

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA, PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS RENÉ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 30 de noviembre 2008.



Julio Cesar Orellana Espina



Guatemala, 10 de julio de 2008  
Ref.EPS.D.403.07.08

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


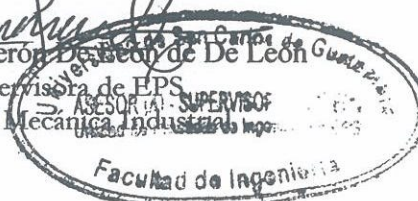
Por este medio atentamente le informo que como Asesora – Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de el (a) estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial **JULIO CÉSAR ORELLANA ESPINA** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA, PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS RENÉ.”**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Inga. Sigrid Anitza Calderón De León de De León  
Asesora – Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial  


cc.archivo  
SACDD/am



Guatemala, 10 de julio de 2008  
Ref.EPS.D.402.07.08

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Director Escuela de Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Gómez Rivera:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA, PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS RENÉ"** que fue desarrollado por el (a) estudiante universitario (a), **JULIO CÉSAR ORELLANA ESPINA** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la **Inga. Sigrid Alitza Calderón De León de De León**.

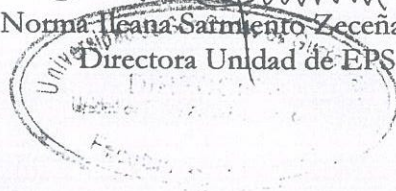
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Inga. Norma Heana Sarmiento Zecena de Serrano  
Directora Unidad de EPS

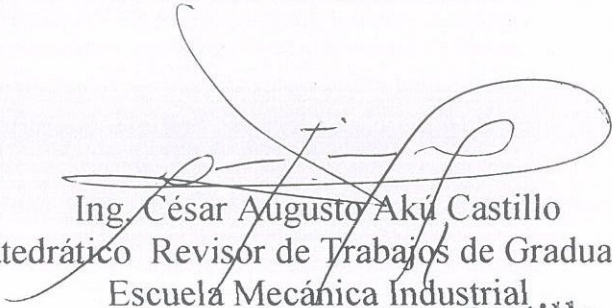


cc. archivo  
NISZ/am



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA, PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS RENÉ,**, presentado por el estudiante universitario **Julio César Orellana Espina**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. César Augusto Akú Castillo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial  
**César Akú Castillo**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 4,073

Guatemala, octubre de 2008.

/mgp



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA, PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS RENÉ**, presentado por el estudiante universitario **Julio Cesar Orellana Espina**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2008.



/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA, PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS RENÉ,** presentado por el estudiante universitario **Julio César Orellana Espina,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2008.



/gdech



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA,  
PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE  
PRODUCTOS ALIMENTICIOS RENÉ**

**Julio Cesar Orellana Espina**

Asesorado por: Inga. Sigrid Calderón de León

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA,  
PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE  
PRODUCTOS ALIMENTICIOS RENÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**JULIO CESAR ORELLANA ESPINA**

ASESORADO POR: INGA. SIGRID CALDERON DE LEON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos      |
| VOCAL I    | Inga. Glenda Patricia García Soria   |
| VOCAL II   | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| VOCAL III  | Ing. Miguel Angel Dávila Calderón    |
| VOCAL IV   | Br. Milton De León Bran              |
| VOCAL V    | Br. Isaac Sultan Mejía               |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas     |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |   |
|------------|---|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos         |
| EXAMINADOR | Ing. Cesar Augusto Aku Castillo         |
| EXAMINADOR | Inga. Sigrid Calderón de León           |
| EXAMINADOR | Inga. Norma Sarmiento Zeceña de Serrano |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas        |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA, PARA MEJORAR LA CALIDAD, EN LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS RENÉ,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 30 de noviembre 2008.

Julio Cesar Orellana Espina

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS:**

Por ser mi creador, ese ser supremo que está conmigo y me toma de la mano para poder seguir adelante, siendo mi refugio en los momentos de adversidad.

### **MIS PADRES**

Oscar Orellana y Rebeca Espina de Orellana, por haber creído en mí, por el apoyo que siempre he tenido de ellos, cariño y amor incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- DIOS:** Por permitirme llegar al día de hoy y alcanzar mi gran sueño.
- UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE  
GUATEMALA** Por otorgarme las herramientas necesarias para lograr la culminación de mi carrera.
- ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA  
INDUSTRIAL** Por su enseñanza y dedicación
- INGA. SIGRID  
CALDERÓN  
DE LEÓN** Por todo su apoyo en la revisión del trabajo de graduación.

# ÍNDICE GENERAL

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>                            | <b>V</b>    |
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>                                  | <b>IX</b>   |
| <b>GLOSARIO.....</b>   | <b>XI</b>   |
| <b>RESUMEN.....</b>  | <b>XIII</b> |
| <b>OBJETIVOS.....</b>  | <b>XV</b>   |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                       | <b>XVII</b> |
| <br>   |             |
| <b>1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>                          |             |
| 1.1. Reseña histórica.....                                     | 1           |
| 1.2. Ubicación.....  | 2           |
| 1.3. Misión y visión.....                                      | 3           |
| 1.4. Valores.....  | 4           |
| 1.5. Actividades y productos.....                              | 5           |
| 1.6. Estructura organizacional.....                            | 6           |
| 1.6.1. Principios y metas organizacionales.....                | 7           |
| <br>   |             |
| <b>2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA</b> |             |
| 2.1. Descripción del proceso.....                              | 9           |
| 2.1.1. Diagrama de flujo del proceso.....                      | 11          |
| 2.1.2. Insumos principales.....                                | 18          |
| 2.1.2.1. Almacenaje de maíz en silos.....                      | 19          |
| 2.1.3. Diagrama de recorrido.....                              | 20          |
| 2.1.4. Maquinaria y equipo utilizado en el proceso.....        | 22          |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.1.5. | Procedimientos de control.....   | 27 |
| 2.1.6. | Formatos utilizados.....   | 29 |
| 2.2.   | Antecedentes de las variaciones de los límites de especificación de los puntos críticos en el proceso..... | 36 |
| 2.2.1. | Límites de especificación.....   | 36 |
| 2.2.2. | Desviaciones más frecuentes.....   | 40 |
| 2.2.3. | Puntos de control de calidad existentes.....   | 41 |
| 2.3.   | Causas de las variaciones de los límites de especificación de los puntos críticos en el proceso.....       | 42 |
| 2.3.1. | Análisis del diagrama de operaciones de proceso.....   | 42 |
| 2.3.2. | Histogramas.....   | 43 |
| 2.3.3. | Diagrama de Pareto.....  | 44 |
| 2.3.4. | Diagrama causa-efecto.....   | 45 |
| 2.4.   | Control estadístico de la calidad.....   | 49 |
| 2.4.1. | Capacidad del proceso.....   | 50 |
| 2.4.2. | Gráficos de control.....   | 55 |

### **3. PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA AL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA**

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.1.   | Puntos críticos de control dentro del proceso.....      | 65 |
| 3.2.   | Control de calidad del producto en proceso .....        | 70 |
| 3.2.1. | Puntos de control de proceso de cocimiento.....         | 70 |
| 3.2.2. | Puntos de control de proceso de la unidad lavadora..... | 72 |
| 3.2.3. | Puntos de control de proceso molienda.....              | 73 |
| 3.2.4. | Puntos de control de proceso horneado.....              | 74 |
| 3.2.5. | Puntos de control de proceso freído.....                | 75 |
| 3.2.6. | Puntos de control de proceso sazonado.....              | 75 |
| 3.3.   | Diagramas de proceso.....                               | 76 |
| 3.3.1. | Diagrama de operaciones.....                            | 77 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 3.3.2.    | Diagrama de flujo de operaciones.....   | 81         |
| 3.3.3.    | Diagrama de recorrido.....              | 85         |
| 3.4.      | Control basado en inspecciones.....     | 87         |
| 3.5.      | Capacitación de los empleados.....      | 88         |
| 3.6.      | Control estadístico de proceso.....     | 90         |
| 3.6.1.    | Gráficos de control para variables..... | 91         |
| 3.6.1.1.  | Gráfico de control de medias.....       | 96         |
| 3.6.1.2.  | Gráfico de Rangos (R).....              | 97         |
| 3.7.      | Principales variables a controlar.....  | 104        |
| 3.8.      | Formatos para el registro de datos..... | 106        |
| 3.9.      | Sistema de inspección.....              | 111        |
| 3.10      | Costos de la propuesta.....             | 112        |
| <b>4.</b> | <b>SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN</b>         |            |
| 4.1.      | Seguimiento.....                        | 113        |
| 4.2.      | Evaluación.....                         | 115        |
|           | <b>CONCLUSIONES.....</b>                | <b>119</b> |
|           | <b>RECOMENDACIONES.....</b>             | <b>121</b> |
|           | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                | <b>123</b> |
|           | <b>ANEXOS.....</b>                      | <b>125</b> |





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| 1. Plano de la ubicación de la empresa  | 3  |
| 2. Organigrama de la estructura organizacional de la Dirección de manufactura de Productos René | 7  |
| 3. Diagrama de flujo del proceso de tortilla  | 14 |
| 4. Diagrama de recorrido proceso actual   | 21 |
| 5. Silos de almacenamiento del maíz   | 22 |
| 6. Tubería de transporte con cangilones   | 23 |
| 7. Marmita  | 24 |
| 8. Laminadoras o tortilladoras y horno  | 24 |
| 9. Jirafas bandas de transporte   | 25 |
| 10. Formato de control línea de tortilla  | 30 |
| 11. Formato de cocimiento y reposo  | 33 |
| 12. Gráfico evaluación de puntos débiles de calidad   | 35 |
| 13. Variables críticas en proceso línea de tortilla   | 44 |
| 14. Variables críticas acumuladas proceso línea de tortilla                                     | 45 |
| 15. Diagrama causa-efecto del porcentaje de aceitosos en proceso línea de tortilla              | 46 |
| 16. Gráfica de medias porcentaje de aceitosos   | 56 |
| 17. Gráfica de rangos porcentaje de aceitosos   | 56 |

|  |     |
|--|-----|
| 18. Gráfica de medias del porcentaje de aceitosos (segundo cálculo)                                    | 59  |
| 19. Curva normal de datos del porcentaje de aceitosos  | 62  |
| 20. Unidad lavadora línea de tortilla  | 72  |
| 21. Espreas en la unidad lavadora  | 73  |
| 22. Diagrama de operaciones mejorado del proceso de tortilla   | 77  |
| 23. Diagrama de flujo mejorado del proceso de tortilla   | 81  |
| 24. Diagrama de recorrido mejorado del proceso de tortilla   | 86  |
| 25. Gráfico de medias de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso                                  | 96  |
| 26. Gráfico de rangos porcentaje de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso                       | 97  |
| 27. Gráfico de medias del porcentaje de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso (segundo cálculo) | 100 |
| 28. Curva normal de datos del porcentaje de aceitosos bajo las nuevas condiciones de proceso           | 103 |
| 29. Gráfico comparativo de calidad en el proceso de tortilla   | 115 |
| 30. Gráfico porcentaje de aceitosos primera semana   | 116 |
| 31. Gráfico comparativo dureza de Doritos  | 117 |

## TABLAS

|  |    |
|--|----|
| I. Límites de especificación de variables críticas para el producto Doritos  | 38 |
| II. Puntos de control de calidad de variables críticas sensoriales para el producto Doritos  | 39 |
| III. Datos de la muestra significativa del porcentaje de aceitosos de los productos de la línea de tortilla, meses de febrero y marzo    | 51 |
| IV. Límites de control para el porcentaje de aceitosos en la línea de tortilla   | 55 |
| V. Datos de la muestra significativa del porcentaje de aceitosos en la línea de tortilla, proceso bajo control, meses de febrero y marzo | 58 |
| VI. Cálculo de límites de control para el porcentaje de aceitosos en la línea de tortilla para el proceso bajo control                   | 59 |
| VII. Medias y desviaciones estándar de la muestra significativa de los aspectos de calidad del producto                                  | 61 |
| VIII. Límites de proceso actuales  | 61 |
| IX. Gráfico de control línea de tortilla   | 67 |
| X. Formato de proceso línea de tortilla  | 68 |
| XI. Formato calibración de piedras   | 69 |
| XII. Datos de muestra significativa del porcentaje de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso                                       | 92 |
| XIII. Límites de control para el porcentaje de aceitosos en la línea bajo nuevas condiciones de proceso                                  | 95 |

|   |     |
|---|-----|
| XIV. Datos de muestra significativa, proceso bajo control, bajo nuevas condiciones de proceso   | 98  |
| XV. Cálculo de límites de control para el porcentaje de aceitosos en la línea de tortilla para el proceso bajo control bajo las nuevas condiciones de proceso | 100 |
| XVI. Medias y desviaciones estándar de la muestra significativa de los aspectos de calidad del producto bajo las nuevas condiciones de proceso                | 101 |
| XVII. Límites de proceso actuales bajo nuevas condiciones de proceso  | 102 |
| XVIII. Formato de proceso línea de tortilla   | 108 |
| XIX. Formato calibración de piedras   | 110 |
| XX. Tabla de factores para el cálculo de límites de control   | 125 |
| XXI. Valores de z, áreas bajo la curva normal   | 126 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| SÍMBOLO              | SIGNIFICADO  |
|----------------------|--|
| $\bar{X}_p$          | Media Aritmética   |
| $\Sigma$             | Desviación estándar  |
| <b>LSP</b>           | Límite superior de proceso   |
| <b>LCP</b>           | Límite central de proceso  |
| <b>LIP</b>           | Límite inferior de proceso   |
| <b>LCS</b>           | Límite superior de control   |
| <b>LCC</b>           | Límite central de control  |
| <b>LCI</b>           | Límite inferior de control   |
| <b>R</b>             | Rango  |
| <b>A<sub>2</sub></b> | Factor para el cálculo de los límites de control de la gráfica de medias |
| <b>D<sub>2</sub></b> | Factor para el cálculo de los límites de control de la gráfica de rangos |
| <b>D<sub>3</sub></b> | Factor para el cálculo de los límites de control de la gráfica de rangos |
| <b>Z</b>             | Valor para encontrar el área debajo de la curva normal                   |



## GLOSARIO

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Cangilones</b>          | Vasos grandes de metal fabricado en varias figuras, y principalmente en forma de cántaro, sirve para transportar o contener materiales sólidos o líquidos.   |
| <b>Drenado</b>             | Operación que consiste en facilitar la salida del exceso de agua en una superficie húmeda.   |
| <b>Espreas</b>             | Bombas de fluido líquido que sirven para rociar, a diferentes presiones sobre algún objetivo común.  |
| <b>Fisicoquímica</b>       | Ciencia que, recurriendo tanto a la física como a la química, estudia las relaciones entre la estructura de los cuerpos y sus propiedades físicas, por una parte, y sus propiedades, químicas, por otra. |
| <b>Gráficos de control</b> | Es un gráfico de proceso con límites superiores e inferiores estadísticamente determinados, trazados a uno u otro lado del promedio de proceso.  |
| <b>Histogramas</b>         | También llamados diagramas de distribución de frecuencia y se usa para medir la frecuencia con que ocurre una variable.  |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Insumos</b>            | Se refiere a la materia prima utilizada en cualquier proceso de producción.   |
| <b>Jirafas</b>            | Mecanismo de transporte del producto en sus distintas etapas de un proceso productivo y tiene forma de una jirafa.  |
| <b>Límites de control</b> | Son límites estadísticamente determinados que delimitan el comportamiento del proceso dentro de los límites inferiores, superiores y centrales.   |
| <b>Marmitas</b>           | Ollas de metal, con tapadera ajustada, con una o dos asas, que sirven para el cocimiento del maíz.  |
| <b>Rociado</b>            | Esparcir en menudas gotas el agua y otro líquido.   |
| <b>Rotámetro</b>          | Instrumento que mide una corriente gaseosa en metros cúbicos por segundo; consta de un flotador rasurado helicoidalmente, que sube por acción del gas y que gira en el interior de un tubo cónico graduado. |
| <b>Tostitos</b>           | Hojuelas de maíz al salir del freidor, frituras.  |
| <b>Vibradores</b>         | Aparato que transmite las vibraciones eléctricas.   |



## RESUMEN

La línea de tortilla de la fábrica de Productos Alimenticios René y Cía elabora boquitas, que son productos a base de maíz, al cual pertenece, entre otros, los productos Doritos.

Entre los principales defectos de calidad que poseen estos productos en proceso se tiene la inconsistencia en las especificaciones de las variables críticas, como el porcentaje de aceitosos superior al 5% del área total de la hojuela, la sal de producto y el aceite de base frita, que al comprobar con las mediciones realizadas por el laboratorio de control de calidad se encuentran fuera de los rangos establecidos. Dichos defectos de calidad se detectan dentro del proceso, y son evidentes para el consumidor final, produciendo de esta manera, su insatisfacción al comprar los productos.

Para calcular la cantidad de producto en proceso, que se encuentra fuera de los límites de especificación, se calcularon los límites de control y se graficaron los diagramas de medias y de rangos para determinar si el proceso estaba bajo control.

Las variaciones en los límites que miden la calidad de los productos se redujo al establecer nuevas condiciones de operación, esto quiere decir que se realizó un análisis y estudio de la situación en la que se operaba junto con las especificaciones de la materia prima utilizada, esto dio como resultado un producto consistente en proceso a través de nuevas condiciones.

Además de lo anterior, se implementaron procedimientos de inspección por parte del personal operativo de la línea, para trabajar en conjunto con el departamento de control de calidad y así tomar las acciones correctivas adecuadas y en forma inmediata. Se documenta el estudio realizado junto con los resultados obtenidos, para que al volver a analizar el aseguramiento de la calidad en la línea de tortilla, se tomen en cuenta las nuevas condiciones, y de esta forma, avanzar en el mejoramiento de la calidad del proceso.

# **OBJETIVOS**

## **GENERAL**

Implementar procedimientos a través de métodos de trabajo para mejorar la calidad en el proceso de la línea de tortilla del producto Doritos en la Fábrica de Productos Alimenticios René y Cía S.C.A., para aumentar su calidad y elevar su competitividad.

## **ESPECÍFICOS:**

1. Determinar los problemas de calidad que posee el producto en el proceso de la línea de producción.
2. Analizar los límites de especificaciones y de proceso actuales de cada una de las variables críticas a registrar.
3. Establecer las causas en cada una de las estaciones de trabajo que provocan un producto inconsistente en su calidad.
4. Determinar el estado actual de la línea de producción de tortilla, en cuanto a la forma de controlar la calidad de su producto en proceso y proponer mejoras en la misma.
5. Determinar los parámetros básicos a controlar para mejorar la calidad en una línea de producción de una empresa de productos alimenticios.

6. Establecer el porcentaje de producto que tiene problemas de calidad en proceso antes y después de implementar la acción correctiva en una muestra significativa.
  
7. Ejercer el control del proceso mediante los puntos críticos en las estaciones de trabajo más importantes de la línea.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de la calidad en el proceso fue la base para tener un impulso por el control de la calidad total de un producto, y tener mejor inversión de los recursos al no tener reprocesos, mejorar el sistema de producción y detallar los puntos más importantes de dicho control. Por esto, el presente trabajo de graduación, desarrollado a través del EPS, tuvo como fin principal mejorar la calidad en el proceso del producto.

Para lograr el mejoramiento en la calidad del proceso de este producto, se tomó como punto de partida el diagrama de flujo, para luego recolectar información de cada una de las variables críticas y por medio del diagrama de Pareto, los diagramas de causa y efecto e histogramas, se llegó a determinar las desviaciones más frecuentes en los límites de especificación del producto.

Después, a través de un control estadístico se procedió a tomar una muestra significativa, donde se calcularon los límites de control y graficaron los diagramas de medias y de rangos para el porcentaje de aceitosos, que resulto la variable crítica de mayor recurrencia en las desviaciones de sus rangos, de los productos de la línea; esto para establecer los límites de proceso.

Con el proceso bajo control se establecieron procedimientos de inspección para reforzar los puntos críticos de controles existentes y propuestos. Para observar los resultados después de las mejoras, se tomó una muestra significativa antes y después de las nuevas condiciones de proceso planteadas.

Las nuevas condiciones de proceso en la línea fueron examinadas mediante un seguimiento y evaluación luego de implementar dichas mejoras, esto para comprobar si sus resultados correspondían a la optimización que se pretendía con el cambio en las condiciones.

# **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Reseña histórica**

Es orgullosamente una empresa guatemalteca, que forma parte de: Frito Lay International. Número uno en la fabricación de snacks en 140 países en 3 continentes perteneciente al grupo PepsiCo.

La compañía inició operaciones en el año 1,961 con el nombre de René Méndez y Compañía, con sus productos: papalinas tip top, arroz inflado rosbit y únicamente era una distribución local y operación manual.

En 1962, se autoriza el uso de la marca Fillers y se suman a los productos ya existentes cheez trix, bakonkrisp y tortrix. En 1965 se forma Productos Alimenticios René S.A., y se incorpora la marca carimba con maní, plátano y papa. De 1968 a 1988 Beatrice Food opera Productos Alimenticios René conservando las marcas Fillers y Carimba.

En 1975, Productos Alimenticios René se traslada a su nueva casa ubicada en la calzada San Juan y en 1987 se incorpora la fabricación de galletas Crokant, Waffle y Bamba. En 1988 Savoy Brands compra Productos René manejando las marcas establecidas y, por último, en 1998 se da la unión estratégica entre Savoy Brands y Fritolay en varios países de la región para conformar Snacks Latin American.

De 1998 a la fecha se da la unión de Fritolay con Pepsico Inc., que juntos, como grupo, su compromiso es deleitar al consumidor y ser la compañía líder de productos de consumo centrados en alimentos y bebidas convenientes, nutritivos y divertidos.

