas claras debidamente desinfectadas y prohibir el uso de objetos que no hagan parte del proceso de producción.
- Contratar un servicio de laboratorio para efectuar índices de acidez, peróxidos, punto de humo, porcentaje de humedad y de ácido linoléico al posible aceite de fritura o pedir la ficha técnica con la información pertinente del insumo, con el fin de confirmar la calidad del insumo con base a la normativa vigente, siendo la NTC 400 la norma que brinda la información requerida para el insumo recomendado en la estandarización.
- Para implementar las alternativas expuestas se recomienda seguir en detalle el proceso de producción expuesto en el numeral 4.1. Para incrementar el volumen de producción se deben asignar las tareas de los operarios según las capacidades que presenten en el proceso y mantener los roles posteriormente a identificar la etapa donde mejor se desempeña cada operario.
- Realizar la evaluación de costos luego de implementar las relaciones de estandarización basándose en 1 hora de producción para cuantificar cantidades de insumos y tiempos reales de operación. Adicionalmente, obtener la ficha técnica de los equipos con el fin de conocer el consumo de operación para estimar resultados más certeros.

## BIBLIOGRAFIA

ANSEJO VERA, Judit; MORALES DE LOS RÍOS, Laura; SAINZ URRUELA, Raquel y TAPIA HERNÁNDEZ, Lidia. Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos. Universidad Complutense, Madrid, España. p. 12. [Artículo en línea]. [Citado el 8 de Marzo de 2016]. Disponible en: <[http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion\\_frutos.pdf](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf)>

ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ. Publicado el 2011. Cultivo de plátano. Guatemala. Aspectos técnicos. [Página en línea]. [Citado el 2 de Febrero del 2016] Disponible en internet: <[http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo\\_de\\_platano](http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_platano)>

BOLAÑOS, Nuria; LUTZ, Giselle y HERRERA, Carlos. Química de alimentos: Manual de laboratorio. Editorial: Universidad de Costa Rica. 2003. p. 39

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Publicado el 20 de agosto de 2012. Etiqueta, envase, empaque y embalaje. p. 6. [Presentación en línea]. [Citado el 20 de marzo de 2016]. Disponible en internet: <<http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/11279/100000805.pdf?sequence=1>>

CARDENAS, N. Comparación de la absorción de grasa entre plátano hartón verde (Musa Paradisiaca) crudo y precocido, después de la fritura en mezcla de aceites vegetales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 2012. p. 20

CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE NICARAGUA. Publicado en Agosto del 2012. Manual tecnológico para el proceso de “tajadas fritas de plátanos para exportación”. Nicaragua p. 7. [Artículo en línea]. [Citado el 5 de Febrero de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Portal%20Empresarial/121015%20Manual%20tecnol%C3%B3gico%20para%20el%20proceso%20de%20tajadas.pdf>>

DE LA ROSA, M.; MOSSO, M. y ULLÁN, C. [Publicado en 2002]. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Vol. 5. 2002. p. 376. [Artículo en línea]. [Citado el 8 de Marzo de 2016]. Disponible en: <<http://divulgameteo.es/uploads/Aire-microorganismos.pdf>>

DOMÍNGUEZ, L; Ros C. Manipulador de alimentos: la importancia de la higiene en la elaboración y servicio de comidas. Editorial Vigo. España. 2007. p. 34-35

HAMILTON, R. The chemistry of rancidity in foods. Segunda edición. Editor Allen J.; J. Hamilton. Londres. 1989.

HERNANDEZ, L. y VIT, P. El plátano: un cultivo tradicional con importancia nutricional. Revista del Colegio de farmacéuticos del estado Mérida. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. Septiembre de 2009. Vol II. p. 1 [en línea]. [Citado el 2 de Febrero del 2016]. Disponible en internet: <[http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/3/ff2009\\_iiplatano.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/3/ff2009_iiplatano.pdf)>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486 (Sexta actualización). Bogotá D.C. 2008. 41 p.

\_\_\_\_\_. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C. 2008. 33 p.

\_\_\_\_\_. Plátanos, clasificación. NTC 1190. Bogotá D.C. 1976. 5 p.

\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá D.C. 1998. 23 p.

INSTITUTO DE CERÁMICA Y VIDRIO (ICV). Prevención de riesgos en lugares de trabajo. Madrid, España. p. 223

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Publicado el 15 de Mayo de 2015. CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES PRINCIPALES Y MUNICIPIOS TURÍSTICOS. Ministerio de Medio Ambiente. Colombia. p. 4. [Documento en línea]. [Citado el 10 de Enero de 2017]. Disponible en: <<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>>

LERCKER G.; CARRASCO A. Publicado en 2010. El proceso culinario de fritura y el uso de aceite de oliva en el mismo. Capítulo 10. Andalucía, España. p. 295. [Libro en línea]. [Citado el 13 de Abril de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.economiaandaluza.es/sites/default/files/capitulo%2010.pdf>>

LUCAS, A.; QUINTERO, C.; VASCO, L. y MOSQUERA A. Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (*Musa paradisiaca* L.). Lasallista Investig. vol.9 no.2 Caldas Julio. 2012

MEJÍA, G. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO y QUÍMICO POSCOSECHA DEL PLÁTANO DOMINICO HARTON (*MUSA AAB SIMMONDS*) CULTIVADO EN EL MUNICIPIO DE BELALCAZAR (CALDAS). Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. 2013. p. 24

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAGRAMA). Publicado el 9 de Noviembre del 2003. Plátano. España. [Consulta en línea]. [Citado el 2 de Febrero del 2016]. Disponible en internet: <[http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/platano\\_tcm7-315357.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/platano_tcm7-315357.pdf)>

MONTERO, H. Publicado en 1998 .Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post-cosecha de frutas y hortalizas Módulo 5. Magdalena, Colombia. Segunda edición. [Página en línea]. [Citado el 8 de Febrero del 2016]. Disponible en internet: <[http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21\\_1/alephe/www\\_f\\_spa/icon/25861/cd/html/modulo5.html](http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/25861/cd/html/modulo5.html)>

MUÑOZ ROJAS, Andrea; VEGA VIERA, Jhonas y ORTECHO KURIAKI, José. Efecto en la temperatura, oxígeno y luz en la oxidación de grasas. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú. 2014. p. 3

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Publicado en noviembre de 2008. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana, Consulta de expertos. Ginebra. p. 15. [Artículo en línea]. [Citado el 15 de Marzo de 2016]. Disponible en internet: <<http://www.fao.org/docrep/017/i1953s/i1953s.pdf>>