## **1.2. Ubicación**

Productos Alimenticios René y Cía., S.C.A. pertenece al grupo Frito Lay Central America, su planta en Guatemala se encuentra ubicada en la Calzada San Juan 34-01 zona 7. El tamaño del terreno es de 12,000 m<sup>2</sup> y cuenta con un área construida de 8,500 m<sup>2</sup>, que es aproximadamente el 70% del tamaño del terreno. La siguiente figura muestra el plano de la ubicación de la empresa dentro de la zona 7, ciudad de Guatemala.



**Figura 1. Plano de la ubicación de la empresa**

|            |                   |                            |  |                   |
|------------|-------------------|----------------------------|--|-------------------|
| Periférico | Colegio<br>IMB PC | Complejo Evangélico        | Fábrica de Productos Alimenticios<br>René y Cía.<br>34-01 zona 7 | Círculo Deportivo |
|            | Calzada San Juan  |                            |  |                   |
|            |                   |                            |  |                   |
|            | PNC               | Colonias Tikal I, II y III |  |                   |

### 1.3. Misión y visión

La misión de la empresa consiste en incrementar los beneficios económicos adecuados a sus inversionistas al mismo tiempo que proporcionan oportunidades de crecimiento y superación a sus empleados, socios comerciales y comunidades en las que operan. En todo lo que hacen actúan con honestidad, imparcialidad e integridad.

La visión es ser la compañía favorita de botanas de la región centroamericana y capitalizar su liderazgo para desarrollar aceleradamente la categoría, todo esto sostenido por el desarrollo de un equipo ganador.

## **1.4. Valores**

El compromiso de la empresa es defender los valores fundamentales, como el crecimiento sostenido; que lo consideran fundamental para motivar y medir el éxito. Buscarlo estimula la innovación, agrega valor a los resultados y los ayuda a entender cómo las acciones que hoy toman impactan en su futuro. Lo entienden como el crecimiento de las personas y el desempeño de la compañía. Otorga prioridad a hacer la diferencia y a lograr que las cosas sucedan.

Otro de los valores fundamentales son las personas capaces y facultadas, que tengan la libertad para actuar y pensar en formas que los hagan sentir que han realizado sus actividades, siendo congruentes con los procesos corporativos y considerando las necesidades de la compañía.

Por último, la responsabilidad y confianza, considera que son los cimientos del crecimiento sano que responde a ganar la confianza que otras personas les otorgan, como individuos y como compañía. Se comprometen de manera personal y como miembros de la corporación en cada acción que toman, cuidando siempre los recursos que se les asigna. Construyen la credibilidad entre ellos mismos y con los demás, operando con la más alta congruencia y el compromiso de triunfar juntos.

## **1.5. Actividades y productos**

La Fábrica de Productos Alimenticios René y Cía., se dedica a la fabricación de snacks líderes en el mercado nacional y regional.

Los productos que se fabrican en la empresa se encuentran distribuidos en seis líneas de producción; la línea de pellet produce: crujitos, sabritones, muchos, chicharrón barbarota, picante y el criollo; en la línea de sémola: ring trix, pikaron, piconcito, poffets queso, mini cheetos, colmillos, asteroides, y miniricito; la línea de corn chip: tortrix limón, picante, barbacoa y de chicharrón; en la línea de papa: ruffles sal, queso y crema y especies, papa lay's sal; en la línea de extruidos: el cheetos poffs, conchitas, cebollitas y colmillo, y por último, la línea de tortilla produce, doritos extra queso, nacho, salsa verde, incógnita, parrandero, rancheritos, dippas sal y de queso, y nacho queso y jalapeño.

El mercado al cual van dirigidos los productos de la empresa lo constituyen en general hombres y mujeres de todas las edades, sin importar nivel socio-económico, cultura ni raza; sin embargo, es importante aclarar que su mercado potencial lo componen niños y adolescentes en la temprana edad.

## **1.6. Estructura organizacional**

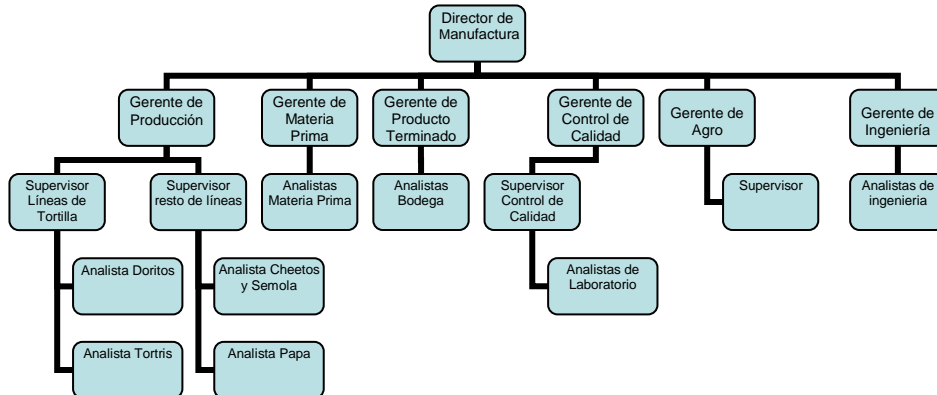
Actualmente la compañía cuenta con el siguiente personal de recurso humano: 620 personas de mano de obra directa, el 25% se encuentra laborando en proceso y el 75% en empaque; por otro lado, se tienen 95 personas de mano de obra indirecta, que corresponden a personal administrativo que se encuentran distribuidos en los departamentos de producción, recursos humanos, mercadeo, finanzas, sistemas, mantenimiento, logística, agro, control de calidad y ventas.

La dirección de manufactura esta compuesta por: el departamento de producción, que está compuesto por un gerente, dos supervisores e ingenieros supervisores de cada línea de producción en turnos para cumplir toda la semana. Los demás departamentos están integrados por analistas que son los encargados de reportes directos hacia sus respectivos gerentes. Cada gerente reporta al director de manufactura y este asimismo a uno regional.

Esta organización se adecúa a los intereses de una ininterrumpida producción para satisfacer la demanda del producto a nivel nacional y regional.

A continuación se presenta el organigrama de la estructura organizacional de la dirección de manufactura.

**Figura 2. Organigrama de la estructura organizacional de la Dirección de manufactura de Productos René**



### 1.6.1. Principios y metas organizacionales

Los principios organizacionales ayudan a concretar en acciones, la misión y la visión. Representan las grandes estratégicas de la Empresa, ya que después estos ejes de acción (principios organizacionales) dan forma a las metas.

Los principios organizacionales son:

- Cuidar a los clientes, consumidores y el mundo en que se vive.
- Vender sólo productos de los que puedan estar orgullosos.
- Hablar con honestidad y franqueza.
- Balancear el corto y el largo plazo.
- Ganar con la diversidad y la inclusión.
- Respetar a los demás y obtener el éxito ambos.

La meta organizacional consiste en basar el éxito comercial en ofrecer calidad y valor a nuestros consumidores y clientes; proporcionando productos que sean seguros, saludables, económicamente adecuados y sin dañar el medio ambiente; además creando un justo retorno a la inversión de nuestros accionistas, mientras que cumplimos los más altos estándares de calidad.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA**

### **2.1. Descripción del proceso**

La descripción del proceso se refiere a la situación actual en la que se encuentra el proceso de la línea de tortilla, en esta se toman en cuenta aspectos desde que comienza el proceso hacia el área de empaque. Los procedimientos de control, así como los formatos utilizados para dicho control de proceso son esenciales para mantener las variables críticas de calidad dentro de los límites de especificación.

Actualmente, el laboratorio de la Fábrica de Productos Alimenticios René cuenta con un sistema de control de calidad del proceso de producción de la línea de tortilla, por lo que posee la capacidad de reportar al departamento de producción la variabilidad de sus procesos.

El proceso comienza con la recepción del maíz y almacenamiento del aceite, dichos procesos son realizados por empresas proveedoras, seguido de lo anterior se procede a la limpieza del maíz que se efectúa en forma automática en el área de almacenamiento del maíz; esta limpieza es por medio de imanes que hacen que no pasen metales, de tamaño mediano, que traen consigo los lotes del maíz; por lo tanto, finas partículas de impurezas se filtran con el maíz bueno, que en las próximas operaciones se pretende una limpieza total del maíz.

A continuación se encuentran dos operarios en el área de cocimiento y reposo de maíz, que son los encargados de darle seguimiento al proceso de tortilla realizando dichas actividades, el personal diurno de la línea es el más capacitado en cuestiones de proceso y calidad, mientras que personal nocturno y de fin de semana necesita más capacitación en dichos temas.

Seguidamente, le corresponde al lavado de maíz, la molienda, el laminado y el horneado, todo lo anterior bajo la responsabilidad de un operario encargado de mantener bajo control las variables críticas en éstas áreas; por último, el freído y sazonado del producto, también con la supervisión de un operario. Lo mencionado en el párrafo anterior acerca de falta de capacitar más a este personal en turnos fuera del diurno es una deficiencia observada.

Para describir el proceso se considerarán los tiempos tomados en una corrida de producción del primer turno de doce horas, que corresponde al diurno, ya que es generalmente el turno de mayor capacidad de producción.



### **2.1.1. Diagrama de flujo del proceso**

El procedimiento de elaboración de los productos de tortilla y los tiempos tomados son los presentados a continuación, mientras que en la figura tres, de la página 14 a la 17, se encuentra dicha información expuesta como un diagrama de flujo del proceso.

Al obtener la materia prima del almacenaje de maíz en silos es trasladada hacia el área de cocimiento por medio de tuberías (10 m, 3 min.), el maíz puede traer consigo impurezas que pueden afectar los demás procesos de la línea y afectar el producto final, estas impurezas son pequeños residuos de basura que traen consigo los lotes de maíz amarillo, y que se pretende en las demás operaciones limpiar dichas impurezas.; luego se procede a ser pesado en la báscula (5 min.) antes de ser depositas en las marmitas, en donde se llenan con maíz y agua (10 min.).

Después se le agregan siete kilogramos de cal, la cal sirve para ablandar el maíz lo más que se pueda pero esto se dificulta muchas veces por la inconsistencia de la calidad en el maíz que se provee, para luego comenzar con el tiempo de elevación (17 min.), que es el tiempo necesario para alcanzar la presión del vapor requerida.

Luego se procede con el cocimiento (19 min.), este proceso puede ser peligroso para el operario por las altas temperaturas a las que se maneja y al personal se debe de concientizar sobre el uso de su equipo de protección personal; seguidamente el enfriamiento con agua a una temperatura inferior a la ambiente (5 min.).

Luego del enfriamiento del maíz dentro de la marmita se traslada el maíz a tinas de reposo por medio de tuberías (1m, 5 min.), dichas tinas son transportadas por un elevador hacia la estación de reposo (2m, 1min.) en donde tiene lugar el reposado del maíz (720 min.).

Después comienza el prelavado del maíz (30 min.) para que a continuación se transfiera a la tolva de unidad lavadora (21.26 m, 6 min.) para terminar con el lavado del maíz cocido (6 min.); este equipo de lavado del maíz mantiene una temperatura muy variable del agua utilizada para limpiar las últimas impurezas que puedan persistir en el producto

Seguidamente, toma lugar la molienda de maíz (0.05 min.) antes de transferir la masa hacia la laminadora (5.69m, 0.50min.), en donde se realiza el laminado de masa (0.03 min.), el procedimiento de transferir la masa hacia la laminadora suele ser inconstante y puede provocar que en la laminadora no se realicen las formas del producto deseado, por ejemplo: triángulos incompletos para el producto terminado.

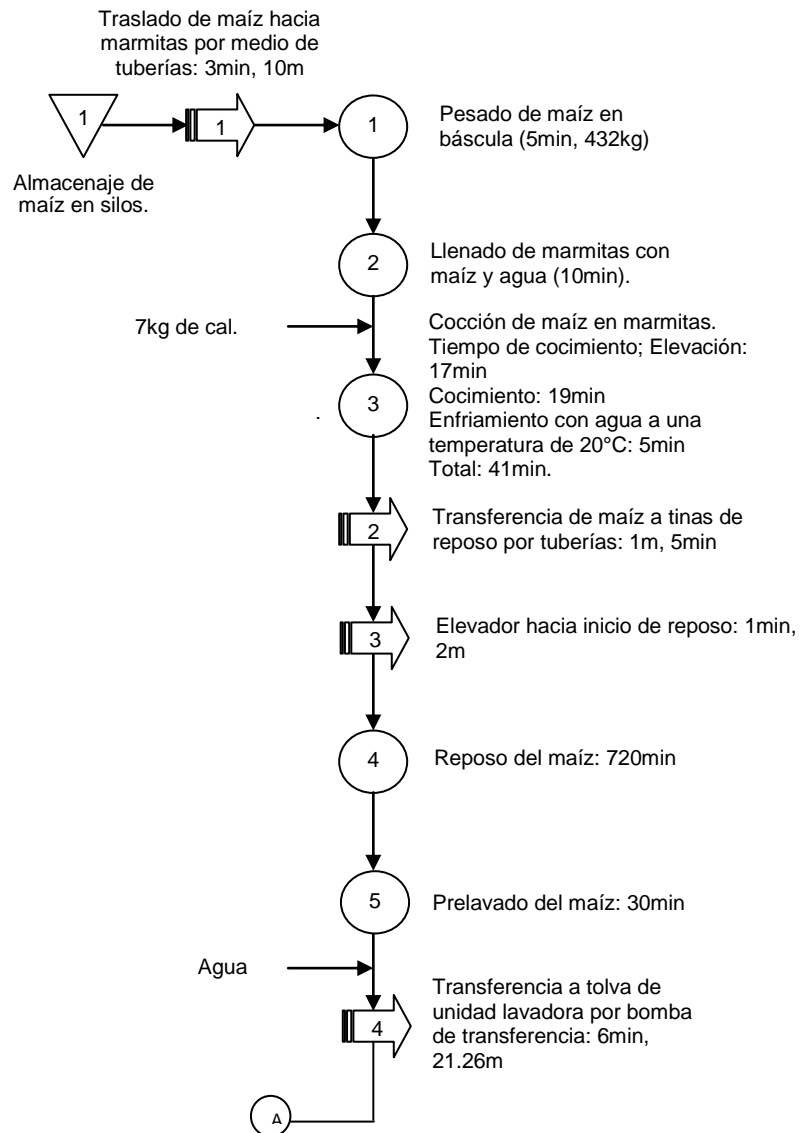
Después de haber pasado por la estación de laminado, viene el horneado del producto (0.26 min.), los hornos se encuentran con hornillas en mal estado y el equipo es muy antiguo para poder operar en óptimas condiciones; después, se transfiere al acondicionador por medio de jirafas (3.85 m, 0.40 min.), en donde se lleva a cabo la equilibración de humedad en el producto (2.5 min.).

Luego se transfiere al freidor (12.10m 1min.), en donde realiza al freído del producto (1.58 min.); seguidamente, se transfiere al tambor sazonador (14.25 m, 0.5 min.), en donde toma lugar el sazonado del producto (23 min.), hay hojuelas que al pasar dicha maquinaria quedan con partes de su superficie sin condimento, esto es parte importante en la calidad del producto terminado, por último es transportado por una jirafa hacia vibradores (7.59 m, 1 min.) y por último hacia área de empaque o acumulación de granel en cajas.

Después de haber detallado la descripción del diagrama de flujo del proceso actual de la línea de tortilla, se presenta, a continuación en la siguiente figura, en forma gráfica y la secuencia del mismo, detallando por cada actividad: tiempos, distancias, pesos, etc., dependiendo si lo requiere la actividad misma.

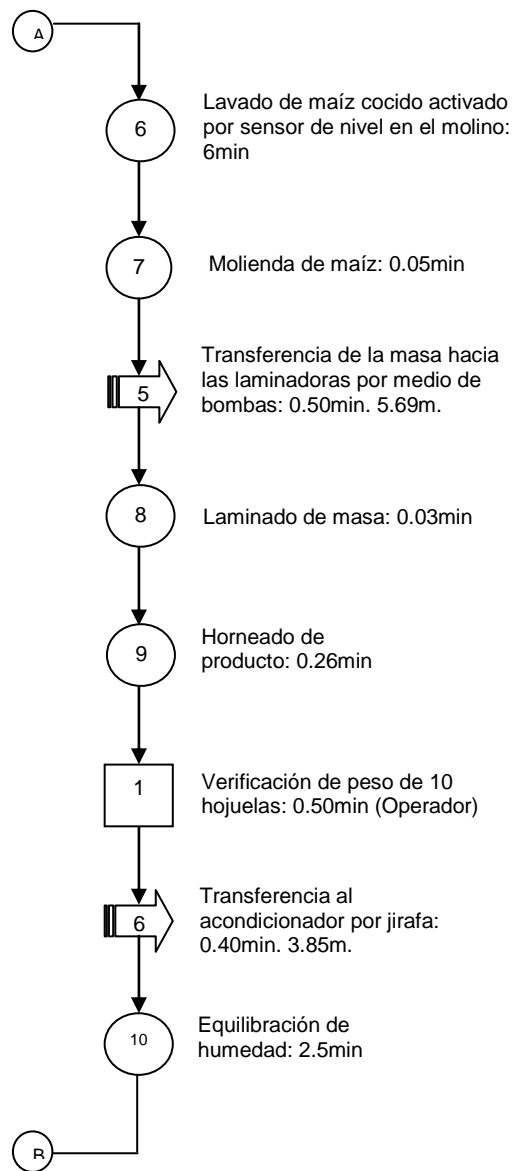
**Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de tortilla**

|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Asunto: Diagrama flujo línea tortilla | Área: Manufactura                     |
| Departamento: Producción              | Empresa: Productos Alimenticios René  |
| Método: Actual                        | Analista: Julio Orellana              |
| Inicio: Almacenaje de maíz en silos   | Fin: Vibradores hacia área de empaque |
|                                       | Hoja 1 de 4                           |



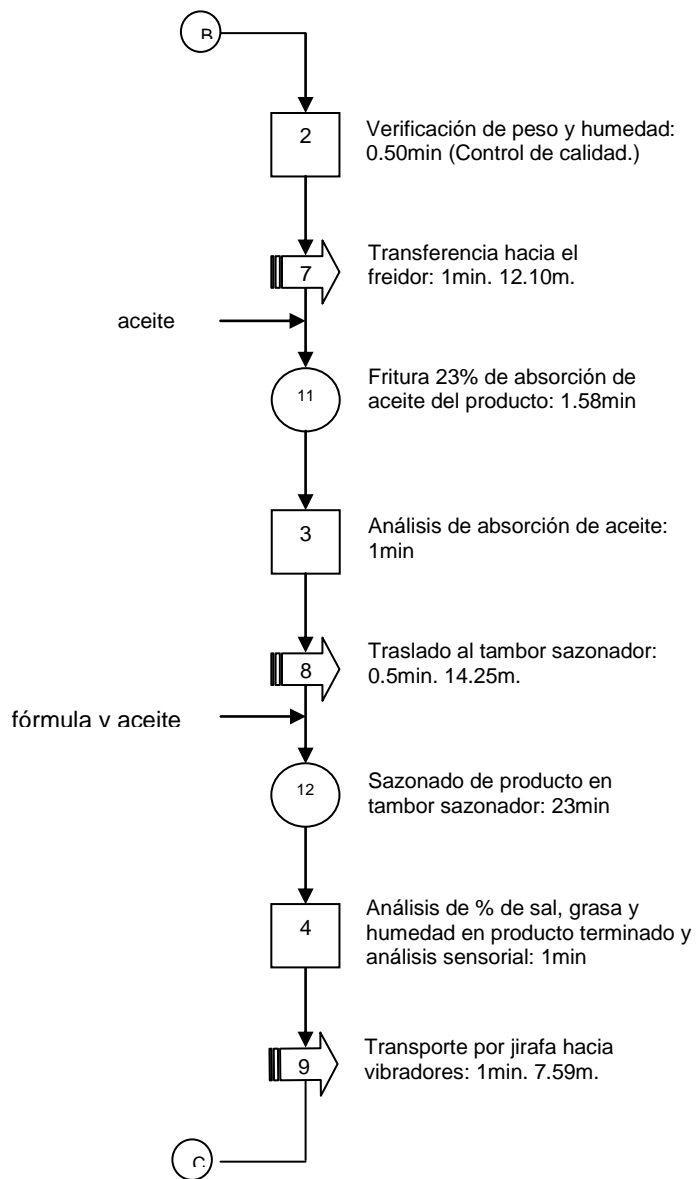
### Continuación Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de tortilla

|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Asunto: Diagrama flujo línea tortilla | Área: Manufactura                     |
| Departamento: Producción              | Empresa: Productos Alimenticios René  |
| Método: Actual                        | Analista: Julio Orellana              |
| Inicio: Almacenaje de maíz en silos   | Fin: Vibradores hacia área de empaque |
|                                       | Hoja 2 de 4                           |



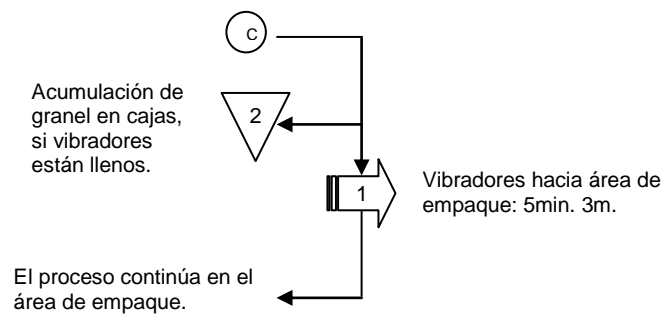
### Continuación Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de tortilla

|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Asunto: Diagrama flujo línea tortilla | Área: Manufactura                     |
| Departamento: Producción              | Empresa: Productos Alimenticios René  |
| Método: Actual                        | Analista: Julio Orellana              |
| Inicio: Almacenaje de maíz en silos   | Fin: Vibradores hacia área de empaque |
|                                       | Hoja 3 de 4                           |



### Continuación Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de tortilla

|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Asunto: Diagrama flujo línea tortilla | Área: Manufactura                     |
| Departamento: Producción              | Empresa: Productos Alimenticios René  |
| Método: Actual                        | Analista: Julio Orellana              |
| Inicio: Almacenaje de maíz en silos   | Fin: Vibradores hacia área de empaque |
|                                       | Hoja 4 de 4                           |



#### Resumen del Diagrama de flujo del proceso

| Símbolo      | Actividad              | Cantidad  | Tiempo         | Distancia   |
|--------------|------------------------|-----------|----------------|-------------|
| ○            | Operación              | 12        | 839 min        | ---         |
| □            | Inspección             | 4         | 3 min          | ---         |
| ◻            | Operación e inspección | 0         | 0 min          | ---         |
| ➡            | Transporte             | 10        | 23 min         | 81 m        |
| ▽            | Almacenaje             | 2         | ---            | ---         |
| D            | Demora                 | 0         | 0 min          | ---         |
| <b>TOTAL</b> |                        | <b>28</b> | <b>865 min</b> | <b>81 m</b> |

Como se puede observar en la figura anterior se presenta el procedimiento detallado de la elaboración de los productos de tortilla, junto con el tiempo de cada operación, distancias, etc.; se ve en el resumen que el tiempo total desde que el maíz se encuentra almacenado en silos hasta el área de empaque es de 865 min., y el tiempo de transporte de 23 min. recorridos en 81m., no existen demoras ni operaciones/inspecciones en el proceso.

Los tiempos de operación y transporte son los que más tiempo lleva debido a que la operación de reposo del maíz y el traslado del maíz desde su almacenaje hasta la primera operación son actividades que aumentan considerablemente estos tiempos. Así como la gran distancia en el transporte del producto se debe a tuberías que transportan el producto desde su almacenamiento y bandas acondicionadoras que son utilizadas en toda la operación para evitar que se peguen las hojuelas.

### **2.1.2. Insumos principales**

Los insumos principales utilizados en el proceso de la línea de tortilla son: maíz, agua, aceite, cal y la fórmula del condimento. La cal es utilizada en el cocimiento del maíz y sirve también para ablandarlo; el agua, se emplea a diferentes temperaturas dependiendo del área del proceso en la que se necesite, por ejemplo, en el cocimiento el agua debe estar a una temperatura aproximada de 20°C; el aceite, es el utilizado en el área de freído; y por último, la fórmula, se emplea en el sazonado, después de la base frita.



En la figura 3, de las páginas 13 a la 16, se presentó el diagrama de flujo del proceso en donde se encuentra la relación de los insumos principales en la descripción del proceso.

#### **2.1.2.1. Almacenaje de maíz en silos**

Los dos silos de Productos René son estructuras diseñadas para almacenar el grano de maíz a granel, tienen forma cilíndrica, asemejándose a una torre, construidos de metal. El diseño que poseen emplea las descargas desde su parte superior y la salida por la parte inferior realizadas con descargadores mecánicos.

Una ventaja de los silos de torre es que el maíz tiende a empacarse bien gracias a su propio peso, con excepción de algunos metros de la parte superior. La limpieza en los silos se realiza debido al material que se consolida en la base del silo, y el otro, el material que comienza a adherirse a los lados interior del mismo. Estos problemas reducen la capacidad operativa y llevan a la contaminación por mezclarse materiales nuevos con antiguos. Por estas razones la limpieza se realiza mensualmente en ambos silos.

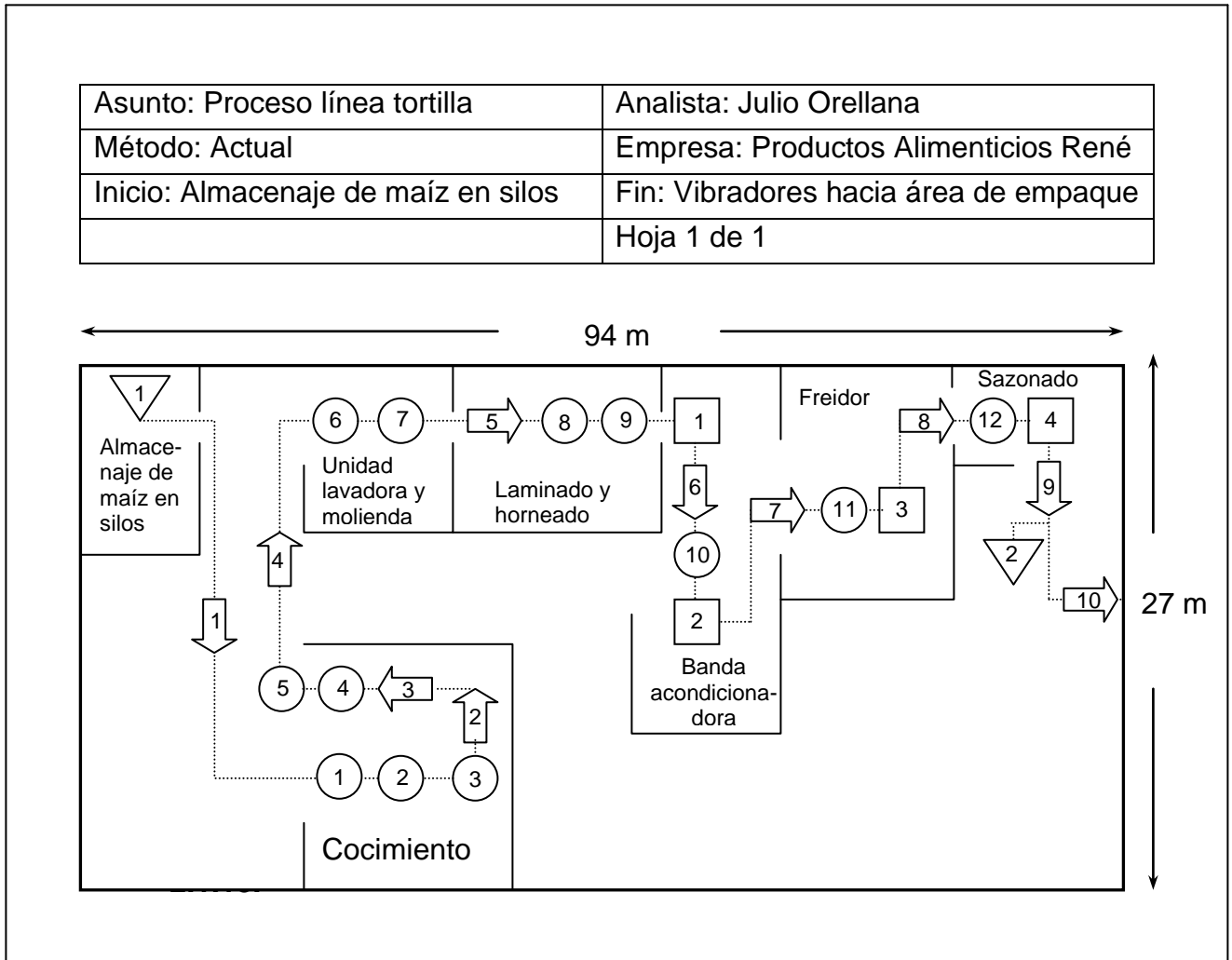
Durante el almacenaje del maíz, se debe mantener la calidad del grano cosechado y evitar el desarrollo de enfermedades, esto se realiza al mantener las condiciones de almacenamiento adecuadas en cada silo. Entre estas tenemos: el maíz con un contenido de humedad del 14,5 por ciento a 12°C para mantener su condición originaria y así evitar la interacción de los insectos y hongos.

El contenido de humedad del maíz, elemento importante de su composición química, se considera un factor de la calidad porque influye mucho en la composición, en los cambios de calidad durante el almacenamiento y elaboración, y en su valor económico. El maíz con humedad elevada, de textura blanda, se deteriora con facilidad durante el almacenamiento.

### **2.1.3. Diagrama de recorrido**

El proceso de la línea de tortilla empieza en el área de almacenaje de maíz en silos, que es de donde se realiza el pedido de los lotes de esta materia prima, seguidamente, es trasladado por medio de tubería hacia el área de cocimiento, en donde tiene lugar, además, el reposado del maíz; posteriormente es trasladado el maíz hacia la unidad lavadora y realizar seguidamente la molienda, para luego, darle la forma requerido al producto en el módulo de laminado y, después, hornear las hojuelas; a través de la banda acondicionadora, que es el siguiente paso del proceso, se equilibra la humedad de las hojuelas para alcanzar el correcto porcentaje de absorción de aceite en el área de freído, seguidamente se encuentra el sazonado del producto para luego trasladarlo al área de vibradores.

**Figura 4. Diagrama de recorrido proceso actual**



En el anterior diagrama de recorrido se puede observar que la ubicación de las áreas de trabajo en todo el proceso de la línea, la distancia de transporte entre un área y otra es un punto a resaltar y se incrementa sobre todo entre el almacenaje de maíz, que son los silos, y el área de cocimiento, esto debido a que por el tamaño de dichos silos, tienen que estar afuera de las instalaciones productivas de la empresa. Se puede observar como desventaja en este diagrama la falta de inspecciones en áreas críticas como cocimiento, la unidad lavadora del maíz y la molienda.

#### **2.1.4 Maquinaria y equipo utilizado en el proceso**

En la producción de la línea de tortilla se requiere de maquinaria, la cual a continuación se detalla, al igual que los pocos procesos manuales, que se llevan a cabo en la línea y después una figura de las mismas.

Para la elaboración de los diferentes productos de la línea de tortilla, Productos Alimenticios René cuenta con cuatros silos para el almacenaje del maíz, tubería de transporte del maíz con cangilones; en el proceso de cocimiento se encuentran dos marmitas para cocción del maíz y veinticuatro tinas de reposo para el maíz cocido, seguidamente se encuentra la estructura de la unidad lavadora para luego seguir con la banda de drenado, que contiene espreado de agua, y el molino junto con sus tuberías y bombas de masa que son las encargadas de llevar la masa a las tortilladoras o laminadoras, que es donde se le da la forma al producto.

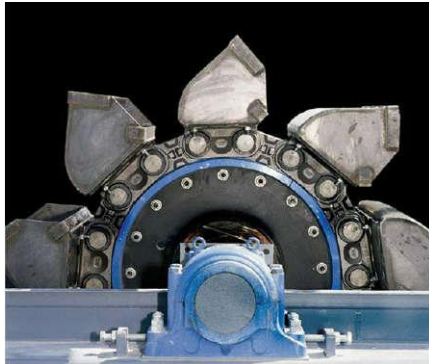
**Figura 5. Silos de almacenamiento del maíz**



Fuente: **Niebel, Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos, manejo de materiales**, 3ra edición, México: AlfaOmega, 1995.

Se encuentran tres silos para almacenar la materia prima, el maíz, tanto de la línea de doritos como de tortrix. El maíz descargado en esta área suele traer mucha basura e impurezas dentro del mismo que pueden pasar por alto limpieza del mismo antes de ser transportado para su proceso.

**Figura 6. Tubería de transporte con cangilones**



Fuente: **Niebel, Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos manejo de materiales**, 3ra Edición, México: AlfaOmega, 1995.

Debido a la rapidez con que es transportado el maíz, mediante los cangilones, generalmente suele caerse parte del producto que lleva dentro del mismo y perderse.

En la siguiente figura se presenta una marmita, éstas son utilizadas para la cocción del maíz, en la línea de tortilla se encuentran dos y en ella se puede observar la forma de la misma.

**Figura 7. Marmita**



Fuente: **Niebel, Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos manejo de materiales**, 3ra Edición, México: AlfaOmega, 1995.

En la figura anterior se puede observar el equipo utilizado para la cocción del maíz, la capacidad utilizada en cada lote de producción es de 432 kg. de maíz en un tiempo de cocimiento de 17 min., el cual es muy variable por turno y teniendo poca supervisión y control del mismo.

**Figura 8. Laminadoras o tortilladoras y horno.**



Fuente: **Niebel, Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos manejo de materiales**, 3ra Edición, México: AlfaOmega, 1995.

Mediante una tubería es transportado el maíz, después de la molienda, hacia una laminadora o tortilladora, que es donde se le da la forma al producto: triángulos, rectángulos, etc.

En dicha operación suelen producirse hojuelas mal formadas debido a que la presión con la que llega la masa hacia las laminadoras varía en el proceso y no vaya a la velocidad de la laminadora, el cual provoca como resultado que se desperdicie y se tenga que eliminar dichas hojuelas hacia el siguiente proceso.

Después de haberle dado la presentación final a la masa, pasa por los hornos para luego ser conducidos por la jirafa a las bandas de acondicionamiento y ser depositada dentro del freidor, al salir del freidor son llevadas por unas bandas de enfriamiento que transportan el producto a los vibradores que se encuentran antes del tambor sazonador que luego son conducidos nuevamente por una jirafa a la sección de los vibradores que transportan el granel al área de empaque o bien a acumular dicho granel.

**Figura 9. Jirafas bandas de transporte**



Fuente: **Niebel, Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos manejo de materiales**, 3ra Edición, México: AlfaOmega, 1995.

Banda de transporte con cangilones incorporados en forma de jirafa para transportar producto después del horneado y/o sazonado.

En todo el proceso de la línea es utilizado equipo de medición para llenar los formatos de control de las variables críticas en proceso, dicho gráfico se encuentran en la figura 10, página 28; este procedimiento es realizado ya sea por lo operarios de la línea o datos que obtienen del laboratorio de control de calidad; entre los aparatos utilizados se encuentran: termómetros, cronómetros, básculas, entre otros.

Entre las deficiencias encontradas en la maquinaria utilizada en el proceso de la línea de tortilla se encuentra que las hornillas de los hornos utilizados para el cocimiento de la hojuela no son consistentes en sus superficies lo cual provoca que dicha hojuela salga con mayor humedad a la salida de los mismos. Además, la temperatura de cada uno varía entre sí, lo cual provoca una inconsistencia del producto a la salida de cada uno.

Además, se puede mencionar que la temperatura del agua en la unidad lavadora es muy variable, la cual se debe controlar más para no afectar al proceso; las bombas de masa que son las encargadas de llevar la masa a las laminadoras, en ocasiones no llevan suficiente presión y permite que las cortadoras de las hojuelas salgan sin la forma esperada; el tambor sazonador no produce un esparado del condimento adecuado para que se pegue en toda la superficie de la hojuela.



### **2.1.5 Procedimientos de control**

Los procedimientos de control que existen dentro de la línea de tortilla varían desde controles que realizan los operarios en sus estaciones de trabajo hasta controles que periódicamente realiza el laboratorio de control de calidad.

Los operarios en sus respectivas áreas de trabajos, anotan los resultados de cada variable crítica para saber como se está comportando el proceso de producción, ellos avisan a su respectivo supervisor de la línea y éste es el único que tiene la decisión para realizar acciones correctivas que permitan variar y controlar el proceso, esto basado en interpretaciones que se fundamentan en como se comportan los datos en el control de cocimiento y reposo, dicho formato se encuentra en la figura 11, página 31.

Esperar a que el supervisor de la línea dé instrucciones para cambiar el rumbo del proceso productivo repercute en que dicho cambio puede tardar y ocasionar una producción defectuosa por cierto período de tiempo; además, los operarios son los que están directamente ligados a las operaciones que se realizan en sus respectivas áreas de trabajo.

Un ejemplo de lo anterior sucede cuando en el turno nocturno, hay un único supervisor por todas las líneas de Fritolay, lo que generalmente, dificulta la atención especial que pueda tener dicho supervisor sobre la línea de Doritos.

El personal del laboratorio de control de calidad cada hora lleva el registro de variables críticas y no críticas, sensoriales y por atributos, para evaluar el comportamiento del producto con respecto a que si dichas variables cumplen con las especificaciones, al final, esto es valorado por este departamento y se registra para conocer los porcentajes de producto con buena o baja calidad.

Las desventajas presentadas en la toma del registro de datos por parte del laboratorio de control de calidad, es que generalmente excluye al departamento de producción en los análisis respectivos de las muestras, cuando ambas partes, deberán tomar decisiones para mejorar las variabilidades en el proceso, basándose en los resultados del mismo.


Las desventajas mencionadas en el párrafo anterior, se presentan de la siguiente manera: las variables registradas cada hora de producción por línea en la hoja de puntos débiles, por parte del laboratorio de control de calidad, se encuentra en la figura 12, página 33; por ejemplo, si en la línea de tortilla existiera una corrida de producción para fabricar doritos salsa verde, los analistas del laboratorio son los encargados de realizar mediciones, de todas las variables específicas para dicho producto, al final de cada hora y anotarlas en su formato respectivo.

Generalmente, las decisiones en cambios de la producción son tomadas únicamente por mediciones que se realizan en las distintas áreas de la línea y algunas de las tomadas por parte del personal del laboratorio, cuando para tomar dichas decisiones se deberían de basar en ambas informaciones completas: la del laboratorio como la medida por el personal de la línea.

### **2.1.6 Formatos utilizados**

En las áreas de cocimiento, horneado y freído se anotan las variables críticas en cada parte del proceso, estas son registradas por cada operario encargado, bien sea por mediciones realizadas por ellos mismos o que son recopiladas del laboratorio de calidad, éstos resultados son anotados por separado en cada formato de control que se presenta en la siguiente figura y sus desventajas son discutidas después de la misma.

Figura 10. Formato de control línea de tortilla

| INSTRUCCIONES:   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  <p><b>FABRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS "RENE" Y CIA. S. C. A.</b></p> | <p>1. EL VALOR ACTUAL OBTENIDO DEBE ESTAR DENTRO DE ESPECIFICACIONES, DE NO HACERLO, REALIZAR LA ACCIÓN CORRECTIVA NECESARIA (HACER AJUSTE, DETENER, PARAR, ETC.) ANOTAR LA ACCIÓN CORRECTIVA REALIZADA ABAJO DE LA GRAFICA DE CONTROL.</p> <p>2. VALOR PREDECIDO=ES EL PROMEDIO DEL VALOR ACTUAL Y EL VALOR PREDECIDO ANTERIORMENTE.</p> <p>3. TOMAS DE DECISIÒN: CUALQUIER VALOR PREDECIDO EN ZONA ROJA INDICA QUE INMEDIATAMENTE DEBEN HACERSE AJUSTES DE PROCESO EN LINEA. ANOTAR LA ACCIÓN CORRECTIVA ABAJO DE LA GRAFICA DE CONTROL.</p> <p>4. EN LOS ARRANQUES O DESPUÉS DE UN PARO LARGO EL VALOR ACTUAL TAMBIÉN SERÁ UTILIZADO COMO VALOR PREDECIDO.</p> | <p>VARIABLE:</p> <p>PRODUCTO:</p> <p>FECHA:</p> <p>LÍNEA:</p> <p>OPERADOR:</p> <p>ESPECIFICACION:</p>   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| HORA:<br>VALOR ACTUAL<br>VALOR PREDECIDO   | LCS AJUSTAR<br>AIM<br>LCI AJUSTAR   | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td><td style="width: 33px; height: 20px;"></td></tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ACCIONES CORRECTIVAS   | (1) _____ (4) _____ (7) _____<br>(2) _____ (5) _____ (8) _____<br>(3) _____ (6) _____ (9) _____   | INTERPRETAR:<br>_____<br>_____<br>_____<br>_____  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

El formato de control de la línea de tortilla presentado en la figura anterior, es llenado por los operarios encargados de las áreas de cocimiento y molienda, las variables anotadas en cada gráfico, generalmente, son llenados como un papeleo innecesario que lleva cada operario y no permiten tener una visión clara para saber que decisiones tomar para mejorar el rumbo del proceso.


En los gráficos de control los operarios encargados anotan el producto que se está produciendo en la línea, la fecha, su nombre, la variable a medir, el turno y la especificación de la variable. Posteriormente anotan el dato en cada hora de producción en la casilla de valor actual, este dato como se menciono anteriormente, es proporcionado por los analistas del laboratorio de control de calidad, mediciones realizadas por ellos mismos o lecturas de la maquinaria que operan. Este dato es colocado en el gráfico y si no se encuentra entre las especificaciones, se debe colocar qué acciones correctivas se tomaron.

La figura 11 página 32, pertenece al formato de cocimiento y reposo, en cocimiento se llena dicho gráfico que concierne a las variables exclusivas de esta parte del proceso, en este se anotan los tiempos de elevación, cocimiento, enfriamiento, agitación, total de cocimiento, reposo, de residencia de los dos hornos, del acondicionador y del freidor; las temperaturas de masa de los dos hornos, de cada horno, de cocimiento, de la banda de drenado, la final de reposo, del freidor y de la hojuela en el tambor sazonador; las humedades a la salida y de la masa de los hornos, y de la banda de drenado; las presiones del tambor y del agua.

Este análisis tan profundo se debe a que esta área de proceso es una de las más críticas para obtener un producto de buena calidad y satisfacción por parte del consumidor. El operario encargado de esta área del proceso anota cada uno de los datos de las variables mencionadas con anterioridad, esto mediante mediciones realizadas por él mismo, brindadas por el laboratorio de calidad o lecturas digitales del equipo de cocimiento.

El formato expuesto en los párrafos anteriores, se presentan en la siguiente figura y después se exponen sus deficiencias encontradas.