\_\_\_\_\_. Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos. Capítulo 6: Selección de usos de las grasas y de los aceites en la alimentación. 1993. p. 1

REKLAITIS, G. y Schneider, Daniel. Balances de materia y energía. México D.F. Editorial Interamericana. 1986. p. 11 y 12

SÁNCHEZ CÓRDOBA, Tito; ALDRETE, Arnulfo; CETINA ALCALÁ, Víctor y UPTON LÓPEZ, Javier. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. 2008. Revista Madera y bosques p. 42 y 47

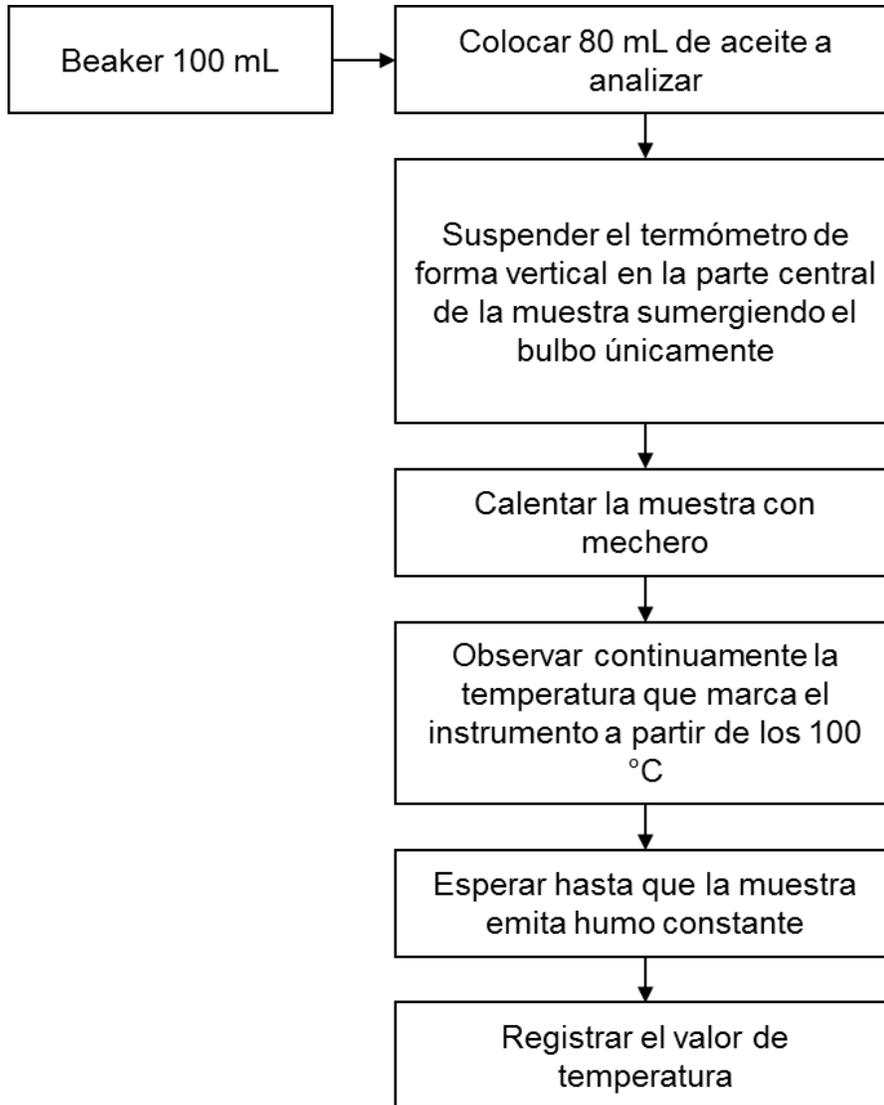
TESTO. Publicado en 2015. Cartilla práctica Medición del aceite de fritura. Sede Argentina. p. 12. [Artículo en línea]. [Citado el 15 de Marzo de 2016]. Disponible en internet: <[https://www.testo.com.ar/media/local\\_media/Guia\\_sobre\\_calidad\\_de\\_aceite\\_de\\_fritura\\_2015\\_ES.pdf](https://www.testo.com.ar/media/local_media/Guia_sobre_calidad_de_aceite_de_fritura_2015_ES.pdf)>

TIRADO ARMESTO, Diego; ACEVEDO CORREA, Diofanor y GUZMÁN, Luís E. Freído por inmersión de los alimentos. Universidad de Cartagena, Colombia. 2012. p. 74

UMAÑA CERROS, Eduardo. Conservación de alimentos por frío. FIAGRO y FUSADES PROINNOVA. El Salvador. 2011. p. 20