Figura 11. Formato de cocimiento y reposo



FECHA: \_\_\_\_\_

TURNO: \_\_\_\_\_

OPERADOR: \_\_\_\_\_

SUPERVISOR: \_\_\_\_\_

### COCIMIENTO

| PUNTOS DE CONTROL                | RANGO   | MARMITAS |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------|---------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Presión de Vapor (PSI)           | 38-42   |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de elevación (min)        | 9-20    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de cocimiento (min)       | 2-8     |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de enfriamiento (min)     | 3-5     |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de agitación (min)        | 5       |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo total de cocimiento (min) | 19-38   |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura de cocimiento (°C)   | 93.3    |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura registrada (°C)      | Gráfica |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura de descarga (°C)     | 60-65   |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Humedad de descarga (%)          | 34-36   |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Hora de descarga                 |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### REPOSO

|                                  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Descarga No.                     |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| No. línea                        |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Hora final de reposo             |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de reposo (Hr.)           | 12        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura final de reposo (°C) |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sección Izquierda                | 43        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sección Izquierda                | 43        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sección Derecha                  | 43        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Humedad después del reposo (%)   | 42-46     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura maíz lavado (°C)     | 26.6-32.2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Humedad de masa (%)              | 50-53     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura masa (°C)            | 34-36     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Entrada

Salida

Cosidas

Consumidas

Entrada

Salida

Cosidas

Consumidas

Entrada

Salida

Cosidas

Consumidas

Entrada

Salida

Cosidas

Consumidas

Entrada

Salida

Cosidas

Consumidas

Entrada

Salida

Cosidas

Consumidas

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

MAYA IMPRESOS TEL: 331-9286 6.000 LML - Feb. /2004

La deficiencia del formato, es que no se utiliza como una herramienta de control de la calidad en el proceso, y tampoco es supervisado constantemente por parte del ingeniero encargado de la línea de tortilla, y esto hace que el operario pierda el interés en utilizar dicho formato como una oportunidad de mantener estandarizadas las variables críticas, antes de llegar a la siguiente estación de trabajo.

Otro de los formatos importantes para controlar la calidad en el proceso de la línea de tortilla es el gráfico evaluación de puntos débiles de calidad, dicho formato se presenta en la siguiente figura y su descripción a continuación.

El laboratorio de control de calidad realiza cada hora una inspección de la línea de tortilla cuando se encuentra produciendo, realiza controles sensoriales, así como de los parámetros críticos y atributos a registrar del producto. Entre los controles sensoriales se encuentran inspecciones de la apariencia, textura, sabor del condimento, entre otros, de la hojuela; en los parámetros críticos se toman en cuenta temperaturas de masa, del freidor, etc., así como porcentajes de defectos totales, cobertura, sal, entre otros; para los atributos a registrar, humedades de producto terminado, salida de horno, etc. Todos estos controles son realizados dentro del laboratorio o por parte del analista encargado de realizar las rondas de inspección.

Dichas muestras son tomadas dentro del proceso productivo, dependiendo de la variable que se quiere determinar y en qué parte del mismo se encuentre.



**Figura 12. Gráfico evaluación de puntos débiles de calidad**

| Evaluación de Puntos Débiles de Calidad           |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
|---|--------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|------------------|
|   |        |               |  |  |  |  |  |  |  | Calidad Ganadora |
|   |        |               |  |  |  |  |  |  |  | Fecha:           |
|   |        |               |  |  |  |  |  |  |  | Turno:           |
|   |        |               |  |  |  |  |  |  |  | Elaborado por:   |
|   |        |               |  |  |  |  |  |  |  | Super. Por:      |
| <b>NACHO QUESO</b>                                |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| <b>HORA</b>                                       |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| <b>SENSORIALES</b>                                |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| APARIENCIA  |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| TEXTURA   |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| SABOR DEL CONDIMENTO                              |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| SABOR DE LA BASE                                  |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| <b>PARÁMETROS CRÍTICOS</b>                        |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
|   | AIM    | VERDE         |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| HUMEDAD DE BANDA DE DRENADO                       | 44.00  | 42.0 - 46.0   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| TEMPERATURA DE MASA (°C)                          | 35.00  | 32.0 - 38.0   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| TEMPERATURA DEL FREIDOR (°C)                      | 182.20 | 180.6 - 183.9 |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| ÁCIDOS GRASOS LIBRES (A.G.L.)                     | 0.30   | 0.00 - 0.35   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * DEFECTOS TOTALES (%)                            | 0.00   | 0.0 - 0.35    |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * DOBLADOS (%)                                    | 0.00   | 0.0 - 10.0    |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * PEGADOS (%)                                     | 0.00   | 0.0 - 2.0     |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * AMPULAS (>1/4 plg) (%)                          | 0.00   | 0.0 - 2.0     |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * ACEITOSOS (%)                                   | 0.00   | 0.0 - 5.0     |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * PESO 10 TOSTITOS BASE FRITA (g)                 | 6.50   | 0.0 - 5.0     |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * HUMEDAD BASE FRITA (%)                          | 1.10   | 1.00 - 1.20   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * ACEITE BASE FRITA (%)                           | 25.50  | 24.0 - 27.0   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * COBERTURA (75% min. De la superficie total) (%) | 100.00 | 90.0 - 100.0  |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| SAL PRODUCTO TERMINADO (%)                        | 1.30   | 1.1 - 1.4     |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| <b>ATRIBUTOS A REGISTRAR</b>                      |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| VALOR DE OXIDACIÓN                                | 30.00  | 0.0 - 50.0    |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * HUMEDAD DE MASA (%)                             | 52.00  | 51.0 - 53.0   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| PUNTOS TOSTADOS                                   | 0.00   | 0.0 - 5.0     |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * HUMEDAD SALIDA DE HORNO (%)                     | 40.00  | 38.0 - 42.0   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| * HUMEDAD DE PRODUCTO TERMINADO (%)               | 1.30   | 1.00 - 1.70   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| ACEITE PRODUCTO TERMINADO (%)                     | 26.40  | 24.4 - 28.4   |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| <b>HOJUELA ENTERA</b>                             |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| HOJUELA ENTERA (%)                                | 100.00 | 50.0 - 100.0  |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| PARCIAL (%)                                       |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| PRODUCTO ROTO (<60% del área) (%)                 | 0.00   | 0.0 - 10.0    |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| <b>PROMEDIO</b>                                   |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| ACEITE BASE FRITA                                 |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| HUMEDAD DE BASE FRITA                             |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| ACEITE DE PRODUCTO TERMINADO                      |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| SAL DE PRODUCTO TERMINADO                         |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
| <b>OBSERVACIONES:</b>                             |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
|   |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |
|   |        |               |  |  |  |  |  |  |  |                  |

Las desventajas que presenta este formato es que los operarios encargados de áreas de trabajo críticas de la línea de tortilla usualmente no tienen un fácil acceso a esta información, se mantiene dentro del departamento de control de calidad, es un formato con variables importantes que pueden ser de utilidad para tomar decisiones en el proceso productivo de la tortilla.

## **2.2 Antecedentes de las variaciones de los límites de especificación de los puntos críticos en el proceso**

En los controles de calidad llevados por el laboratorio, en el proceso de la línea de tortilla existen desviaciones de los parámetros críticos, tanto en el producto final como en las diferentes fases del proceso, lo que hace necesario mejorar dicho proceso dependiendo de cuales son las variables con mayor porcentaje de desviaciones de sus especificaciones.

### **2.2.1 Límites de especificación**

Existen variables críticas de proceso y no críticas, la diferencia entre una y otra consiste en que las primeras son las que se toman en cuenta para calificar el producto como de buena calidad, no importando que las otras variables estén o no en el rango de especificación respectivo.

Los límites de especificación de las variables críticas de proceso no conllevan deficiencias ni problemas ya que su objetivo es cumplir con el gusto de un mercado regional exigente de buena calidad en productos de botanas.

El gráfico evaluación de puntos débiles de calidad presentado en la página anterior contiene cuatro apartados: los parámetros críticos, sensoriales, atributos a registrar y la hojuela entera; en donde se encuentran agrupadas variables a registrar en el proceso, junto con sus respectivos límites de especificación, para el control de calidad de los productos de la línea de tortilla.

Los analistas del departamento de control de calidad son los encargados de llenar dicho gráfico, cada hora son tomadas muestras que son evaluadas luego dentro del laboratorio por parte de dicho personal para llenar cada apartado del mismo y así definir si un producto cumple o no con los parámetros de calidad.

Los parámetros críticos contienen los datos cuantitativos más importantes de proceso y de producto, además que su análisis es fisicoquímico, y son consideradas de orden primario debido a que son las más importantes de las variables a registrar; las sensoriales, son aquellas que su análisis es en forma gustativa, visuales, olfativos y táctiles; los atributos a registrar, son los parámetros ajenos al producto pero esenciales en el proceso; y por último, la hojuela entera, que trata todo lo referente a cómo está compuesta dicha hojuela.

Los límites de especificación de las variables críticas en proceso que requiere la empresa para su producto Dorito 2000 de la línea Tortilla se presentan en la Tabla I de la siguiente página.

Los puntos de control de calidad de variables críticas sensoriales para el producto doritos son medidas cualitativas que el analista de laboratorio califica de acuerdo a parámetros a considerar de cada variable y se encuentran detallados en la tabla II, página 37; la importancia de este análisis radica en que dichos parámetros son las cualidades que el consumidor final ve en el producto terminado. La evaluación de estos puntos también es realizada cada hora por dicho analista y en todo el proceso productivo de la línea.

En referencia al procedimiento de evaluación de las variables sensoriales, el analista de turno del laboratorio de control de calidad, sale cada hora de producción de la línea y se ubica después del sazonado del producto, allí toma de tres a cinco hojuelas y mide en forma sensorial su apariencia, textura, sabor del condimento y de la base, los resultados los anota y es un procedimiento generalmente que no toma más de cinco minutos.

**Tabla I. Límites de especificación de variables críticas para el producto Doritos**

| <b>ASPECTO</b>                    | <b>LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN</b> |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| Doblados (%)                      | 0.0 % + 2.0 %                    |
| Pegados (%)                       | 0.0 % + 2.0 %                    |
| Ámpulas (> ¼ plg.) (%)            | 0.0 % + 5.0 %                    |
| Aceitosos (%)                     | 0.0 % + 5.0 %                    |
| Peso 10 tostitos base frita (g)   | 21.50 g. ± 1.50 g.               |
| Humedad base frita (%)            | 1.10 % ± 0.10 %                  |
| Aceite base frita (%)             | 23.50 % ± 1.4 %                  |
| Cobertura (%)                     | 100.0 % - 10 %                   |
| Sal producto terminado (%)        | 1.50 % ± 0.20 %                  |
| Puntos tostados                   | 0.00 + 5.00                      |
| Humedad de producto terminado (%) | 1.00 % ± 30 %                    |
| Aceite de producto terminado (%)  | 26.40 % ± 2 %                    |
| Hojuela entera (%)                | 100 % - 45 %                     |

Estas variables críticas son perfectamente medibles y se hicieron para medir la calidad del producto tanto en proceso como terminado. Estos son los parámetros que se deben tomar en cuenta para modificar cómo hacer el producto en cada estación de trabajo o qué cambios en la operación son necesarios para alcanzar los resultados de calidad deseados, que cuantitativamente están reflejados en la tabla anterior.

**Tabla II. Puntos de control de calidad de variables críticas sensoriales para el producto doritos**

| <b>Variable</b>      | <b>Puntos de control en producto terminado</b>   |
|----------------------|--|
| Apariencia           | Defectos, ámpulas, color, tamaño, aceitoso, cobertura sazonado, rotura.                                  |
| Textura              | Dura / frágil, chiclosa pegajosa, quebradiza desmenuzable  |
| Sabor del condimento | Equilibrio de sabores, sabores extraños, nivel de sazonado   |
| Sabor de la base     | Tostado o quemado, mal sabor, maíz crudo, maíz agrio, sensación de resequedad en la boca, sabor extraño. |

## **2.2.2 Desviaciones más frecuentes**

Las desviaciones más frecuentes en las especificaciones de las variables críticas en la elaboración de los distintos productos de la línea Doritos 2000 son: el porcentaje de aceitosos en el producto terminado, para realizar esta prueba se toma una muestra de 100 g y se evalúa en forma visual dicha cobertura aceitosa por hojuela; el alto porcentaje de aceite en la base frita, esta es una prueba fisicoquímica del aceite contenido antes del sazonado, y por último, la apariencia en el análisis sensorial del producto, que incluye aspectos de defectos, color, entre otros.

Productos René considera que la desviación más frecuente que afecta la calidad del producto es: la apariencia; al hablar de esta variable se refiere a que el consumidor llega a visualizar, entre otros atributos: el tamaño de las hojuelas, esto ocurre generalmente cuando la masa no es consistente a la hora de salir del molino y los cortadores no logran formar una hojuela perfecta.

Además se presentan los defectos como muchos puntos negros o burbujas, rotura en su presentación, la cobertura de sazonado en ambos lados de la hojuela, y más importante, si el producto da la apariencia de estar aceitoso o no, es importante porque es la primera impresión que tiene el consumidor final del producto.

### **2.2.3 Puntos de control de calidad existentes**

Actualmente, para el proceso de elaboración de los productos de la línea Doritos 2000, Productos René, tiene establecido procedimientos de control de calidad a través de su laboratorio, inspecciones o mediciones para saber si se cumple o no con las especificaciones y no elaborar producto de mala calidad; además, cuenta con personal de supervisión y estaciones de trabajo en donde los operarios de línea controlan la calidad en la producción.

Los puntos de control de calidad en el proceso de la línea de tortilla comienzan a la salida del horno, donde el operario toma una muestra significativa en gramos para medir el peso de 10 hojuelas, lo mismo realiza el personal del laboratorio antes de que dichas hojuelas entren al freidor, ellos verifican además del peso, la humedad del producto; a la salida del freidor se realiza un análisis de absorción de aceite del producto; y por último, después del sazonado, se realiza un control de diversos parámetros críticos como: sal, aceite, cobertura, defectos, entre otros.

En el diagrama de flujo del proceso actual de la línea, figura 3 páginas 13 a la 16, se pueden observar estas inspecciones a lo largo del proceso de la línea de tortilla.

## **2.3 Causas de las variaciones de los límites de especificación de los puntos críticos en el proceso**

Entre las causas de la baja calidad importantes para Productos René que se presentan en el proceso de elaboración de los productos de la línea Doritos 2000 están: porcentajes de aceitosos, aceite de base frita, y la apariencia; además, se encuentran los porcentajes de sal y aceite de producto terminado y la humedad de base frita.

### **2.3.1 Análisis del diagrama de operaciones de proceso**

Al observar la ruta de producción de los productos de la línea Doritos 2000 se pudo comprobar que las condiciones del proceso se encontraban muy inconsistentes por área de trabajo, esto quiere decir que en cada módulo de la línea no se tenían muy claros los objetivos a cumplir de las variables críticas, y en algunos casos las variaciones por corrida de producción eran muy considerables.

Al referirse a los objetivos a cumplir por área, se refiere a que por ejemplo: en cocimiento, el operario debe controlar en todo momento que la humedad de descarga del maíz se encuentre entre 34 y 36% y así en cada área de la línea. Por otro lado, al no prestarle mucha atención a estas desviaciones, el personal operativo no mantenía en forma constante estos parámetros trascendentales para mantener una calidad que cumpla con las especificaciones de los productos.



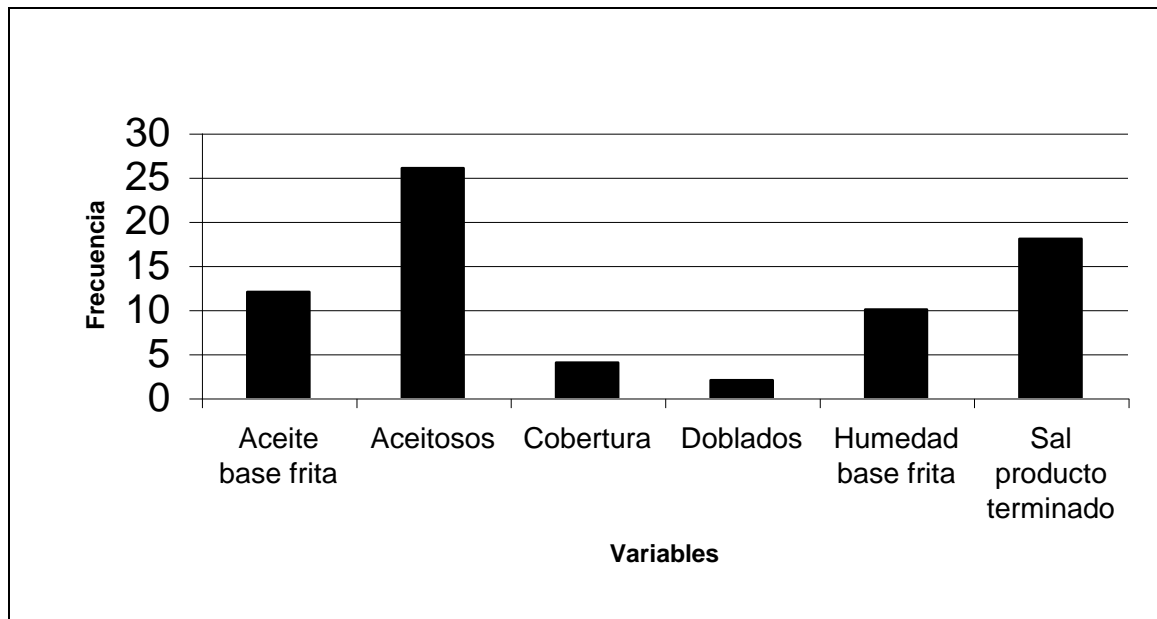
Entre dichos parámetros se encuentran: aceite y humedad en la base frita, el porcentaje de aceitosos en la muestra, los defectos del producto: como cobertura del sazonado, doblados, etc.

La deficiencia del diagrama de flujo del proceso muestra como los puntos más críticos a controlar por parte de todo el personal encargado de la línea no son tomados como los de mayor atención, y estos son: el cocimiento del maíz, la fritura de la hojuela y el sazonado del producto. Dichas estaciones de trabajo son consideradas críticas, ya que en ellas es en donde radican muchos de los defectos y variaciones en las especificaciones de calidad del producto tanto en proceso como final.

### **2.3.2 Histogramas**

Las condiciones actuales con la que se trabaja en la línea de tortilla, según datos proporcionados por Productos René, tomadas de una corrida de producción de 24 horas tomando como unidad de medida la frecuencia en las variaciones de las especificaciones de los puntos críticos más significativos del proceso son: el porcentaje de aceitosos, sal del producto terminado y el aceite de absorción en la base frita.

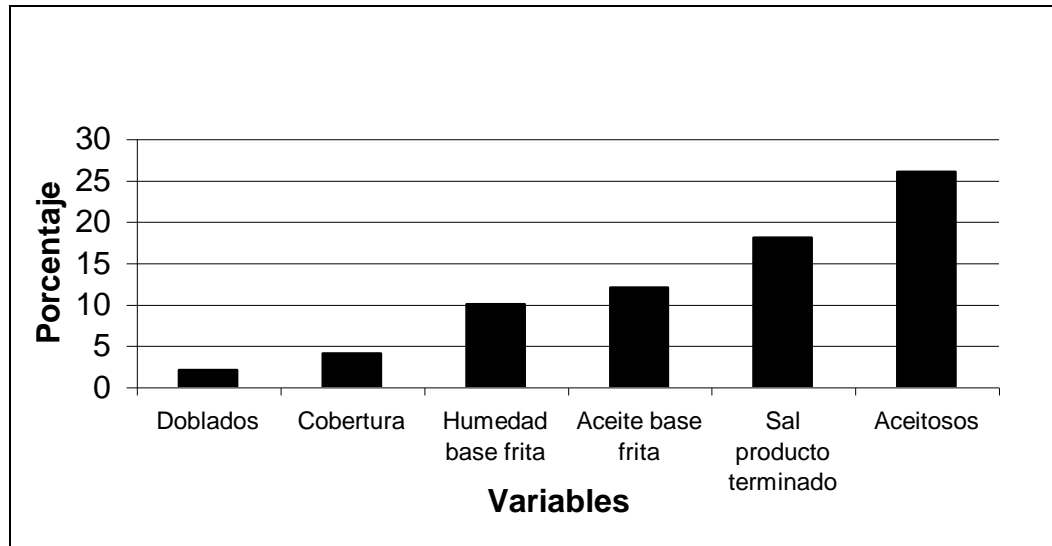
**Figura 13. Variables críticas en proceso línea de tortilla**



### 2.3.3 Diagrama de Pareto

Según la información proporcionada en la figura 13 que es el histograma de variables críticas se realizará un diagrama de Pareto que ayudará a determinar las prioridades de variación en proceso de la línea de tortilla; se observa que la variable que se desvía con mayor frecuencia de sus especificaciones es el porcentaje de aceitosos, luego le sigue el porcentaje de sal de producto terminado, y finalmente, el porcentaje de aceite en la base frita.