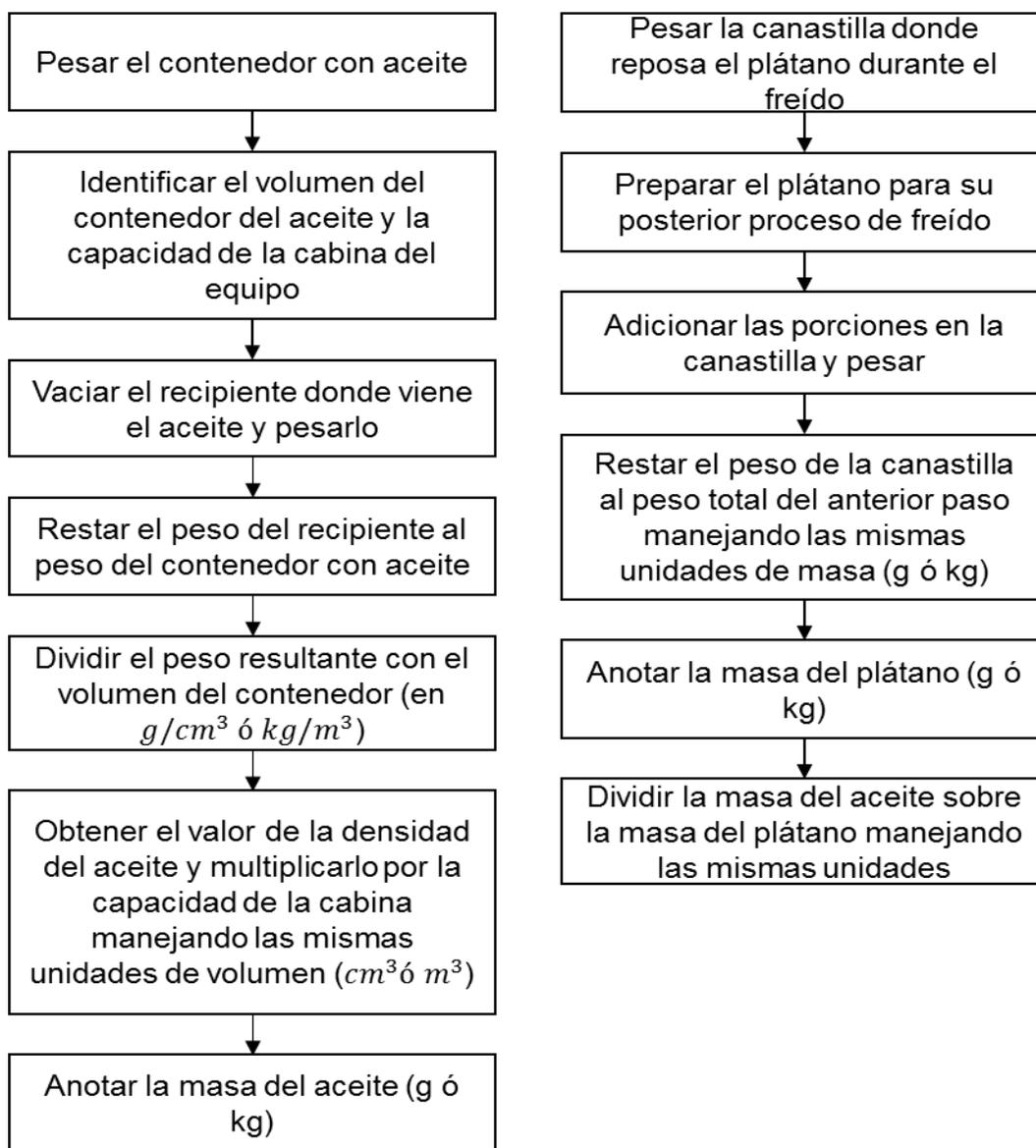
VIERA GUERRERO, Jessica P. Publicado el 22 de Junio de 2005. Estabilidad del aceite de fritura de chifles. Universidad de Piura. Perú. 2005. p. 7. [Documento en línea]. [Citado el 14 de Marzo de 2016]. Disponible en: <[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1485/ING\\_436.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1485/ING_436.pdf?sequence=1)>

ANEXO A.  
DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE HUMO SEGÚN LA NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA 5874 DE 2007.



Fuente: Norma Técnica Colombiana 5874 de 2007

ANEXO B.  
CÁLCULO DE RELACIÓN MÁSCICA DE MATERIA PRIMA/ACEITE.



A continuación se muestra el procedimiento numérico del cálculo reportado conociendo los siguientes datos:

- Volumen del recipiente del aceite: 5,000 cm<sup>3</sup>.
- Peso del recipiente con aceite: 4,716 g.
- Peso del recipiente vacío: 109 g.
- Capacidad de la cabina del equipo (Cc): 24,000 cm<sup>3</sup>.
- Peso de la canastilla vacía (pcv): 578 g.
- Peso de la canastilla llena (pcf): 4,654 g (pcf<sub>1</sub>), 3,892 g (pcf<sub>2</sub>) y 1,325 g (pcf<sub>3</sub>),.

$$\rho_{\text{aceite}} = \frac{m_{\text{aceite}}}{V_{\text{aceite}}} = \frac{4,716g - 109g}{5,000\text{cm}^3} = 0.9214 \frac{g}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Peso}_{\text{aceite}} = \rho_{\text{aceite}} * Cc = 0.9214 \frac{g}{\text{cm}^3} * 24,000\text{cm}^3 = \mathbf{22,113.6 g}$$

$$\text{Peso}_{\text{plátano } 1} = pcf_3 - pcv = 4,654 g - 578 g = \mathbf{4,076 g}$$

$$\text{Peso}_{\text{plátano } 2} = pcf_2 - pcv = 3,892 g - 578 g = \mathbf{3,314 g}$$

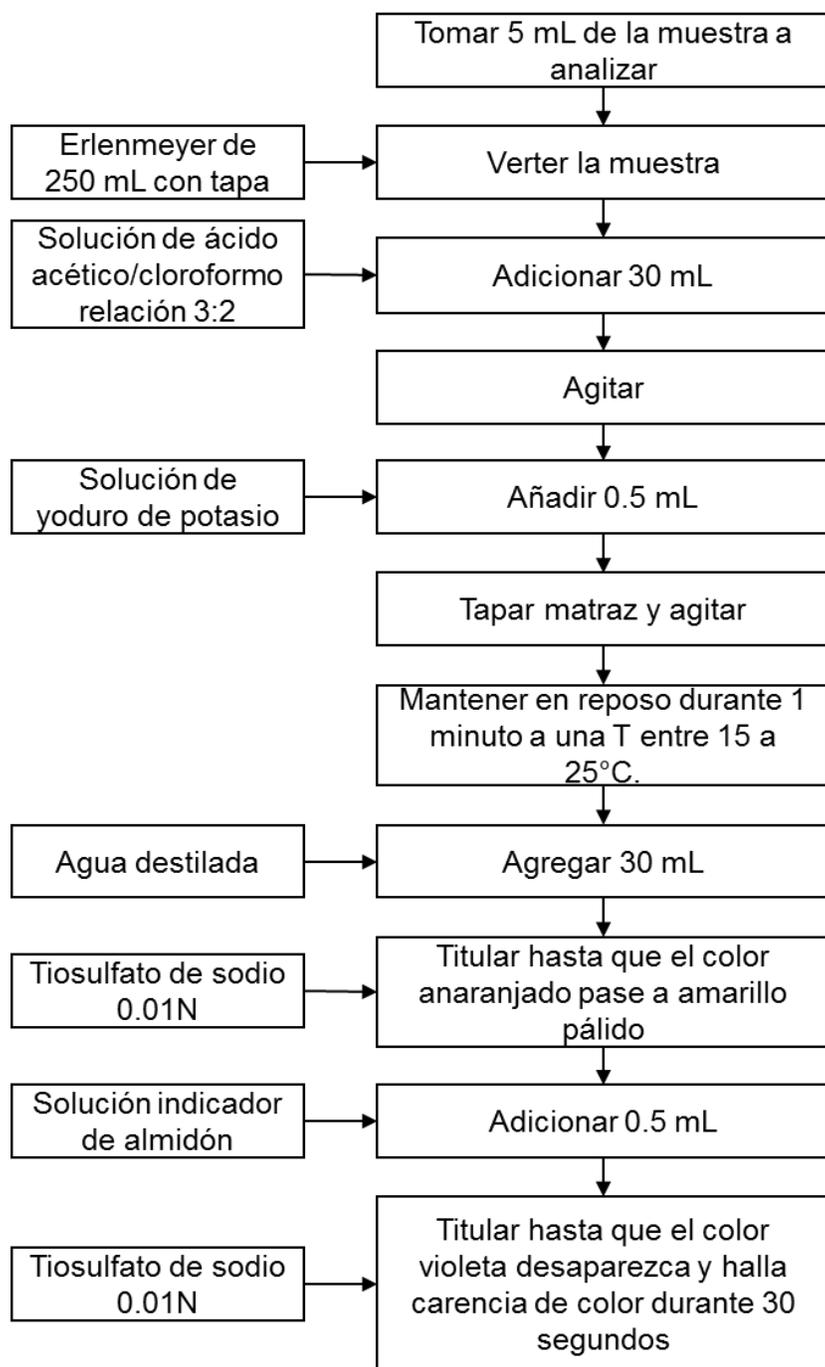
$$\text{Peso}_{\text{plátano } 3} = pcf_1 - pcv = 1,325 g - 578 g = \mathbf{747 g}$$