**Figura 14. Variables críticas acumuladas proceso línea de tortilla**

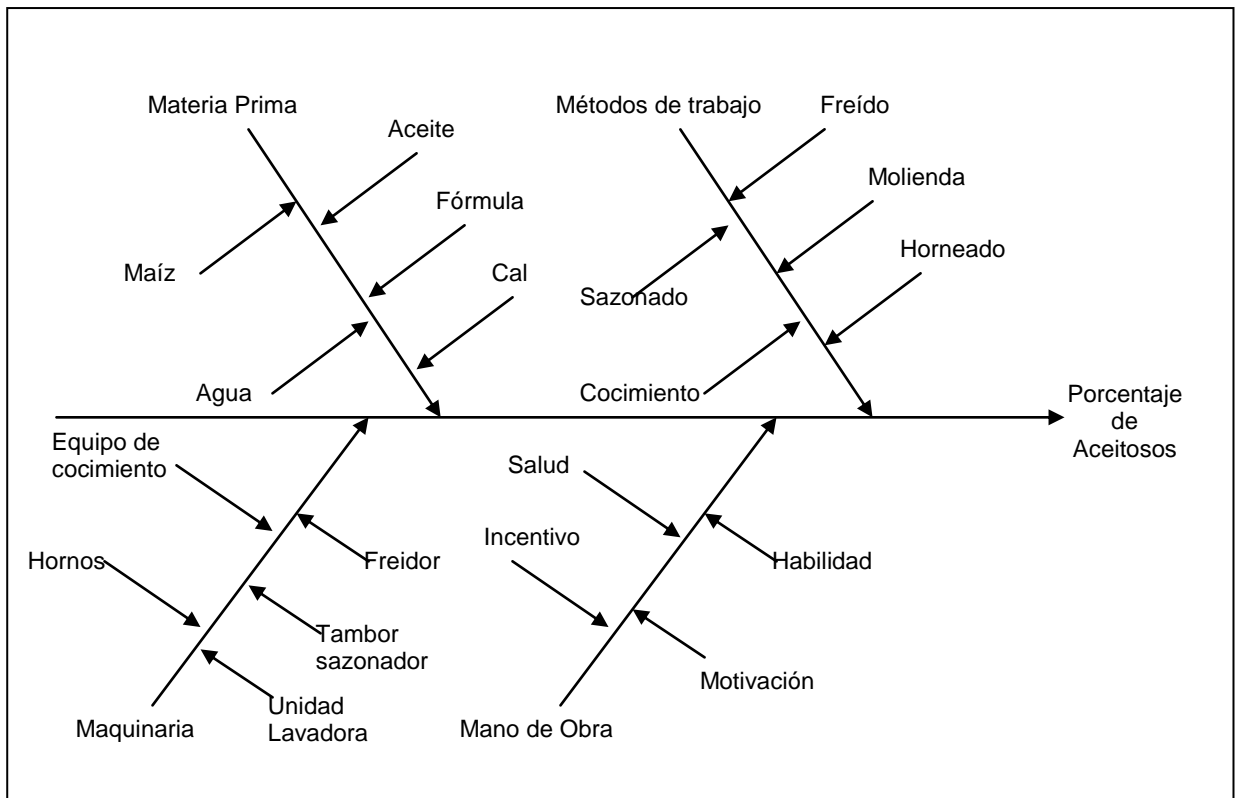


El resultado anterior sirve para enfocar mejoras en la variable de mayor recurrencia en mala calidad que afecta al producto de la línea. A continuación se presentan los diagramas de causa-efecto que permitirán conocer las deficiencias en las distintas partes que conforman el proceso.

### **2.3.4 Diagrama causa-efecto**

Debido a que la variable crítica con mayores desviaciones en sus especificaciones es el porcentaje de aceitosos, en la siguiente figura, se presenta como sub-causas de este inconveniente de calidad: los métodos actuales de trabajo, la maquinaria, la materia prima y la mano de obra, que influyen directamente en el proceso de tortilla.

**Figura 15. Diagrama causa-efecto del porcentaje de aceitosos en proceso línea de tortilla**



Los aspectos que influyen directamente en la materia prima o materiales son básicamente los insumos principales que existen en proceso, dentro de estos tenemos: el maíz, la fórmula del condimento, agua, cal y el aceite.

En los aspectos que influyen directamente los métodos de trabajo se encuentra principalmente la aplicación de los mismos en las diferentes áreas del proceso de la línea, de los cuales se puede mencionar: los métodos de trabajo aplicados en cocimiento, molienda, laminado, horneado, freído y sazonado. A continuación, se detallaran las deficiencias que se observaron en las distintas áreas y métodos de trabajo aplicados en proceso.

En cocimiento, dentro de las deficiencias mayores observadas, se puede mencionar que no existen unas condiciones de proceso adecuadas para que el producto llegue a la siguiente estación de trabajo con la calidad esperada; además, los formatos de control del cocimiento y reposo del maíz, no son estrictamente llenados por los operarios de esta área, lo cual no permite un correcto análisis del comportamiento de las variables críticas según turnos anteriores o a inicios del mismo; las correctas lecturas de la caldera para cocer el maíz es un factor importante, al cual, la mayoría de dichos operadores encargados de esta área, son ajenos y solamente reportando al departamento de mantenimiento, se puede resolver dicho problema.

En la molienda; es muy importante el mantenimiento de las piedras del molino, la verificación del estado de dichas piedras es muy esencial para mantenerlas siempre con la abertura que se espera de ellas y por consiguiente, tener la textura adecuada en la masa; por otro lado es menester en esta área mantener equilibrada la humedad en la hojuela mediante de adición de agua a la entrada del molino por medio del rotámetro.

El laminado debe mantener una correcta separación de los rodillos para obtener el correcto grosor de la hojuela, es importante verificar siempre que la tensión de dichos rodillos sea constante, este problema es debido a la antigüedad de dichos aparatos que hacen que el operador en forma manual trate de ajustar según su criterio según vayan saliendo las hojuelas.

El horneado es importante para darle un correcto porcentaje de humedad en ambos lados de la hojuela, y prepararla para la absorción de aceite; aquí es esencial también tomar en cuenta que los infrarrojos de los hornos deben estar en correcto funcionamiento y en forma constante, esto quiere decir que tanto la temperatura para cada horno y encender correctamente las hornillas es crítico para mantener lo anterior en buenas condiciones, así como darle un correcto mantenimiento a esta máquina.

En el freído, es crítica la correcta absorción de aceite en la hojuela, por consiguiente es importante cambiar el aceite periódicamente dentro del freidor y que este fluya a la velocidad adecuada y que las hojuelas permanezcan dentro de este el tiempo estimado para una correcta absorción.

Por último, en el sazonado, es importante mantener una correcta capa de fórmula en toda la superficie de la hojuela.

Al tomar en cuenta a la maquinaria como uno de los posibles puntos críticos en la línea, resaltan como ejes principales para la buena calidad del producto, el equipo utilizado en cocimiento, la unidad lavadora, los hornos, el freidor y el tambor sazonador.

La mano de obra también es un factor importante para obtener productos que se mantengan dentro de los estándares de calidad, por lo tanto, dentro de las posibles sub-causas a tomar en cuenta en este apartado se menciona: la habilidad, salud del operario, la motivación y el incentivo que tenga.

#### **2.4 Control estadístico de la calidad**

Para conocer cómo se encuentra trabajando actualmente la línea, se necesita averiguar la capacidad del proceso actual mediante un control estadístico de la calidad, que es una evaluación de la precisión y de la exactitud inherente del proceso bajo las condiciones actuales, en este caso, debido a lo observado en el histograma, se realizará sobre el porcentaje de aceitosos por hojuela.

El estudio de la capacidad del proceso es la comparación entre el rendimiento del proceso real y las especificaciones del producto, lo anterior se detalla a continuación:

### **2.4.1 Capacidad del proceso productivo en la línea de tortilla**

Para conocer la capacidad del proceso actual de la línea se tomaron sesenta muestras por cada producto, estos productos pertenecen a la línea doritos 2000, y son: doritos salsa verde, doritos nacho, doritos extra queso y doritos pizza. Esto quiere decir que se tomaron 240 muestras en total de todas las variables a considerar para juzgar la calidad del producto en proceso, dicho formato es completado por el laboratorio de control de calidad cada hora del turno, siempre y cuando exista producción.

Antes de calcular los límites de proceso, se debe observar si el proceso está bajo control, a través de los gráficos de medias y rangos, los cuales se obtienen de la muestra compuesta en subgrupos (el subgrupo es el producto al que pertenece a la línea). Estos gráficos se realizan para el porcentaje de aceitosos de la muestra significativa, presentada a continuación, en los datos del porcentaje de aceitosos de los productos en la línea de tortilla.

Las 60 muestras por producto pertenecen al turno diurno de doce horas de la línea, debido a que la producción varía del pedido que se realice por producto, las fechas en las cuales se realizó la medición varían por lo antes mencionado; estas fueron realizadas entre febrero y marzo. Los subgrupos pertenecen a los distintos productos de la línea, el número uno pertenece al doritos pizza; el número dos, doritos nacho; el número tres, doritos salsa verde; y el cuarto, doritos extra queso.



A continuación se presenta el cálculo de la media y el rango de la primera muestra:

|                             |
|-----------------------------|
| Dato 1: Doritos Pizza       |
| Dato 2: Doritos Nacho       |
| Dato 3: Doritos Salsa Verde |
| Dato 4: Doritos Extra Queso |

|   |                |
|---|----------------|
| Datos 1 - 5 = (%) Porcentaje de Aceitosos |                |
| Dato 1 = 3.70                             | Dato 3 = 18.80 |
| Dato 2 = 4.60                             | Dato 4 = 15.12 |

$$X_1 = (\text{Dato1} + \text{Dato2} + \text{Dato3} + \text{Dato4}) / 4 = (3.70 + 4.60 + 18.80 + 15.12) / 4 = 10.56 \%$$

$$R_1 = \text{Dato mayor} - \text{Dato menor} = 18.80 - 3.70 = 15.10 \%$$

**Tabla III. Datos de la muestra significativa del porcentaje de aceitosos en la línea de tortilla, meses de febrero y marzo**

| Muestras | Subgrupos |       |       |       | X            | R            |
|----------|-----------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
|          | 1         | 2     | 3     | 4     |              |              |
| 1        | 3.70      | 4.60  | 18.80 | 15.12 | <b>10.56</b> | <b>15.10</b> |
| 2        | 4.07      | 0.00  | 0.00  | 10.95 | <b>3.76</b>  | <b>10.95</b> |
| 3        | 5.07      | 12.20 | 0.00  | 12.25 | <b>7.38</b>  | <b>12.25</b> |
| 4        | 2.71      | 6.97  | 6.33  | 11.72 | <b>6.93</b>  | <b>9.01</b>  |
| 5        | 6.18      | 0.00  | 2.88  | 8.65  | <b>4.43</b>  | <b>8.65</b>  |
| 6        | 9.37      | 2.55  | 8.65  | 8.84  | <b>7.35</b>  | <b>6.82</b>  |
| 7        | 2.98      | 0.00  | 3.09  | 8.10  | <b>3.54</b>  | <b>8.10</b>  |
| 8        | 5.10      | 3.14  | 3.07  | 0.00  | <b>2.83</b>  | <b>5.10</b>  |
| 9        | 0.00      | 2.89  | 9.03  | 4.40  | <b>4.08</b>  | <b>9.03</b>  |
| 10       | 7.40      | 0.00  | 3.05  | 3.10  | <b>3.39</b>  | <b>7.40</b>  |
| 11       | 5.14      | 3.16  | 0.00  | 0.00  | <b>2.08</b>  | <b>5.14</b>  |
| 12       | 19.80     | 10.80 | 19.00 | 12.70 | <b>15.58</b> | <b>9.00</b>  |
| 13       | 10.00     | 7.80  | 5.30  | 5.86  | <b>7.24</b>  | <b>4.70</b>  |
| 14       | 5.60      | 0.00  | 2.83  | 5.62  | <b>3.51</b>  | <b>5.62</b>  |
| 15       | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 2.95  | <b>0.74</b>  | <b>2.95</b>  |
| 16       | 4.05      | 2.83  | 2.93  | 3.02  | <b>3.21</b>  | <b>1.22</b>  |
| 17       | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 8.10  | <b>2.03</b>  | <b>8.10</b>  |
| 18       | 16.10     | 6.40  | 20.70 | 13.7  | <b>14.23</b> | <b>14.30</b> |

**Continúa Tabla III**

|    |       |       |       |       |              |              |
|----|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
| 19 | 2.25  | 2.84  | 19.5  | 0     | <b>6.15</b>  | <b>19.50</b> |
| 20 | 10.95 | 7.90  | 8.00  | 0.00  | <b>6.71</b>  | <b>10.95</b> |
| 21 | 21.80 | 10.20 | 19.90 | 18.00 | <b>17.48</b> | <b>11.60</b> |
| 22 | 12.40 | 5.76  | 7.88  | 5.5   | <b>7.89</b>  | <b>6.90</b>  |
| 23 | 5.85  | 7.2   | 0     | 0     | <b>3.26</b>  | <b>7.20</b>  |
| 24 | 5.77  | 5.54  | 5.27  | 5.52  | <b>5.53</b>  | <b>0.50</b>  |
| 25 | 10.7  | 8.7   | 13.59 | 8.19  | <b>10.30</b> | <b>5.40</b>  |
| 26 | 14.55 | 0.00  | 0.00  | 2.97  | <b>4.38</b>  | <b>14.55</b> |
| 27 | 8.90  | 0.00  | 0.00  | 5.35  | <b>3.56</b>  | <b>8.90</b>  |
| 28 | 0     | 0     | 0     | 0     | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 29 | 8.9   | 0     | 0     | 0     | <b>2.23</b>  | <b>8.90</b>  |
| 30 | 6.77  | 14.4  | 12.27 | 0.00  | <b>8.36</b>  | <b>14.40</b> |
| 31 | 0.00  | 0.00  | 0     | 9.60  | <b>2.40</b>  | <b>9.60</b>  |
| 32 | 15.12 | 2.69  | 13.70 | 7.70  | <b>9.80</b>  | <b>12.43</b> |
| 33 | 10.95 | 0.00  | 8.50  | 3.00  | <b>5.61</b>  | <b>10.95</b> |
| 34 | 12.25 | 5.28  | 0.00  | 17.20 | <b>8.68</b>  | <b>17.20</b> |
| 35 | 3.00  | 0.00  | 2.40  | 11.50 | <b>4.23</b>  | <b>11.50</b> |
| 36 | 14.04 | 2.48  | 5.50  | 16.39 | <b>9.60</b>  | <b>13.91</b> |
| 37 | 6.01  | 14.71 | 5.00  | 8.90  | <b>8.66</b>  | <b>9.71</b>  |
| 38 | 0.00  | 11.02 | 5.00  | 8.16  | <b>6.05</b>  | <b>11.02</b> |
| 39 | 0.00  | 12.09 | 0.00  | 0.00  | <b>3.02</b>  | <b>12.09</b> |
| 40 | 2.84  | 8.20  | 13.20 | 8.30  | <b>8.14</b>  | <b>10.36</b> |
| 41 | 2.96  | 15.56 | 8.70  | 8.88  | <b>9.03</b>  | <b>12.60</b> |
| 42 | 8.36  | 13.57 | 8.80  | 13.80 | <b>11.13</b> | <b>5.44</b>  |
| 43 | 11.40 | 12.25 | 11.70 | 8.01  | <b>10.84</b> | <b>4.24</b>  |
| 44 | 5.40  | 9.67  | 11.16 | 7.82  | <b>8.51</b>  | <b>5.76</b>  |
| 45 | 20.60 | 5.60  | 16.60 | 5.83  | <b>12.16</b> | <b>15.00</b> |
| 46 | 8.40  | 8.70  | 26.90 | 7.25  | <b>12.81</b> | <b>19.65</b> |
| 47 | 5.70  | 14.10 | 20.00 | 12.20 | <b>13.00</b> | <b>14.30</b> |
| 48 | 11.10 | 5.00  | 3.60  | 6.97  | <b>6.67</b>  | <b>7.50</b>  |
| 49 | 14.10 | 3.80  | 10.60 | 9.80  | <b>9.58</b>  | <b>10.30</b> |
| 50 | 11.00 | 18.90 | 13.10 | 6.50  | <b>12.38</b> | <b>12.40</b> |
| 51 | 5.90  | 5.10  | 22.60 | 8.10  | <b>10.43</b> | <b>17.50</b> |
| 52 | 5.10  | 0.00  | 7.60  | 0.00  | <b>3.18</b>  | <b>7.60</b>  |
| 53 | 0.00  | 0.00  | 3.30  | 4.40  | <b>1.93</b>  | <b>4.40</b>  |
| 54 | 7.40  | 5.31  | 16.19 | 3.10  | <b>8.00</b>  | <b>13.09</b> |
| 55 | 0.00  | 2.83  | 13.90 | 0.00  | <b>4.18</b>  | <b>13.90</b> |
| 56 | 0.00  | 4.28  | 7.20  | 0.00  | <b>2.87</b>  | <b>7.20</b>  |
| 57 | 0.00  | 5.84  | 8.40  | 0.00  | <b>3.56</b>  | <b>8.40</b>  |
| 58 | 20.30 | 6.50  | 14.70 | 4.60  | <b>11.53</b> | <b>15.70</b> |
| 59 | 5.89  | 8.90  | 11.10 | 0.00  | <b>6.47</b>  | <b>11.10</b> |
| 60 | 0.00  | 3.10  | 0.00  | 0.00  | <b>0.78</b>  | <b>3.10</b>  |

El gráfico X (de medias) sirve para conocer como se encuentra el proceso de la línea actualmente en relación a la variable de mayor incidencia en la baja calidad del producto, el porcentaje de aceitosos, para el cálculo de los límites de control se tienen las siguientes fórmulas:

- **Límite superior de control =  $X + A_2\check{R}$**
- **Límite central de control =  $X$**
- **Límite inferior de control =  $X - A_2\check{R}$**

Para gráfico R de la situación actual del porcentaje de aceitosos del proceso de la línea de tortilla:

- **Límite superior de control =  $D_4\check{R}$**
- **Límite central de control =  $\check{R}$**
- **Límite inferior de control =  $D_3\check{R}$**

En donde:

$X$  = Media de medias. Para el porcentaje de aceitosos se tiene una media de 6.73 (estos datos se obtuvieron de la tabla III)

$A_2$  = Factor para los límites de control para la gráfica por promedios, se determina según las observaciones en la muestra. En este caso las observaciones son 4, debido a que son los distintos tipos de productos a examinar en la línea, por lo que al consultar la Tabla XX del anexo, nos da un valor  $A_2 = 0.729$ .

$\bar{R}$  = Promedio de los rangos. Para el porcentaje de aceitosos se tiene un rango promedio de 9.67 (estos datos se obtuvieron de la tabla III). Para obtener este dato se suman todos los rangos de cada muestra para después dividirlo por el número de muestras

$D_4$  = Factor para los límites de control para la gráfica de los rangos, que se determina según el número de observaciones en la muestra. Según la tabla XX del anexo,  $D_4 = 2.282$ .

$D_3$  = Factor para los límites de control para la gráfica de los rangos, que se determina según el número de observaciones en la muestra. Según la tabla XX del anexo,  $D_3 = 0$ .

Al sustituir los datos en las fórmulas para ambos gráficos, para el porcentaje de aceitosos se tienen los siguientes límites de control:

**Tabla IV. Límites de control para el porcentaje de aceitosos en la línea**

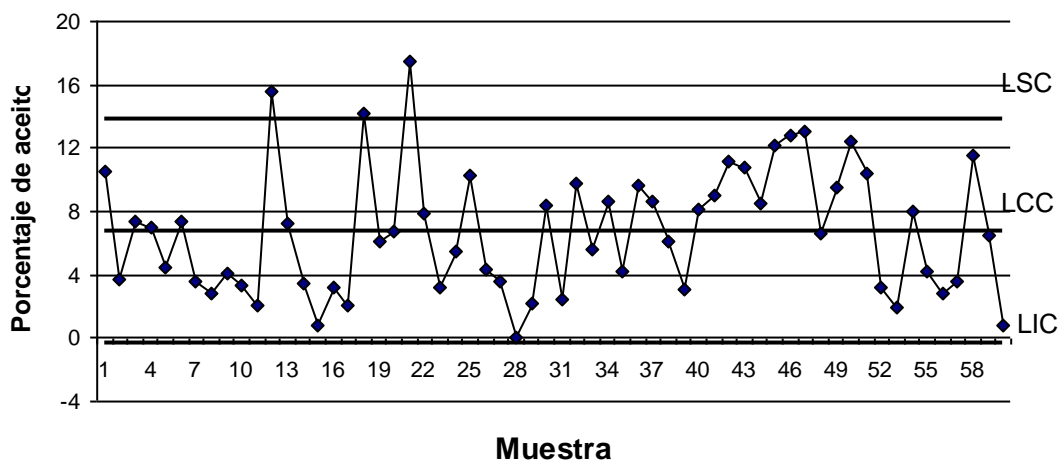
| <b>Gráfico de medias</b>                                   | <b>Gráfico de rangos</b>                             |
|--|--|
| Límite superior de control =<br>$6.73+0.729(9.67) = 13.78$ | Límite inferior de control =<br>$9.67*2.282 = 22.07$ |
| Límite central de control = 6.73                           | Límite central de control = 9.67                     |
| Límite inferior de control =<br>$6.73-0.729(9.67) = -0.32$ | Límite inferior de control =<br>$9.67*0 = 0$         |

Los gráficos de control con los resultados anteriores, y su análisis respectivo, se presentan en la siguiente sección.

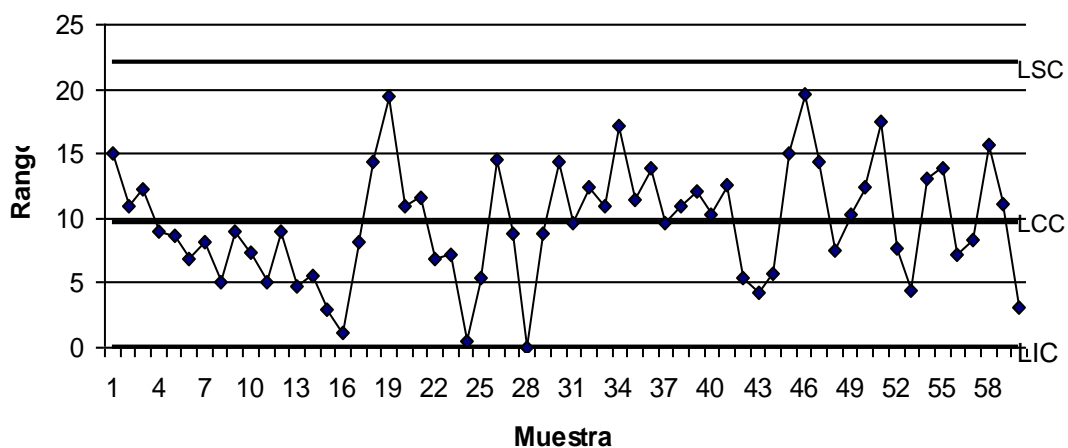
### **2.4.2 Gráficos de control**

Los siguientes gráficos reflejan una causa especial en el proceso, que es el porcentaje de aceitosos, la variación que tiene en su especificación y como esta impacta en la calidad de los productos que se ofrecen al consumidor. Estos gráficos aparte que reflejan como se está trabajando actualmente en la línea, sirven para conocer qué tan variable es el proceso actual.

**Figura 16. Gráfica de medias porcentaje de aceitosos**



**Figura 17. Gráfica de rangos porcentaje de aceitosos**



Para poder determinar si el proceso está fuera de control, se analiza primero el gráfico de rangos y luego se procede a realizar el análisis del gráfico de medias.

El gráfico de rangos del proceso actual en el porcentaje de aceitosos en la línea, muestra que el proceso está bajo control, pues todos los rangos de la muestra están dentro de los límites de control y no existen variaciones no naturales producto de causas fortuitas, como por ejemplo: daño de maquinaria, etc. Sin embargo, en el gráfico de medias se tiene por arriba del límite superior de control las muestras 12, 18 y 21.

Como se recordara este control estadístico lleva a conocer el porcentaje de producto en el proceso actual con mala calidad que incide sobre la variable crítica a mejorar que es el porcentaje de aceitosos.

Debido a que no se está bajo control, se eliminan los puntos que están fuera de control para el cálculo de la media de medias, y el rango se mantiene (los puntos que se eliminan se observan sombreados en la siguiente tabla). Esto se realiza debido a que estos datos pertenecen a causas especiales, ejemplo: una máquina funciona mal, un trabajador no capacitado fue encargado del trabajo, un accidente imprevisto etc., se quiere que la variación sea la menor para obtener una mayor precisión en la desviación del promedio.

**Tabla V. Datos de la muestra significativa del porcentaje de aceitosos en la línea de tortilla, proceso bajo control, meses de febrero y marzo**

| Muestras | Subgrupos |       |       |       | X            | R            |
|----------|-----------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
|          | 1         | 2     | 3     | 4     |              |              |
| 1        | 3.70      | 4.60  | 18.80 | 15.12 | <b>10.56</b> | <b>15.10</b> |
| 2        | 4.07      | 0.00  | 0.00  | 10.95 | <b>3.76</b>  | <b>10.95</b> |
| 3        | 5.07      | 12.20 | 0.00  | 12.25 | <b>7.38</b>  | <b>12.25</b> |
| 4        | 2.71      | 6.97  | 6.33  | 11.72 | <b>6.93</b>  | <b>9.01</b>  |
| 5        | 6.18      | 0.00  | 2.88  | 8.65  | <b>4.43</b>  | <b>8.65</b>  |
| 6        | 9.37      | 2.55  | 8.65  | 8.84  | <b>7.35</b>  | <b>6.82</b>  |
| 7        | 2.98      | 0.00  | 3.09  | 8.10  | <b>3.54</b>  | <b>8.10</b>  |
| 8        | 5.10      | 3.14  | 3.07  | 0.00  | <b>2.83</b>  | <b>5.10</b>  |
| 9        | 0.00      | 2.89  | 9.03  | 4.40  | <b>4.08</b>  | <b>9.03</b>  |
| 10       | 7.40      | 0.00  | 3.05  | 3.10  | <b>3.39</b>  | <b>7.40</b>  |
| 11       | 5.14      | 3.16  | 0.00  | 0.00  | <b>2.08</b>  | <b>5.14</b>  |
| 12       | 19.80     | 10.80 | 19.00 | 12.70 | <b>15.58</b> | <b>9.00</b>  |
| 13       | 10.00     | 7.80  | 5.30  | 5.86  | <b>7.24</b>  | <b>4.70</b>  |
| 14       | 5.60      | 0.00  | 2.83  | 5.62  | <b>3.51</b>  | <b>5.62</b>  |
| 15       | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 2.95  | <b>0.74</b>  | <b>2.95</b>  |
| 16       | 4.05      | 2.83  | 2.93  | 3.02  | <b>3.21</b>  | <b>1.22</b>  |
| 17       | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 8.10  | <b>2.03</b>  | <b>8.10</b>  |
| 18       | 16.10     | 6.40  | 20.70 | 13.7  | <b>14.23</b> | <b>14.30</b> |
| 19       | 2.25      | 2.84  | 19.5  | 0     | <b>6.15</b>  | <b>19.50</b> |
| 20       | 10.95     | 7.90  | 8.00  | 0.00  | <b>6.71</b>  | <b>10.95</b> |
| 21       | 21.80     | 10.20 | 19.90 | 18.00 | <b>17.48</b> | <b>11.60</b> |
| 22       | 12.40     | 5.76  | 7.88  | 5.5   | <b>7.89</b>  | <b>6.90</b>  |
| 23       | 5.85      | 7.2   | 0     | 0     | <b>3.26</b>  | <b>7.20</b>  |
| 24       | 5.77      | 5.54  | 5.27  | 5.52  | <b>5.53</b>  | <b>0.50</b>  |
| 25       | 10.7      | 8.7   | 13.59 | 8.19  | <b>10.30</b> | <b>5.40</b>  |
| 26       | 14.55     | 0.00  | 0.00  | 2.97  | <b>4.38</b>  | <b>14.55</b> |
| 27       | 8.90      | 0.00  | 0.00  | 5.35  | <b>3.56</b>  | <b>8.90</b>  |
| 28       | 0         | 0     | 0     | 0     | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 29       | 8.9       | 0     | 0     | 0     | <b>2.23</b>  | <b>8.90</b>  |
| 30       | 6.77      | 14.4  | 12.27 | 0.00  | <b>8.36</b>  | <b>14.40</b> |
| 31       | 0.00      | 0.00  | 0     | 9.60  | <b>2.40</b>  | <b>9.60</b>  |
| 32       | 15.12     | 2.69  | 13.70 | 7.70  | <b>9.80</b>  | <b>12.43</b> |
| 33       | 10.95     | 0.00  | 8.50  | 3.00  | <b>5.61</b>  | <b>10.95</b> |
| 34       | 12.25     | 5.28  | 0.00  | 17.20 | <b>8.68</b>  | <b>17.20</b> |
| 35       | 3.00      | 0.00  | 2.40  | 11.50 | <b>4.23</b>  | <b>11.50</b> |
| 36       | 14.04     | 2.48  | 5.50  | 16.39 | <b>9.60</b>  | <b>13.91</b> |
| 37       | 6.01      | 14.71 | 5.00  | 8.90  | <b>8.66</b>  | <b>9.71</b>  |



Continúa Tabla V

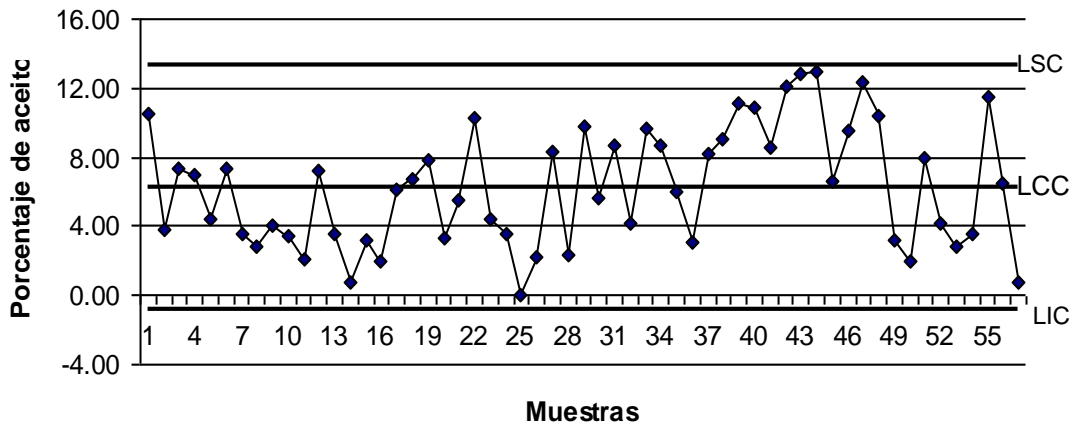
|    |       |       |       |       |              |              |
|----|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
| 38 | 0.00  | 11.02 | 5.00  | 8.16  | <b>6.05</b>  | <b>11.02</b> |
| 39 | 0.00  | 12.09 | 0.00  | 0.00  | <b>3.02</b>  | <b>12.09</b> |
| 40 | 2.84  | 8.20  | 13.20 | 8.30  | <b>8.14</b>  | <b>10.36</b> |
| 41 | 2.96  | 15.56 | 8.70  | 8.88  | <b>9.03</b>  | <b>12.60</b> |
| 42 | 8.36  | 13.57 | 8.80  | 13.80 | <b>11.13</b> | <b>5.44</b>  |
| 43 | 11.40 | 12.25 | 11.70 | 8.01  | <b>10.84</b> | <b>4.24</b>  |
| 44 | 5.40  | 9.67  | 11.16 | 7.82  | <b>8.51</b>  | <b>5.76</b>  |
| 45 | 20.60 | 5.60  | 16.60 | 5.83  | <b>12.16</b> | <b>15.00</b> |
| 46 | 8.40  | 8.70  | 26.90 | 7.25  | <b>12.81</b> | <b>19.65</b> |
| 47 | 5.70  | 14.10 | 20.00 | 12.20 | <b>13.00</b> | <b>14.30</b> |
| 48 | 11.10 | 5.00  | 3.60  | 6.97  | <b>6.67</b>  | <b>7.50</b>  |
| 49 | 14.10 | 3.80  | 10.60 | 9.80  | <b>9.58</b>  | <b>10.30</b> |
| 50 | 11.00 | 18.90 | 13.10 | 6.50  | <b>12.38</b> | <b>12.40</b> |
| 51 | 5.90  | 5.10  | 22.60 | 8.10  | <b>10.43</b> | <b>17.50</b> |
| 52 | 5.10  | 0.00  | 7.60  | 0.00  | <b>3.18</b>  | <b>7.60</b>  |
| 53 | 0.00  | 0.00  | 3.30  | 4.40  | <b>1.93</b>  | <b>4.40</b>  |
| 54 | 7.40  | 5.31  | 16.19 | 3.10  | <b>8.00</b>  | <b>13.09</b> |
| 55 | 0.00  | 2.83  | 13.90 | 0.00  | <b>4.18</b>  | <b>13.90</b> |
| 56 | 0.00  | 4.28  | 7.20  | 0.00  | <b>2.87</b>  | <b>7.20</b>  |
| 57 | 0.00  | 5.84  | 8.40  | 0.00  | <b>3.56</b>  | <b>8.40</b>  |
| 58 | 20.30 | 6.50  | 14.70 | 4.60  | <b>11.53</b> | <b>15.70</b> |
| 59 | 5.89  | 8.90  | 11.10 | 0.00  | <b>6.47</b>  | <b>11.10</b> |
| 60 | 0.00  | 3.10  | 0.00  | 0.00  | <b>0.78</b>  | <b>3.10</b>  |

Para esto se tienen los siguientes datos:

**Tabla VI. Cálculo de límites de control para el porcentaje de aceitosos en la línea para el proceso bajo control**

| <b>Gráfica de medias</b>                                 |
|--|
| Límites Superior de Control = $6.26+0.729(9.67) = 13.31$ |
| Límites Central de Control = 6.26                        |
| Límites Inferior de Control = $6.26-0.729(9.67) = -0.79$ |

**Figura 18. Gráfica de medias del porcentaje de aceitosos  
(segundo cálculo)**



Al comparar los datos en los gráficos del porcentaje de aceitosos con los límites nuevos, se obtiene que el proceso está estable. Debido a que ya se tiene bajo control el proceso del porcentaje de aceitosos, se puede proceder a calcular los límites de proceso, para lo cual se necesita la media y la desviación estándar de los aspectos a evaluar.

La desviación estándar se obtiene de la siguiente fórmula

$\sigma = \check{R}/d_2$  (El valor de  $d_2$  se obtiene de la tabla XX del anexo para un subgrupo  $m = 4$ ,  $d_2 = 2.059$ )

**Tabla VII. Medias y desviaciones estándar de la muestra significativa de los aspectos de calidad del producto**

| <b>ASPECTO</b>          | <b>MEDIA<br/>(<math>X_p</math>)</b> | <b>RANGO<br/>(<math>\check{R}</math>)</b> | <b>DESVIACIÓN<br/>ESTÁNDAR<br/>(<math>\sigma</math>)</b> |
|-------------------------|-------------------------------------|---|--|
| Porcentaje de aceitosos | 6.26                                | 9.67                                      | 4.70   |

Para calcular los límites de proceso se tiene la siguiente fórmula:

$$LP = X_p \pm 3\sigma$$

Al utilizar la fórmula anterior, y sustituir en ella los datos de medias y desviaciones estándar para los aspectos que influyen en la no-estandarización de la calidad de la línea de tortilla, se obtienen los siguientes límites superiores, centrales e inferiores.

**Tabla VIII. Límites de proceso actuales**

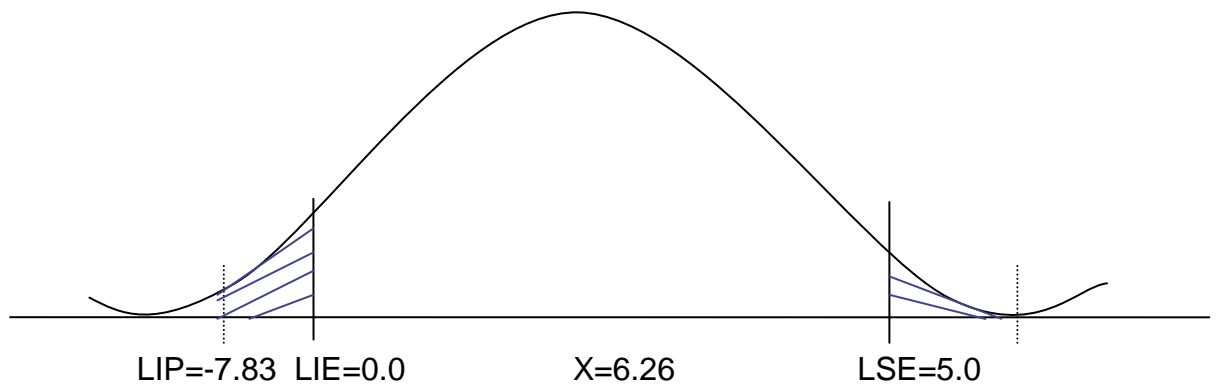
| <b>ASPECTO</b>                 | <b>LSP</b> | <b>LCP</b> | <b>LIP</b> |
|--------------------------------|------------|------------|------------|
| <b>Porcentaje de aceitosos</b> | 20.34      | 6.26       | -7.83      |

LSP = Límite superior del proceso

LCP = Límite central del proceso

LIP = Límite inferior del proceso

**Figura 19. Curva normal de datos del porcentaje de aceitosos**



Lo sombreado, en línea inclinadas, del gráfico anterior muestra que se tiene producto fuera de los límites de especificación, es la diferencia entre los límites del proceso actual y los de especificación de la variable; se tiene producto defectuoso, dicho porcentaje se calcula a través de la tabla XXI del anexo de valores de z, y utilizando la siguiente fórmula.

$$Z_1 = \frac{LSE - X}{\sigma}$$

$$Z_2 = \frac{LIE - X}{\sigma}$$

**Para el porcentaje de aceitosos en la línea se tiene lo siguiente:**

$$Z_1 = \frac{5.00 - 6.26}{4.70}$$

$$Z_1 = -0.27$$

$$Z_2 = \frac{0.00 - 6.26}{4.70}$$

$$Z_2 = -1.33$$

Al verificar dichos datos en la tabla XXI del anexo, se tienen los siguientes valores de porcentaje de producto en proceso de mala calidad:

Total de producto en proceso de mala calidad: Valor  $Z_2 + (1 - \text{Valor } Z_1)$

Total de producto en proceso de mala calidad:  $0.0918 + (1 - 0.3936)$

Total de producto en proceso de mala calidad:  $0.6982 = \mathbf{69.82 \%}$

Esto implica que el proceso cumple con las especificaciones en un 30% aproximadamente, es decir solo este porcentaje cumple con las especificaciones del porcentaje de aceitosos que se dan en el proceso de la línea de tortilla.



### **3 PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA AL PROCESO DE LA LÍNEA DE TORTILLA**

En el siguiente capítulo se conocerá la propuesta de las nuevas condiciones de calidad en el proceso de la línea de tortilla, así como un sistema de control de los puntos críticos, ya que en algunas partes del mismo se requiere alto control y nuevas condiciones de operación, para reducir la cantidad de producto fuera de sus especificaciones en proceso.

#### **3.1 Puntos críticos de control dentro del proceso**

Al analizar el proceso se determinó que se requiere un punto crítico de control en el área de cocimiento, el operario encargado de esta área debe llevar tanto sus gráficos de control como un formato donde anotar las variables críticas en esta área, y de esta manera, asegurar que los lotes de maíz cumplan con las condiciones de proceso para esta operación. También se requiere un punto de control en el área de laminado y horneado de la hojuela, el operario encargado de estos módulos debe verificar, además, el resultado del maíz en la operación anterior, que es el lavado y molienda, de esta manera, evitar que el producto provenga de operaciones anteriores con parámetros fuera de sus límites de especificaciones.

El operario encargado, cuando las hojuelas entran al freidor, llevará un control de calidad de las condiciones con las que esta realizando dicha operación, que la hojuela permanezca el tiempo estimado en el freidor, que salga a la velocidad estipulada y que dicha maquinaria se opere desde el panel de control en el modo indicado. Finalmente, este operario debe monitorear las condiciones con las que se tiene que operar el tambor sazonador.


En estos puntos de control, no es necesario que se contrate a una persona adicional para cada estación, ya que el personal operativo encargado de los diferentes módulos en proceso, puede realizar las inspecciones y mediciones necesarias y tabular sus datos en los gráficos de control, formatos de control de proceso ó de calibración de piedras, tablas IX, X y XI que se presenta a partir de la siguiente página, según sea el caso.

Sin embargo, sí se requerirá del supervisor de línea del proceso que verifique que las personas realizan sus actividades de control y estará encargado de realizar un muestreo del producto, en sus diferentes partes del proceso, con el objeto de verificar la veracidad de los datos del personal operativo.

El beneficio del siguiente gráfico consiste en que ahora se utilizará como herramienta de control de la humedad de descarga del maíz después de su cocimiento, que es un punto de control importante en el proceso para reducir el porcentaje de hojuelas aceitosas en producto terminado.



**Tabla IX. Gráfico de control línea de tortilla**



**FABRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS "RENE" Y CIA. S. C. A.**

**INSTRUCCIONES:**

- EL VALOR ACTUAL OBTENIDO DEBE ESTAR DENTRO DE ESPECIFICACIONES, DE NO HACERLO, REALIZAR LA ACCIÓN CORRECTIVA NECESARIA (HACER AJUSTE, DETENER, PARAR, ETC.) ANOTAR LA ACCIÓN CORRECTIVA REALIZADA ABAJO DE LA GRAFICA DE CONTROL.
- VALOR PREDECIDO=ES EL PROMEDIO DEL VALOR ACTUAL Y EL VALOR PREDECIDO ANTERIORMENTE.
- GRAFICAR EL VALOR PREDECIDO
- TOMAS DE DECISIÓN: CUALQUIER VALOR PREDECIDO EN ZONA ROJA INDICA QUE INMEDIATAMENTE DEBEN HACERSE AJUSTES DE PROCESO EN LINEA. ANOTAR LA ACCIÓN CORRECTIVA ABAJO DE LA GRAFICA DE CONTROL.
- EN LOS ARRANQUES O DESPUÉS DE UN PARO LARGO EL VALOR ACTUAL TAMBIÉN SERÁ UTILIZADO COMO VALOR PREDECIDO.

| HORA:           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| VALOR ACTUAL    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| VALOR PREDECIDO |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |                             |  |
|--|-----------------------------|--|
| LCS<br><input type="text"/><br>AJUSTAR | AIM<br><input type="text"/> | LCI<br><input type="text"/><br>AJUSTAR |
|--|-----------------------------|--|

**ACCIONES CORRECTIVAS**

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| (1) | (4) | (7) |
| (2) | (5) | (8) |
| (3) | (6) | (9) |

**INTERPRETAR:**

---



---



---



---

MAYA IMPRESOS 1061-2331 9266 2332 1960

**Tabla X. Formato de proceso línea de tortilla**



**CONTROL DE PROCESO LÍNEA DE TORTILLA**



|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Calidad Ganadora para el Consumidor |             |
| Fecha:                              | Hora:       |
| Turno:                              | Super. Por: |
| Elaborador por:                     | Producto:   |

| PUNTOS DE CONTROL                      | HORA |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>UNIDAD LAVADORA</b>                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Bomba de alta presión (PSI)            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>ÁREA DE MOLIENDA</b>                |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de masa Hug (Hertz)          |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bomba wakesha 1 (Hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bomba wakesha 2 (Hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rodillo laminadora 1 delantero (Hertz) |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rodillo laminadora 1 trasero (Hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rodillo laminadora 2 delantero (Hertz) |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rodillo laminadora 2 trasero (Hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura Horno 1 (°C)               |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura Horno 2 (°C)               |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bandas horno 1 (hertz)    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bandas horno 2 (hertz)    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de residencia Horno 1 (hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de residencia Horno 2 (hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>ÁREA DE FREÍDO</b>                  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura de Set Point (°C)          |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura real (°C)                  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura chimenea                   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bomba de aceite (hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de sumergidores (hertz)      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de impulsores (hertz)        |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de banda de salida (hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nivel de aceite                        |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de residencia (seg)             |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Presión de aire catch box              |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Observaciones:                         |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

El beneficio de la tabla anterior es que mediante un formato en el cual se anoten todas las variables importantes del proceso, cada operario encargado de su respectiva área se involucrará directamente en las operaciones anteriores y siguientes a la suya.