$$\text{Relación másica}_1 = \frac{\text{Peso}_{\text{aceite}}}{\text{Peso}_{\text{plátano } 1}} = \frac{22,113.6 g}{4,076 g} = 5.425 \cong \mathbf{5}$$

$$\text{Relación másica}_2 = \frac{\text{Peso}_{\text{aceite}}}{\text{Peso}_{\text{plátano } 2}} = \frac{22,113.6 g}{3,314 g} = 6.673 \cong \mathbf{7}$$

$$\text{Relación másica}_3 = \frac{\text{Peso}_{\text{aceite}}}{\text{Peso}_{\text{plátano } 3}} = \frac{22,113.6 g}{747 g} = 29.603 \cong \mathbf{30}$$

ANEXO C.  
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO EN GRASAS Y ACEITES  
VEGETALES SEGÚN LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 236 DEL 2011.



Fuente: Norma Técnica Colombiana 236 del 2011.

ANEXO D.  
CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO, PÉRDIDA DE FRUTO POR  
PARDEAMIENTO Y PORCENTAJE EN PESO DE LA CÁSCARA.

Con base a los datos obtenidos con la ayuda de la gramera se reportan los siguientes pesos:

Plátano con cáscara (pcc): 11.384 kg  
Plátano sin cáscara (psc): 6.939 kg  
Plátano cortado por pardeamiento (pcp): 6.731 kg  
Plátano pre frito (ppf): 5.096 kg

Rendimiento con cáscara:

$$\text{Rendimiento} = \frac{ppf}{pcc} * 100 = \frac{5.096 \text{ kg}}{11.384 \text{ kg}} * 100 = 44.76\% \cong \mathbf{45\%}$$

Rendimiento sin cáscara:

$$\text{Rendimiento} = \frac{ppf}{pcp} * 100 = \frac{5.096 \text{ kg}}{6.731 \text{ kg}} * 100 = \mathbf{75.71\%}$$

Pérdida de fruto por pardeamiento:

$$\% \text{ pérdida fruto} = \left(1 - \frac{pcp}{psc}\right) * 100 = \left(1 - \frac{6.731 \text{ kg}}{6.939 \text{ kg}}\right) * 100 = 3\%$$

Forma alterna de solución:

$$\% \text{ pérdida fruto} = \frac{psc - pcp}{psc} * 100 = \frac{6.939 \text{ kg} - 6.731 \text{ kg}}{6.939 \text{ kg}} * 100 = 3\%$$

Porcentaje en peso de cáscara:

$$\% \text{ peso cascara} = \left(1 - \frac{psc}{pcc}\right) * 100 = \left(1 - \frac{6.939 \text{ kg}}{11.384 \text{ kg}}\right) * 100 = \mathbf{39.05\%}$$

Otra forma de solución

$$\% \text{ peso cascara} = \frac{pcc - psc}{pcc} * 100 = \frac{11.384 \text{ kg} - 6.939 \text{ kg}}{11.384 \text{ kg}} * 100 = \mathbf{39.05\%}$$

**ANEXO E.**  
**FALENCIAS DE PRODUCTOS COLOMBIANOS S.A.S. RESPECTO AL**  
**DECRETO 3075 DE 1997.**

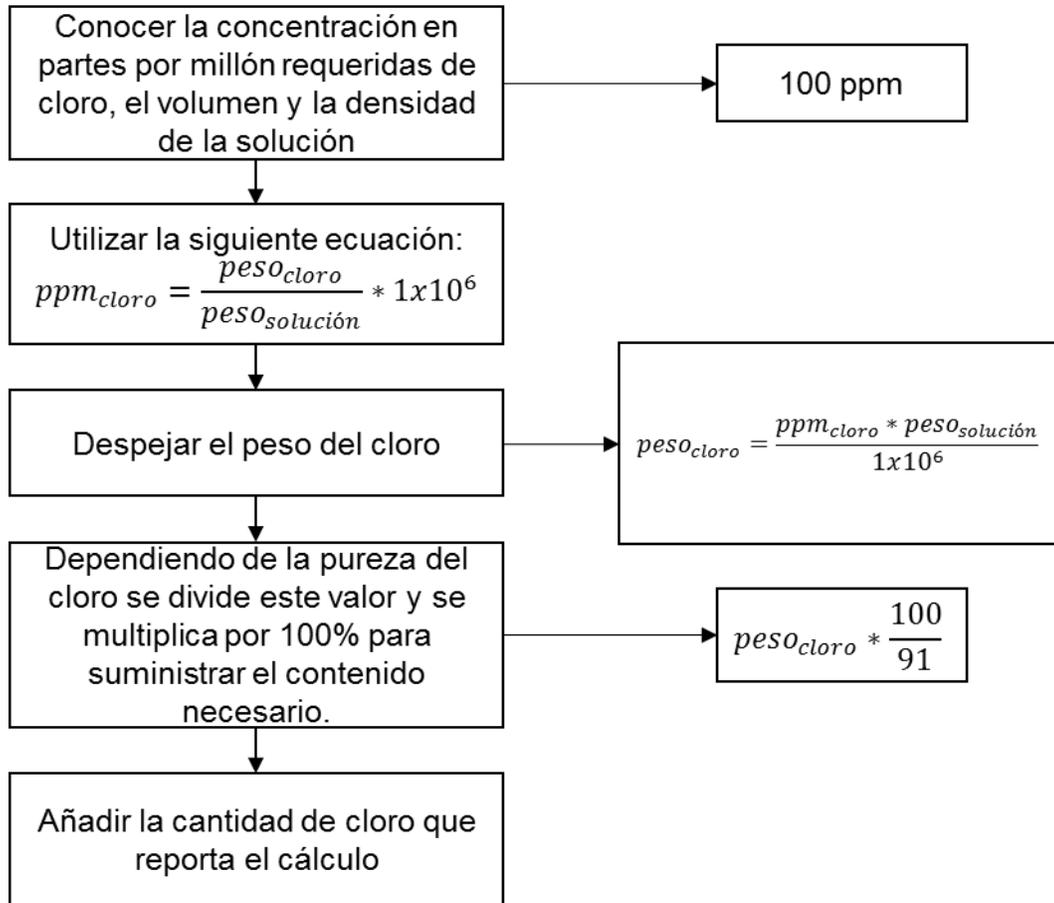
Las características actuales que no cumplen con la normativa estipulada en el decreto 3075 de 1997 se mencionan a continuación:

<b>Tema</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Propuesta de mejora</b>
Salubridad	Depósitos de basuras dentro del cuarto de operaciones.	Depositar residuos en bolsas que tengan un egreso controlado y constante.
	Humedad presente en los espacios de la planta. Pisos porosos, absorbentes de agua.	Contratar profesional para eliminar todo tipo de humedad presente en paredes y pisos. Posteriormente implementar cerámicas epóxicas en pisos y paredes.
	Ingreso de polvo por entrada de aire de los exteriores.	Instalar extractor para el egreso de vapores generados en la fritura.
	Contaminación cruzada con producto terminado por falta de espacios para almacenamiento.	Distribuir los espacios de la planta según la secuencia del proceso e invertir en otro refrigerador.
	Falta de disposición correcta de los residuos orgánicos.	Acondicionar el espacio destinado a los residuos con cuarto refrigerado.
	Descontaminación previa de materias primas.	Implementar procesos de lavado y escaldado con las condiciones expuestas en el capítulo 4 del presente documento.
	Disposición de envases.	Almacenar el material del envase con excelentes condiciones de salubridad y disponer de un desinfectante (como alcoholes, glutaraldehidos o desinfectantes clorados) para la superficie que entra en contacto con el alimento.
Instalaciones	Instalaciones compuestas por materiales corrosibles.	Cambiar las tuberías expuestas al ambiente del proceso de operación con material cerámico o plástico o utilizar un recubrimiento en los materiales en caso de ser muy costoso su cambio.
	Falta de drenaje en el cuarto de operaciones.	Implementar sistema de drenaje de 10 cm de diámetro por cada 40 m <sup>2</sup> de área servida y cerciorarse de la pendiente mínima de los pisos la cual debe ser del 2%.
	Pared de carácter absorbente sin recubrimiento con pintura plástica.	Implementar paredes de cerámica con recubrimiento de pintura epóxica.
	Acabados entre paredes, pisos y techos no son redondos.	Contratar especialista para adecuar los acabados de la planta.
	Puertas manuales para el ingreso a la planta.	Implementar puertas autocerrables para mantener las condiciones atmosféricas diferenciables deseadas.
	Iluminación en las áreas de operación	Implementar focos de luz blanca, sobre todo para el trabajo en horas de la noche.

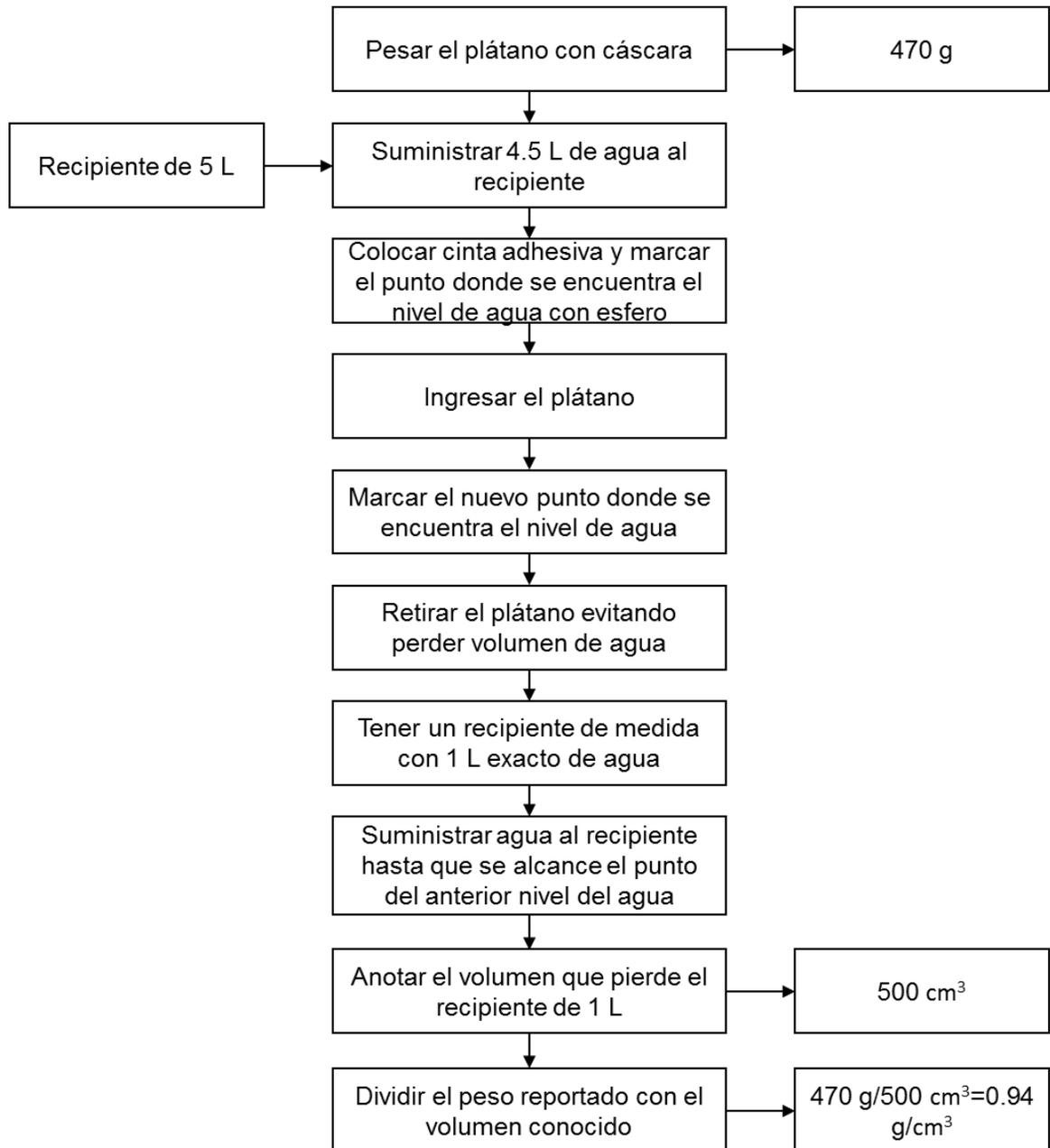
<b>Tema</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Propuesta de mejora</b>
Equipos, herramientas y muebles.	Mesas de trabajo fabricadas con material absorbente.	Implementar mesas de trabajo plásticas o de aleaciones metálicas inoxidable.
	Orden de los equipos diferente al de la secuencia en línea del proceso.	Organizar los equipos según la secuencia del proceso respetando el lugar actual de la freidora.
	Poca distancia entre paredes y equipos.	Separar los equipos de objetos o límites al menos 5 cm entre sí para facilitar la inspección, limpieza y mantenimiento.
Operarios	Vestuario	Utilizar prendas claras y propias de cada operario.
	Presentación	Llevar uñas sin esmalte. Lavado previo de manos al portar guantes. No portar anillos ni aretes durante las operaciones.
	Actividades	Asignar las actividades antes de comenzar con las operaciones. Utilizar la numeración expuesta en el capítulo 4 para reducir el riesgo de contaminación cruzada.
Condiciones de operación	Control de humedad, velocidad de flujo.	Implementar un higrómetro para el control de la humedad del ambiente y manipular cantidades constantes de ingreso de materia prima con el fin de no alterar el tiempo de producción ni las condiciones por etapa.
	Condiciones de operación por etapa	Utilizar las condiciones de la propuesta de mejora presentes en el capítulo 4 para estandarizar dicho proceso.
	Plan de limpieza y desinfección	Implementar un plan mensual de limpieza y desinfección de la planta que sea constante y riguroso.
Transporte	Indicativo de transporte	El vehículo utilizado debe llevar un indicativo de transporte de alimentos, tal como una pegatina con la imagen de la empresa y la simbolización adecuada.
	Adecuación del vehículo transportador de alimentos	Incorporar un sistema de refrigeración y aislamiento al ambiente con el fin de mantener la cadena de frío del alimento.