**Tabla XI. Formato calibración de piedras**

**FORMATO DE CALIBRACIÓN DE PIEDRAS**



Fecha: \_\_\_\_\_  
 Turno: \_\_\_\_\_  
 Operario: \_\_\_\_\_

| Hora | Abertura Objetivo | Puntos de Medición |   |   |
|------|-------------------|--------------------|---|---|
|      | 0.017 - 0.023"    | A                  | B | C |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |

Nota: La medición de la abertura debe hacerse:  
 a) Cada 4 horas ( 3 veces / turno)  
 b) En cambios de producto y se debe corroborar la abertura una hora después del arranque

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Turno: \_\_\_\_\_  
 Operario: \_\_\_\_\_

| Hora | Abertura Objetivo | Puntos de Medición |   |   |
|------|-------------------|--------------------|---|---|
|      | 0.017 - 0.023"    | A                  | B | C |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |
|      |                   |                    |   |   |

Nota: La medición de la abertura debe hacerse:  
 a) Cada 4 horas ( 3 veces / turno)  
 b) En cambios de producto y se debe corroborar la abertura una hora después del arranque

Este formato permitirá controlar y mantener la separación de las piedras en el rango establecido para obtener el correcto grosor de la hojuela.

### **3.2 Control de calidad del producto en proceso**

Para mejorar la calidad en proceso, se trabajaron variables críticas por área de trabajo, a las cuales se les realizaron diferentes pruebas y se les adecuó un plan de acción para cumplir con las nuevas condiciones de proceso y/o especificaciones de dichas variables.

Para describir las condiciones propuestas se plantea la situación con la mejora correspondiente, observaciones, planes de acción y los resultados obtenidos para los cambios realizados en proceso.

#### **3.2.1 Puntos de control de proceso de cocimiento**

El cocimiento del maíz de 19 minutos de cocción se bajo a 13 minutos, esto se mejoro en base a que el sobre cocinar el maíz causaba problemas de dureza en la hojuela y con una temperatura alta de la masa en el laminado; para implementar esta propuesta se realizaron pruebas con diferentes tiempos de cocción y se llevo a determinar que esta era la más adecuada para obtener en el laminado la temperatura de masa adecuada.

Se redujo la cantidad de maíz en el cocinado de 432kg a 395kg debido a la nueva temperatura en el cocimiento y evitar una sobrecapacidad de la línea provocado en el laminado de la masa.

Alta humedad a la descarga de maíz después de marmitas, anteriormente se trabajaba de 38 – 40%, se realizaron estudios mediante curvas de cocimiento con el nuevo tiempo de cocimiento y se ajustó la humedad de descarga a un rango de 34 – 36%, que es el rango que piden las especificaciones para tener estandarizada dicha variable, este es el punto de control más crítico, porque en ello determinamos la calidad de los productos en todo el proceso, y es un parámetro importante para el porcentaje de aceitosos.

En esta área también se implementaron los gráficos de control para determinar la descarga del maíz, esta ayuda permitirá al operador visualizar sus variaciones en la operación de cocimiento en el rango establecido.

En el formato de control de cocimiento y reposo de maíz, figura 11 página 31, el operario de este módulo, debe identificar las variaciones de las presiones de vapor, verificar si existen temperaturas estables cuando este en proceso de cocción (maíz-agua), esto se debe de realizar para controlar la consistencia en las marmitas a la hora de la cocción. La presión se debe mantener a 50 psi en caldera, y evitar caídas de presión hasta 27 psi, como se operaba anteriormente.

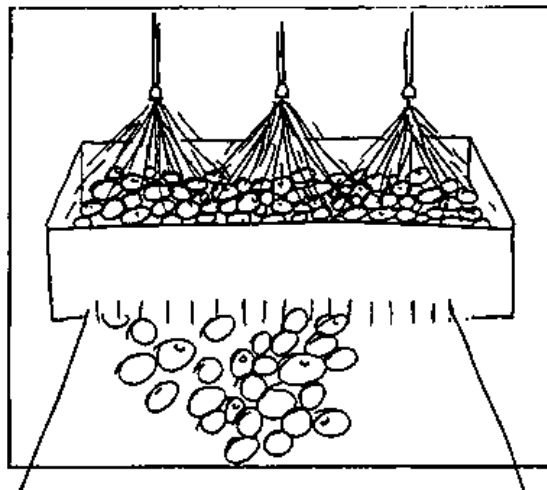
Por último, en esta área se realizaron pruebas en cocimiento de maíz y se llegó a determinar para esta operación: 13 minutos de cocimiento, con 130 galones de agua para cocción y cuatro kilos de cal, todo lo anterior se llegó a determinar porque los cocimientos variables no determinan un producto consistente.

### 3.2.2 Puntos de control de proceso de la unidad lavadora

Se llegó a determinar que la presión de la bomba para el lavado de maíz se encontraba en 35 psi, la cual no daba una buena calidad de maíz, para solventar este problema se eliminaron cinco espreas, de diez que se tenían anteriormente, donde se limpia el maíz en el tambor lavador, también se eliminó el regulador de presión y se obtuvo un promedio de 85 psi de presión de agua y el resultado un correcto lavado de maíz y así garantizar que en la molienda no se tenga residuos tanto de cal como de impurezas.

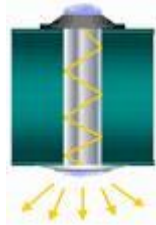
En las siguientes figuras se presenta la situación del maíz al pasar por la unidad lavadora, así como la forma de las espreas colocadas en dicha maquinaria.

**Figura 20. Unidad lavadora línea de tortilla**



Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial**, Tomo IV, capítulo 6, 4ª edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996.

### Figura 21. Espreas en la unidad lavadora



Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial**, Tomo IV, capítulo 6, 4ª edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996

Como se puede observar en las figuras anteriores, el maíz pasa por el tambor lavador donde se encuentran 5 espreas donde se limpia el maíz a una presión promedio de 85 psi.

#### 3.2.3 Puntos de control de proceso molienda

Se tenía variaciones de humedad de masa en la molienda, lo cual perjudica en la textura de la hojuela; el plan de acción en este punto de control consiste en llevar gráficos de control por parte del operador y adición constante de agua por medio del rotámetro, esto ayuda a una mejor textura de masa y que posea la humedad adecuada para garantizar una textura adecuada en el producto terminado y que se formen burbujas en la hojuela.

Se debe monitorear como parte del área de responsabilidad del operador cada quince minutos para controlar la humedad de masa que debe estar entre 51 – 53%, que es el porcentaje que dicta la auditoría de calidad de la línea para obtener los resultados descritos en el párrafo anterior.

En esta área se implementó un formato de calibración de piedras del molino, tabla XI página 67, esta calibración debe realizarse cada cuatro horas o en cada cambio de referencia y se anota en dicho formato, esto para mantener la separación de las piedras en los rangos establecidos para obtener el correcto grosor de la hojuela.

#### **3.2.4 Puntos de control de proceso horneado**

A la salida de los hornos, el operario encargado de esta área, tomará por corrida de producción una muestra significativa de 10 tostitos para llevar el control del peso de las hojuelas, esto permite detectar la presencia de burbujas lo cual es determinante para una buena textura, el monitoreo del peso de estos 10 tostitos se modificó de 10 a 15 minutos en base a que no se considera una variable determinante en textura y aceitosos y que permite que dicho operario realice otras funciones críticas en esta área de proceso.

Como otro aporte en el horneado, el control de humedad en la hojuela a la salida del horno mediante la adición de agua en el molino se ha logrado controlar la humedad de masa y esto es un beneficio para garantizar la humedad en la salida de horno, mediante este monitoreo y control de humedad a la salida de hornos, se logra una mejor textura determinada por la presencia de burbujas y disminución en un buen porcentaje de aceitosos. También se puede variar la temperatura del horno para que las hojuelas salgan con la humedad dentro de los parámetros de 38 – 42%.



### **3.2.5 Puntos de control de proceso freído**

Como uno de los puntos críticos de control: en el freído, las mejoras a realizar son: un monitoreo y control de tiempo de residencia en el freidor, al no tener el tiempo de residencia dentro del parámetro (50 – 70seg), es determinante para lograr un buen intercambio de humedad por aceite en la base frita y bajo porcentaje de aceitosos. Como plan de acción se plantea, además, llevar gráficos de control del porcentaje de humedad y porcentaje de aceite en la base frita, por parte del operario encargado de área; mediante estos gráficos se pretende controlar y mantener dentro de los parámetros estas variables.

### **3.2.6 Puntos de control de proceso sazonado**

El operario encargado de esta área deberá estar controlando la posición y ángulo de aplicación de cañón dosificador de sabor, esto permite una mejor cobertura del producto y que la cortina de condimento alcance la mayor área de producto.

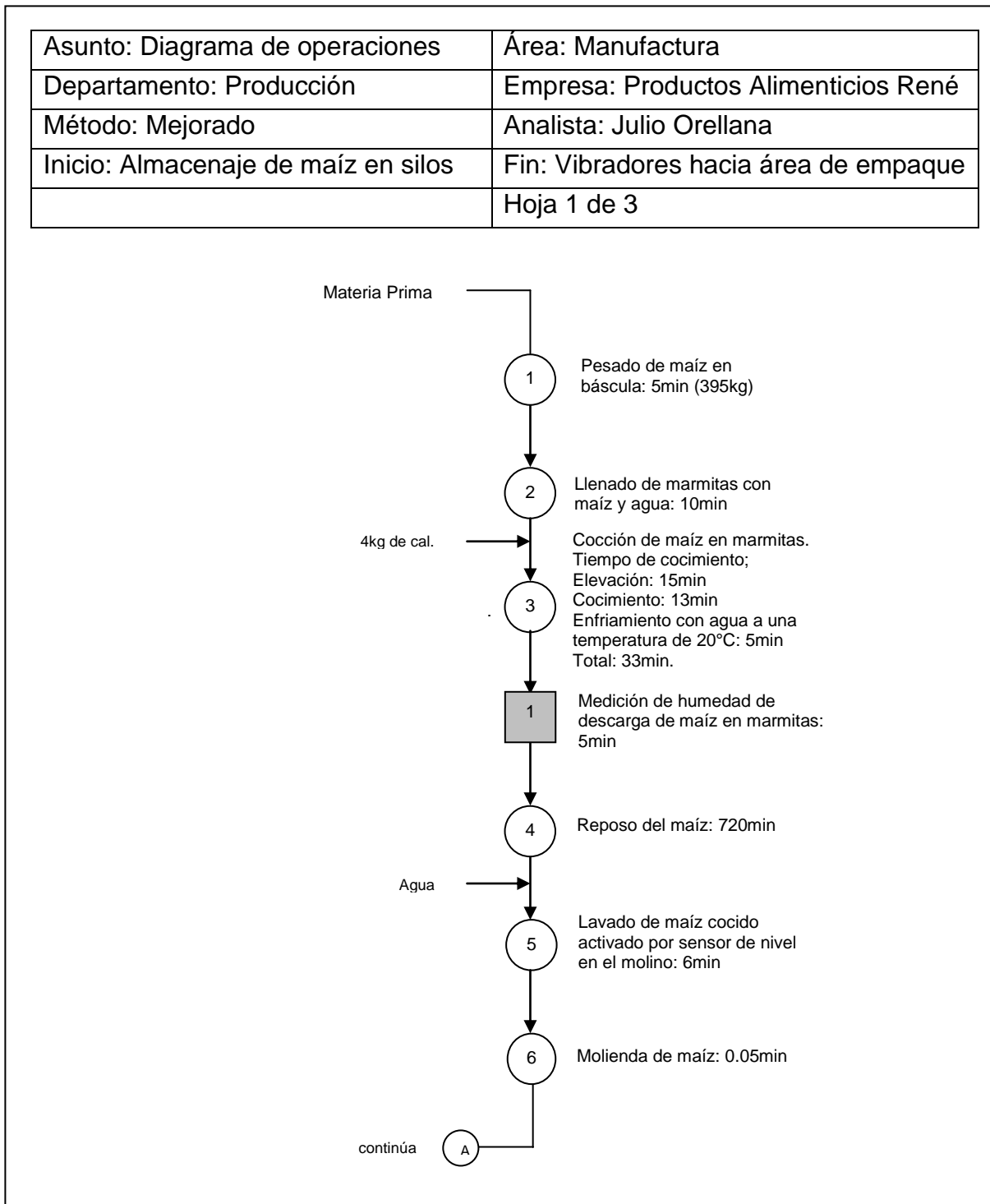
### **3.3 Diagramas de proceso**

Las mejoras en los diagramas de proceso se presentan en las siguientes subsecciones, habrá que considerar que las mejoras son inspecciones realizadas por los mismos operarios bajo el área de responsabilidad que tengan dentro de la línea.

El siguiente diagrama de proceso, como se menciona en el párrafo anterior, sirve para obtener en forma gráfica las nuevas inspecciones dentro de la línea de tortilla, así como su respectiva descripción y tiempo en llevar dicha tarea.

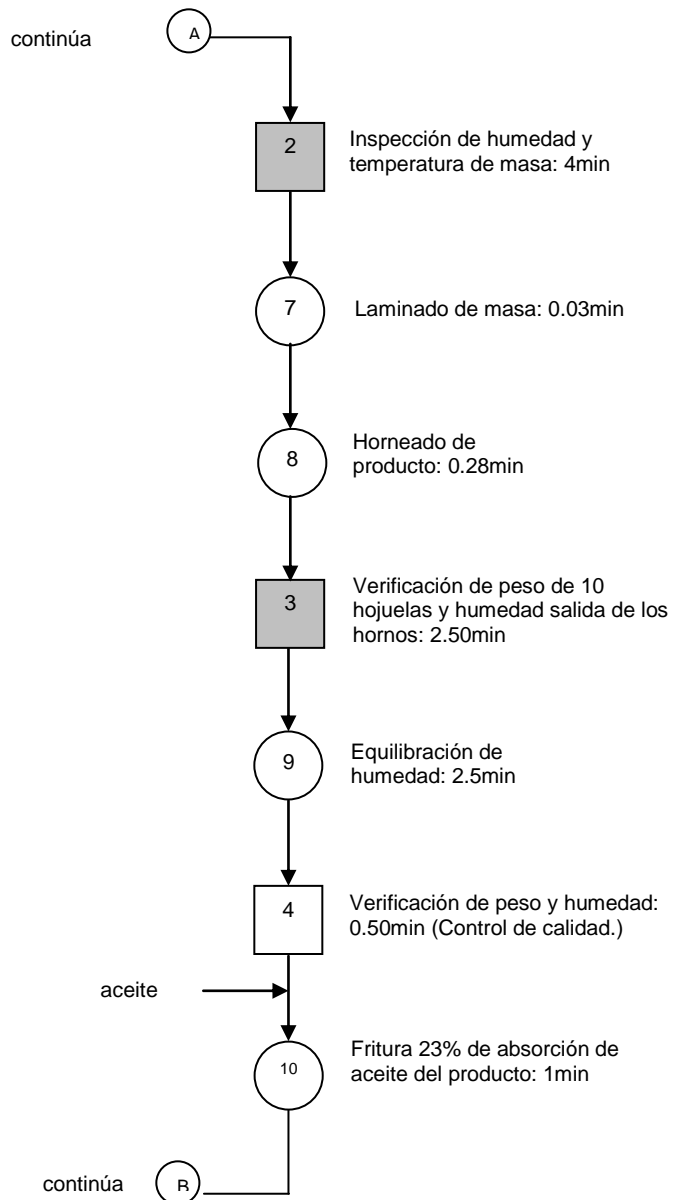
### 3.3.1 Diagrama de operaciones

**Figura 22. Diagrama de operaciones mejorado del proceso de tortilla**

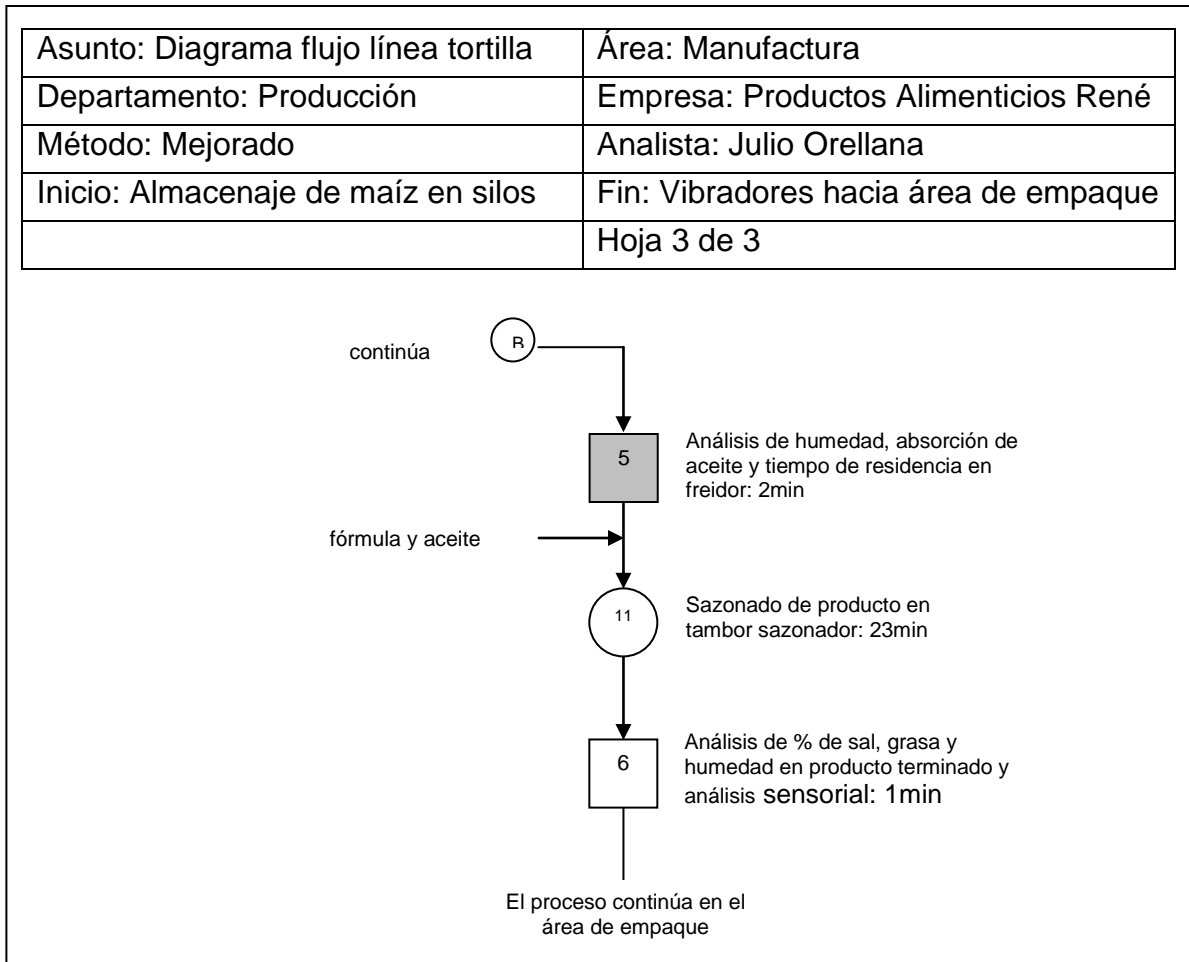


**Continuación Figura 23. Diagrama de operaciones mejorado del proceso de tortilla**

|                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Asunto: Diagrama de operaciones     | Área: Manufactura                     |
| Departamento: Producción            | Empresa: Productos Alimenticios René  |
| Método: Mejorado                    | Analista: Julio Orellana              |
| Inicio: Almacenaje de maíz en silos | Fin: Vibradores hacia área de empaque |
|                                     | Hoja 2 de 3                           |



**Continuación Figura 23. Diagrama de operaciones mejorado del proceso de tortilla**



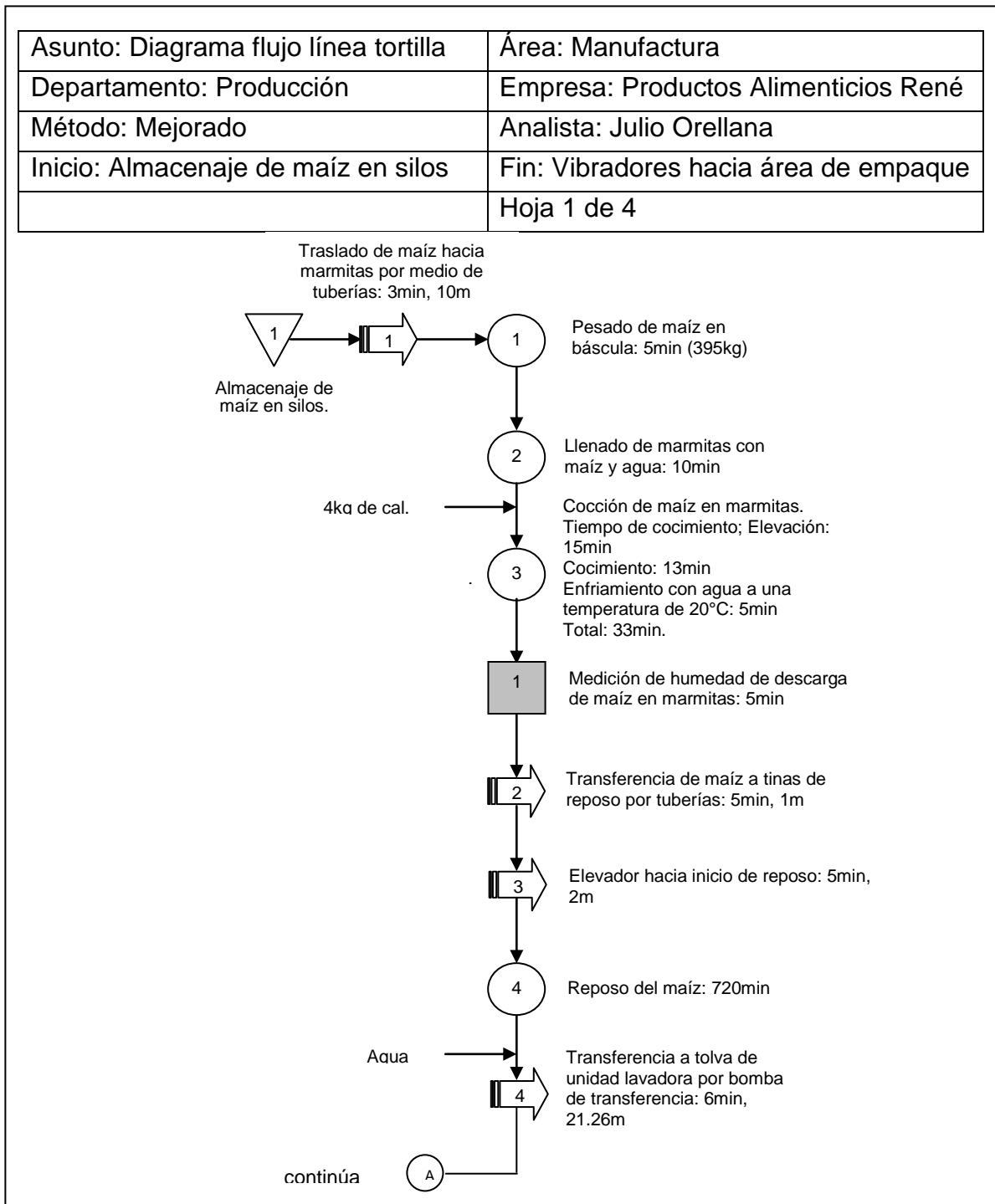
| <b>Resumen del Diagrama de Operaciones de Proceso</b> |                  |                 |                |                  |
|---|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| <b>Símbolo</b>  | <b>Actividad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Tiempo</b>  | <b>Distancia</b> |
| ○   | Operación        | 11              | 801 min        | ---              |
| □   | Inspección       | 6               | 15 min         | ---              |
| <b>TOTAL</b>  |                  | <b>17</b>       | <b>816 min</b> | <b>---</b>       |

Como se observó en el diagrama de operaciones anterior, existen cuatro nuevas inspecciones, estas fueron colocadas en puntos importantes y críticos para mantener en toda la línea mejor calidad en el proceso productivo. Adicional a lo anterior se observa también una disminución en el tiempo de operación del producto, esto permitió tener más tiempo para inspección en cada estación de trabajo.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de flujo mejorado del proceso de tortilla, este permitirá tener una noción más completa de las implementaciones y mejoras que se hicieron, al poder tener otros tiempos como los de traslados, inspecciones, almacenajes, etc.