Fuente: Decreto 3075 de 1997.

ANEXO F.  
CÁLCULO DEL AGUA CLORADA A 100 PPM.



ANEXO G.  
PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL PLÁTANO VERDE CON CÁSCARA MEDIANTE EL DESPLAZAMIENTO DE LA COLUMNA DE AGUA.



ANEXO H.  
CÁLCULOS DEL PROCESO CON ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Proceso 4.1.1: Recepción de materia prima, cálculo (a):

El valor propuesto nace de la cantidad de plátano que la empresa actualmente mantiene en almacenamiento, la cual es de:

$$\frac{400 \text{ kg}}{3 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 16.66 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cong \mathbf{16.7 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} \text{ (a. a)}$$

El día equivale a 8 horas debido al tiempo de operación diario. El valor complementario se obtiene a partir de los 18.5 kg de materia prima aprovechable que ingresan a la freidora, donde se requiere un incremento de peso del 39.05% por el resultado de la separación de la pulpa y cáscara. Adicionalmente se incrementa un 10% el valor de materia prima aprovechable para evitar retrasos en el tiempo de producción debido a los diversos factores que reducen la cantidad de plátano dispuesto a ingresar a la fritura:

$$X - X * 0.3905 = 18.5 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 10\% * 18.5 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \rightarrow X(1 - 0,3905) = 20.35 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \rightarrow$$

$$X = \frac{20.35 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{0,6095} = 33.38 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cong \mathbf{33.4 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} \text{ (a. b)}$$

Luego de conocer el anterior valor, se procede a sumar el ingreso de plátano por hora de operación, el cual brinda un flujo másico total de:

$$16.7 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 33.4 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = \mathbf{50.1 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} \text{ (a)}$$

Proceso 4.1.3: Almacenamiento de plátano con aserrín, secuencia de cálculos (b) y (c):

Se toma como valor de cálculo la cantidad máxima de plátano en espera reportado por la empresa, es decir, 400 kg en el margen de 3 días. Como el mercado ofrece contenedores de 55 galones de capacidad, por consiguiente se enlistan las siguientes ecuaciones para conocer la cantidad de contenedores necesarios:

$$\text{Volumen plátano} = 400 \text{ kg} * \frac{1 \text{ cm}^3}{0.94 \text{ g}} * \frac{1,000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ L}}{1,000 \text{ cm}^3} = 425.5 \text{ L}$$

Se calcula el volumen requerido con un 30% adicional para no alcanzar el límite del recipiente:

$$425.5 L * \frac{130}{100} = 553.15 L \cong 554 L$$

Por último:

$$\frac{\text{tanque}}{55 \text{ gal}} * \frac{1 \text{ gal}}{3.79 L} * 554 L = 2.66 \text{ contenedores} \cong 3 \text{ contenedores}$$

Se ingresan 425.5 L repartidos de plátano en 3 contenedores durante 3 días de operación, lo que genera:

$$\begin{aligned} & \frac{425.5 L}{3 \text{ días}} * \frac{1,000 \text{ cm}^3}{1 L} * \frac{0.94 \text{ g}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1}{3 \text{ contenedores}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} \\ & = 5.55 \frac{\text{kg}}{\text{h} * \text{ contenedor}} \cong 5.6 \frac{\text{kg}}{\text{h} * \text{ contenedor}} \quad (b) \end{aligned}$$

De lo anterior se obtiene que 5.6 kg de plátano ingresan en cada tanque por hora de operación.

Como se desea cubrir el 30% del volumen de la materia prima con aserrín se obtiene que:

$$\begin{aligned} & \frac{425.5 L \text{ plátano}}{3 \text{ contenedores}} * \frac{30 L \text{ aserrín}}{100 L \text{ plátano}} * 0.41 \frac{\text{g aserrín}}{\text{cm}^3} \text{ }^{(71)} * \frac{1,000 \text{ cm}^3}{1 L} * \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \\ & = 17.45 \text{ kg} \cong 17.5 \frac{\text{kg aserrín}}{\text{tanque}} \quad (c) \end{aligned}$$

Cabe destacar que el ingreso y egreso de aserrín no depende del flujo másico del plátano sino de la capacidad de cada contenedor, puesto que el cambio de dicho insumo se efectúa por aspectos cualitativos que perciba el operario en el momento de inspección de los contenedores plásticos.

La capacidad del contenedor es igual a:

$$\frac{425.5 L \text{ plátano}}{3 \text{ contenedores}} * 0.94 \frac{\text{kg}}{L} = 133.3 \frac{\text{kg}}{\text{contenedor}} \cong 134 \frac{\text{kg}}{\text{contenedor}}$$

---

<sup>71</sup> SÁNCHEZ CÓRDOBA, Tito. Op. cit., p. 41. Promedio de la densidad aparente.

Proceso 4.1.4: Lavado, secuencia de cálculos (d), (e) y (f):

Al conocer el tiempo del lavado se estima que se debe ingresar la siguiente cantidad de materia prima por ciclo:

$$33,4 \frac{kg}{h} * \frac{1 h}{60 min} * \frac{5 min}{1 ciclo} = 2.8 \frac{kg}{ciclo} \text{ (d)}$$

Del valor de ingreso de plátano por hora se estima el volumen requerido del equipo basándose en el tiempo de operación de 5 minutos, la relación de volumen es de 40% respecto al plátano y el recipiente debe contener un 30% adicional del volumen total registrado:

$$\begin{aligned} \frac{33.4 kg}{hora} * \frac{L}{0.94 kg} * \frac{1 hora}{60 min} * \frac{5 min}{ciclo} &= 2.96 \frac{L}{ciclo} * \frac{100}{40} = 7.40 * \frac{130}{100} \\ &= 9.62 \frac{L}{ciclo} \cong 10 \frac{L}{ciclo} \text{ (e)} \end{aligned}$$

De la ecuación anterior se afirma que la cantidad de agua requerida es de:

$$7.4 L * \frac{60}{100} = 4.44 L \cong 4.5 L$$

Del anterior valor se afirma que se requieren 4.5 L para la preparación de la solución. Se usa la siguiente ecuación para el procedimiento de cálculo:

$$\frac{kg \text{ cloro}}{kg \text{ solución}} * 1x10^6 = ppm$$

Despejando las partes por millón y reemplazando los valores:

$$\frac{100 ppm}{1x10^6} * 4.5 L * 1 \frac{kg}{L} * \frac{1,000 g}{1 kg} = 0.45 g_{cloro}$$

Como la pureza del cloro es del 91% se debe incrementar la cantidad a suministrar:

$$0.45 g * \frac{100}{91} = 0.49 g \cong 0.5 g \text{ (f)}$$

Proceso 4.1.5: Escaldado, secuencia de cálculo (g):

El proceso de escaldado se basa en la cantidad obtenida del lavado la cual es de  $2.8 \frac{kg}{ciclo}$ .

A partir de este valor se estima el volumen requerido del equipo basándose en el tiempo de operación de 1 minuto, ingresando la mitad de la cantidad del producto

obtenido al ciclo para incrementar la materia prima disponible en las siguientes etapas, con la relación de volumen del 40% respecto al plátano. Por último, el recipiente debe contener un 30% adicional del volumen total registrado:

$$\frac{2.8 \text{ kg}}{2 \text{ ingresos}} * \frac{\text{ingreso}}{\text{ciclo escaldado}} * \frac{\text{ciclo escaldado}}{1 \text{ min}} * \frac{L}{0.94 \text{ kg}} = 1.49 \frac{L}{\text{min}} * \frac{100}{40} \rightarrow$$

$$3.73 \frac{L}{\text{min}} * 1.3 = 4.84 \frac{L}{\text{min}} \cong \mathbf{5 \frac{L}{\text{min}} (g)}$$

La cantidad de agua requerida en el tanque es igual a 2.24 L, redondeando a 2.3 L. Este resultado es producto de la resta entre el volumen total requerido del recipiente menos el volumen del plátano.

Proceso 4.1.6: Pelado, cálculos (h), (i) y (j):

Como la cantidad de la solución propuesta no se basa en ningún referente teórico u operacional de la empresa, se propone una cantidad supuesta por el autor de 1.5 L la cual cumple con el porcentaje reportado en el documento (% v/v 10-20%), siendo este de 13%. Para conocer la cantidad de limón suministrada en el agua se plantea la siguiente ecuación:

$$1.15 \text{ L} * \frac{13}{100} = 0.1495 \cong \mathbf{0.15 \text{ L} (h)}$$

Para el siguiente cálculo se requiere el peso del plátano sin cascara:

$$500 \text{ g} - 500 \text{ g} * 0.3905 = 304.75 \text{ g}$$

Posteriormente se pretende conocer el tiempo que se debe tardar como máximo el operario retirar la cascara de la pulpa. Basándose en el flujo de 30.25 kg/h, se obtiene la siguiente ecuación:

$$20.35 \frac{1 \text{ h}}{20.35 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{304.75 \text{ g}}{1 \text{ dedo}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \mathbf{54 \frac{s}{dedo} (i)}$$

Por último, se desea conocer la capacidad del recipiente por hora de operación, donde depende tanto del ingreso de materia prima por ciclo de corte como el egreso por el ciclo de fritura:

$$\frac{54 \text{ seg}}{1 \text{ dedo}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{1 \text{ dedo}}{304.75 \text{ g}} * \frac{0.94 \text{ g}}{\text{cm}^3} * \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} * \frac{\text{ciclo fritura}}{12 \text{ min}} = 0.23 \frac{\text{ciclo fritura}}{L}$$

$$\rightarrow \left(0.23 \frac{\text{ciclo fritura}}{L}\right)^{-1} = 4.32 \frac{L}{\text{ciclo fritura}} \cong \mathbf{4.5 \text{ L} (j)}$$

De la anterior ecuación se obtiene que el plátano depositado ocupa un espacio de 4.32 L, donde la capacidad del recipiente debe superar dicho valor. Como el mercado no ofrece recipientes intermedios a las medidas enteras, se sugiere un recipiente de **5 L** de capacidad.

Proceso 4.1.7: Corte, cálculo (k):

Esta operación depende de la cantidad de producto que se obtiene del pelado, es decir 20.35 kg/h. Como se desea saber el tiempo requerido de corte por dicha cantidad de materia se efectúa la siguiente ecuación:

$$\frac{1 h}{20.35 kg} * \frac{1 kg}{1000 g} * \frac{304.75 g}{1 dedo} * \frac{3600 s}{1 h} = \mathbf{54 \frac{s}{dedo}} (k)$$

Proceso 4.1.9: Enfriamiento, secuencia de cálculos (l) y (m):

Mediante la siguiente ecuación se conoce la cantidad de porciones que logran ingresar por bandeja, teniendo en cuenta que el área aprovechable de la bandeja realmente es de 54 x 52 cm:

$$\frac{\text{Área bandeja}}{\text{Área porción}} = \frac{54 cm * 52 cm}{(5 cm + 0.3 cm)^2 * \frac{\pi}{4}} = \frac{2808 cm^2}{22.1 cm^2} = 127 \text{ porciones}(l)$$

Se conoce que como mínimo ingresan 127 porciones por bandeja. Como se obtienen 14 kg de plátano pre frito por hora de acuerdo al balance de materia implementado en el numeral 2.5, y se pretende conocer el producto de entrada a la freidora en término de porciones por ciclo de 12 minutos:

$$\frac{14 kg}{h} * \frac{1 h}{60 min} * \frac{12 min}{ciclo} * \frac{1000 g}{1 kg} * \frac{1 platano}{304.75 g} * \frac{10 porciones}{1 platano} = 92 \frac{porciones}{ciclo}$$

Por consiguiente se afirma que el número de bandejas necesarias es igual a:

$$\begin{aligned} \# \text{Bandejas} &= \frac{1 \text{Bandeja}}{127 \text{ porciones}} * \frac{92 \text{ porciones}}{\text{ciclo fritura}} * \frac{\text{ciclo fritura}}{12 \text{ min}} * \frac{5 \text{ min}}{\text{ciclo enfriamiento}} \\ &= \mathbf{0.3 \frac{bandejas}{ciclo enfriamiento}} (m) \end{aligned}$$

De lo anterior se afirma que se requiere menos de 1 bandeja para cubrir el egreso de producto.

Proceso 4.1.11: Incorporación de aditivos, secuencia de cálculos (n) y (o):

Según los datos de las dos anteriores etapas, cada 17 minutos como mínimo egresan 92 porciones de plátano pre frito y enfriado. Dicho valor se obtiene al tomar un tiempo de enfriamiento 5 minutos y sumarle los 12 minutos que tarda el proceso de fritura.

A partir de dicho valor se conoce la cantidad de producto semi terminado que ingresa al proceso de prensado:

$$\frac{92 \text{ porciones}}{17 \text{ minutos}} = 5.4 \frac{\text{porciones}}{\text{min}} \cong 6 \frac{\text{porciones}}{\text{min}}$$

Se expresa el valor obtenido en términos de masa para ingresarlo al diagrama PFD:

$$\frac{92 \text{ porciones}}{17 \text{ minutos}} * \frac{1 \text{ plátano}}{10 \text{ porciones}} * \frac{304.75 \text{ g}}{1 \text{ plátano}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 9.89 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cong 9.9 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Ahora se pretende conocer el tiempo requerido para llenar la bandeja de producto y la cantidad de bandejas necesarias para el reposo del mismo en un tiempo de reposo de 3 minutos por porción:

$$\frac{\text{Área bandeja}}{\text{Área porción}} = \frac{54 \text{ cm} * 52 \text{ cm}}{(10 \text{ cm} + 0.5 \text{ cm})^2 * \frac{\pi}{4}} = \frac{2808 \text{ cm}^2}{86.6 \text{ cm}^2} = 33 \text{ porciones}$$

$$t \text{ llenado Bandeja} = \frac{1 \text{ min}}{5.4 \text{ porciones}} * \frac{33 \text{ porciones}}{1 \text{ bandeja}} = 6.11 \frac{\text{min}}{\text{bandeja}}$$

$$\frac{1 \text{ Bandeja}}{6.11 \text{ minutos}} * \frac{8 \text{ min}}{\text{ciclo de espera}} = 1.31 \frac{\text{bandejas}}{\text{ciclo de espera}} \cong 2 \frac{\text{Bandejas}}{\text{ciclo de espera}} \text{ (n)}$$

Se obtiene que también se requieren 2 bandejas para cumplir con el flujo de plátano obtenido del enfriamiento.

A partir del valor obtenido anteriormente se efectúa la siguiente ecuación para conocer la cantidad de sal suministrada en la bandeja que reposa el producto:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Cantidad de sal}}{\text{bandeja}} &= \frac{33 \text{ porciones}}{\text{bandeja}} * \frac{304.75 \text{ g plátano}}{10 \text{ porciones}} * \frac{2 \text{ g sal}}{4.5 \text{ kg plátano}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \\ &= 0.447 \frac{\text{g sal}}{\text{bandeja}} \cong 0.45 \frac{\text{g sal}}{\text{bandeja}} \text{ (o)} \end{aligned}$$

Proceso 4.1.12: Empaque, cálculo (p) y (q):

Como se trabaja con la cantidad obtenida de la anterior etapa, es decir:

$$\frac{1 \text{ bandeja}}{8 \text{ min}} * \frac{33 \text{ porciones}}{1 \text{ bandeja}} * \frac{1 \text{ plátano}}{10 \text{ porciones}} * \frac{304.75 \text{ g}}{1 \text{ plátano}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 7.54 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Por último, se requiere la siguiente cantidad de bolsas para almacenar el producto:

$$\frac{7.54 \text{ kg}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ bolsa}}{1 \text{ kg}} = 7.54 \frac{\text{bolsas}}{\text{h}} \cong 8 \frac{\text{bolsas}}{\text{h}} \text{ (p)}$$

Para conocer la duración máxima que debe tardar el operario en preparar una bolsa para el empaque del producto se plantea la siguiente ecuación:

$$\frac{1 \text{ h}}{7.54 \text{ kg plátano}} * \frac{1 \text{ kg plátano}}{1 \text{ bolsa}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 7.95 \frac{\text{min}}{\text{bolsa}} \text{ (q)}$$

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Yo DAVID ALEJANDRO OSORIO ROBERTO en calidad de titular de la obra PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PATAcón PRE FRITO CON PLÁTANO VERDE DE LA EMPRESA PROCOL S.A.S., elaborada en el año 2016 , autorizo al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me corresponde y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autor manifiesto conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el autor asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el autor será el responsable. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor establezco las siguientes condiciones de uso de mi obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	<b>Atribución- no comercial- sin derivar:</b> permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	<b>Atribución – no comercial:</b> permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	<b>Atribución – no comercial – compartir igual:</b> permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su autor.

De igual forma como autor autorizo la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C., al primer día del mes de Marzo del año 2017.

EL AUTOR:

Autor

<b>Nombres</b>	<b>Apellidos</b>
David Alejandro	Osorio Roberto
<b>Cédula de ciudadanía No</b>	<b>Firma</b>
1020784648	