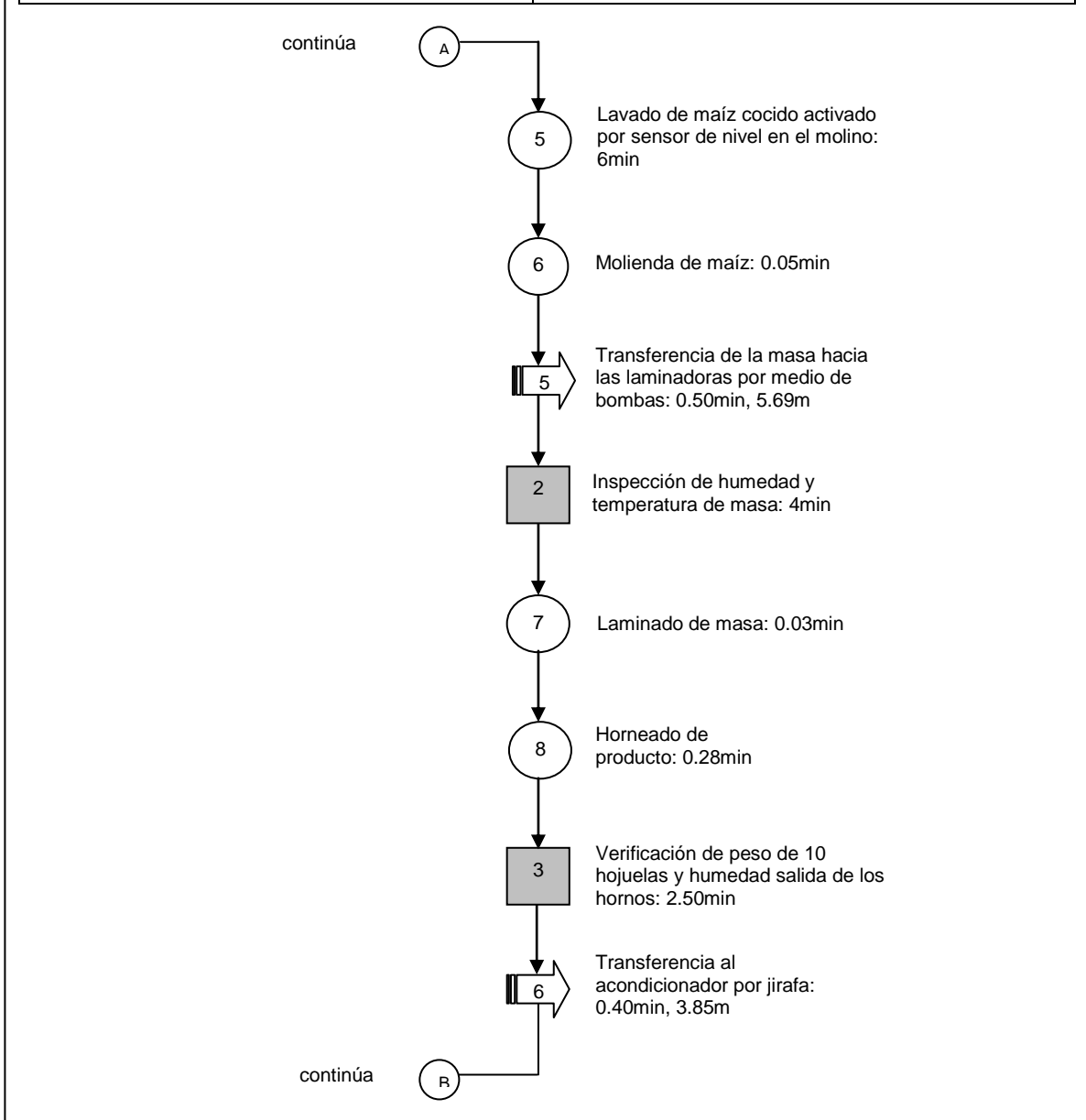
### 3.3.3 Diagrama de flujo de operaciones

Figura 23. Diagrama de flujo mejorado del proceso de tortilla



**Continuación Figura 24. Diagrama de flujo mejorado del proceso de tortilla**

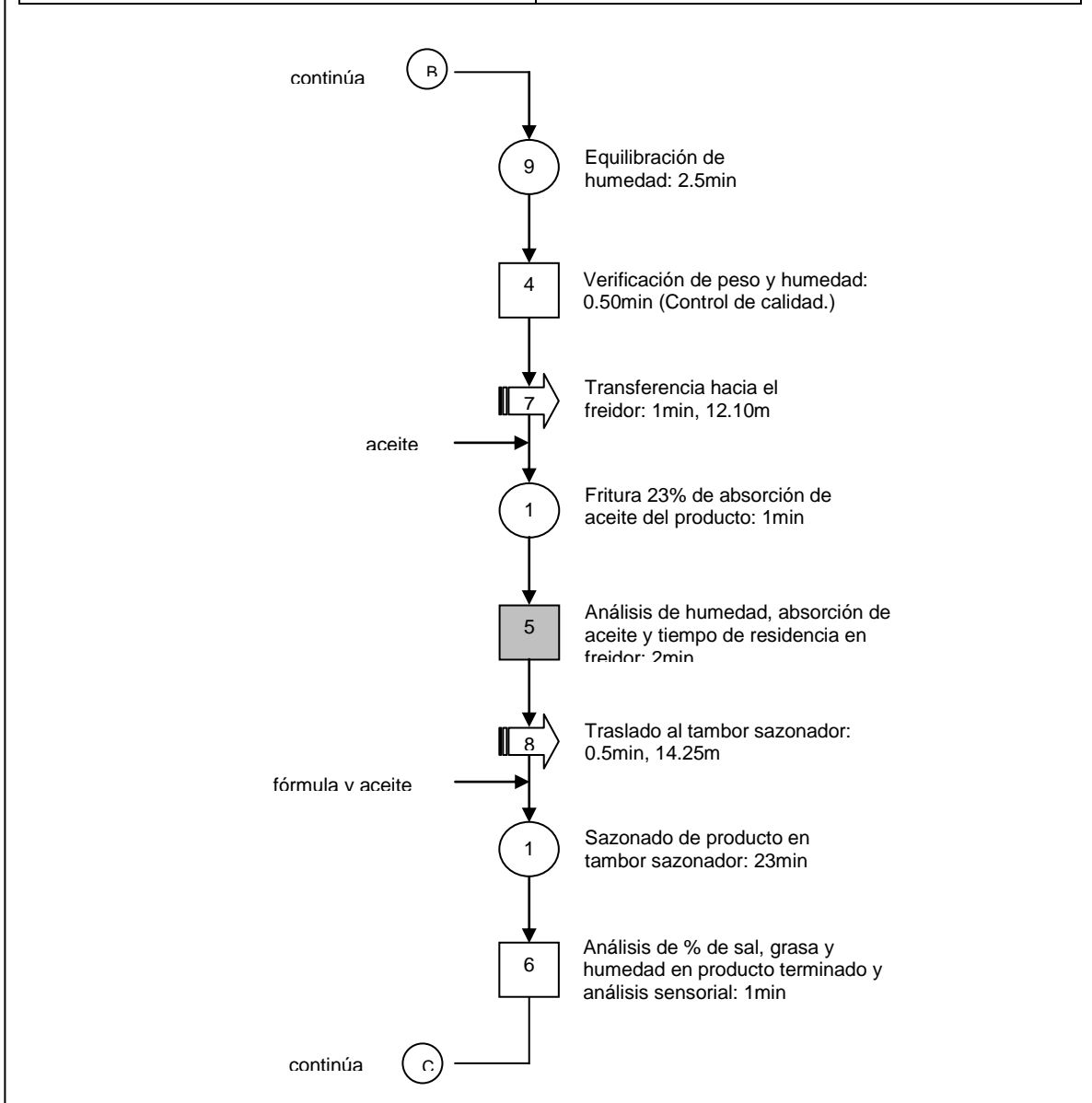
|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Asunto: Diagrama flujo línea tortilla | Área: Manufactura                     |
| Departamento: Producción              | Empresa: Productos Alimenticios René  |
| Método: Mejorado                      | Analista: Julio Orellana              |
| Inicio: Almacenaje de maíz en silos   | Fin: Vibradores hacia área de empaque |
|                                       | Hoja 2 de 4                           |



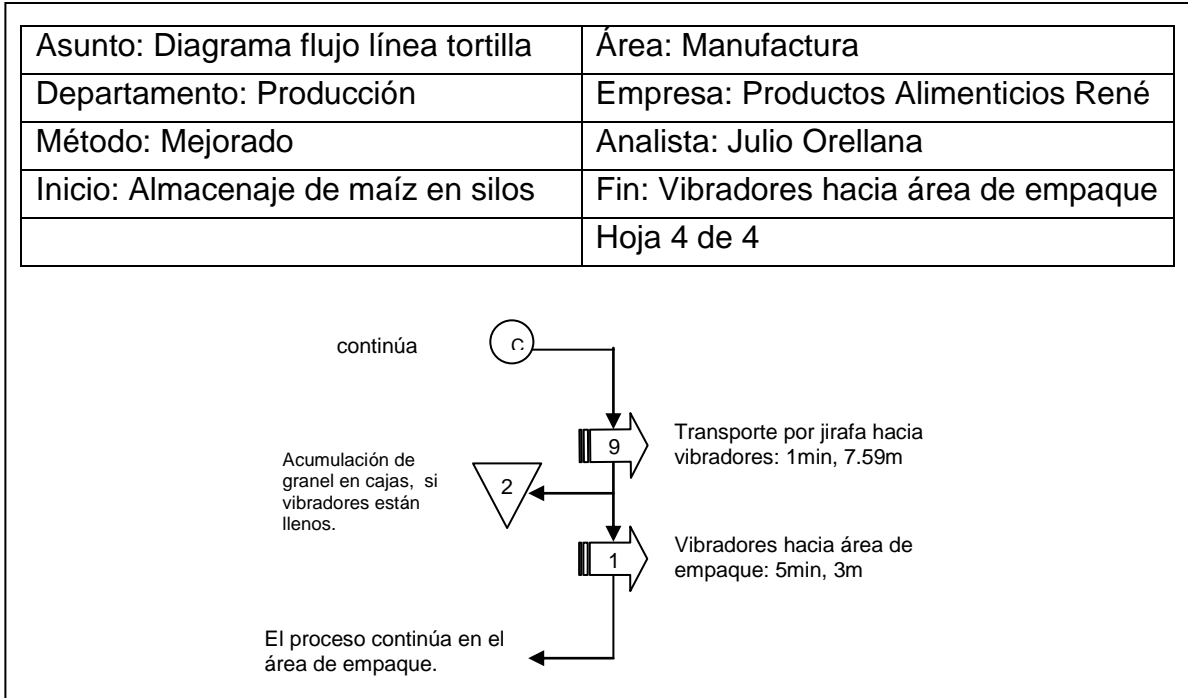


**Continuación Figura 24. Diagrama de flujo mejorado del proceso de tortilla**

|                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Asunto: Diagrama flujo línea tortilla | Área: Manufactura                     |
| Departamento: Producción              | Empresa: Productos Alimenticios René  |
| Método: Mejorado                      | Analista: Julio Orellana              |
| Inicio: Almacenaje de maíz en silos   | Fin: Vibradores hacia área de empaque |
|                                       | Hoja 3 de 4                           |



**Continuación Figura 24. Diagrama de flujo mejorado del proceso de tortilla**



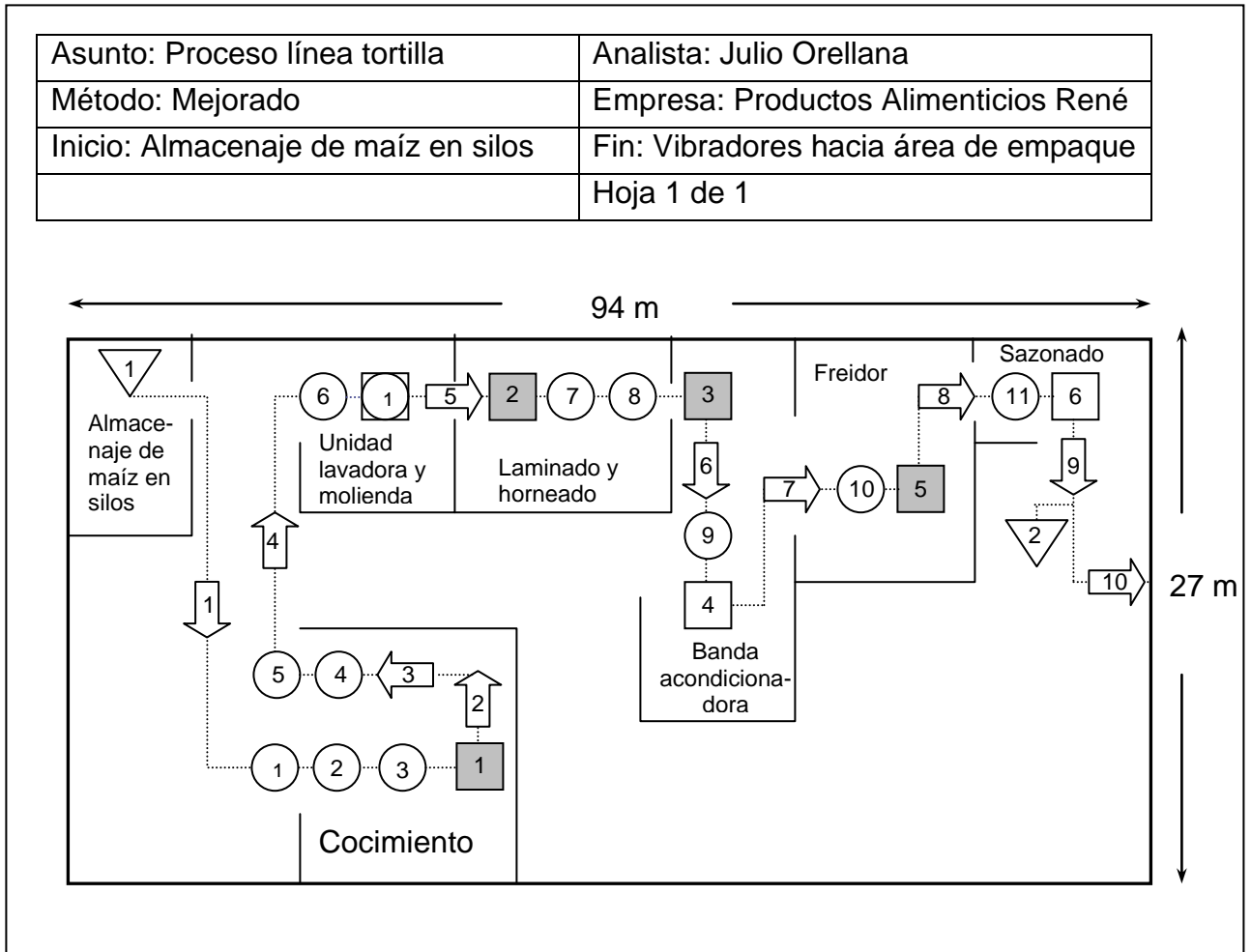
| Resumen del Diagrama de Flujo del Proceso |                        |          |         |           |
|---|------------------------|----------|---------|-----------|
| Símbolo                                   | Actividad              | Cantidad | Tiempo  | Distancia |
|   | Operación              | 11       | 801 min | ---       |
|   | Inspección             | 6        | 15 min  | ---       |
|   | Operación e inspección | 0        | 0 min   | ---       |
|   | Transporte             | 10       | 23 min  | 81 m      |
|   | Almacenaje             | 2        | ---     | ---       |
|   | Demora                 | 0        | 0 min   | ---       |
| <b>TOTAL</b>                              |                        | 29       | 839 min | 81 m      |

En el diagrama anterior se pudo observar como en todo el proceso mejorado de la línea de tortilla no se tienen demoras y el tiempo de las inspecciones en puntos críticos aumento, no se tienen operaciones/inspecciones, se tiene el almacenaje de la materia prima y del producto terminado, y el transporte y las operaciones es lo que más tiempo ocupan en el proceso.

### **3.3.2 Diagrama de recorrido**

El método mejorado del recorrido del proceso de la línea de tortilla incluye actividades de inspección en las áreas de cocimiento del maíz, laminado y horneado. Mientras que en las operaciones de freído y en la banda acondicionadora se reorientaron dichas inspecciones hacia otros atributos adicionales o más importantes con los que venían trabajando los operarios encargados de estos módulos.

**Figura 25. Diagrama de recorrido mejorado del proceso de tortilla**



En el diagrama de recorrido mejorado se puede observar como las nuevas inspecciones están en la mayoría de los casos después de cada estación de trabajo, esto para verificar la calidad de cada hojuela antes de entrar a la siguiente sección, dichas inspección como se puede observar, fueron colocadas en las estaciones críticas para la calidad del producto. El tiempo en almacenaje aumento pero hizo que bajara el tiempo en operaciones que se ajustaron a las nuevas condiciones de la línea.

### **3.4 Control basado en inspecciones**

Se propone que las inspecciones agregadas en el proceso de la línea de tortilla sean realizadas por el mismo personal operativo, quienes serán los encargados de tabular los datos y las observaciones realizadas por el laboratorio de control de calidad a sus gráficos de control. Dicho personal también tendrá a cargo hacer otras mediciones requeridas para mantener el proceso bajo control estadístico.

Un ejemplo del nuevo control basado en inspecciones que deberá llevar el operario encargado del área del horneado del producto es cuando se necesita muestrear la humedad que existe en la hojuela a la salida de los dos hornos, este deberá reportar en sus gráficos de control los resultados, para controlar la humedad con la que la hojuela entrará al freidor, para que no exista problema con la absorción de aceite en el freído, y así con todas las operaciones siguientes y aspectos importantes del proceso.

Además de las inspecciones y los formatos de proceso que deberán ser realizados por el personal operativo, estas personas se encuentran capacitadas para tomar decisiones con respecto a los resultados en los gráficos de control y otras variables que consideren oportunas en los formatos de proceso. El llenado de los gráficos de control es muy importante y se debe realizar en forma correcta, así como los datos deben ser confiables porque de esta forma se podrá encontrar las causas de variación en el proceso, y así los operarios podrán tomar las acciones correctivas adecuadas y en forma inmediata.

Todos los operarios asignados a la línea deben supervisar el proceso completo, así como revisar los reportes realizados por los demás compañeros de trabajo y que realicen muestreos en todas las etapas del proceso, es decir, que monitoreen el proceso, con el objeto de plantear mejoras al mismo. Al momento de revisar los reportes, el supervisor de la línea deberá estar seguro que lo reportado es verídico, pues él también está supervisando y muestreando, ya que la información presentada por el personal operativo puede ser manejada a su conveniencia, por lo que no se estaría mejorando el proceso.

### **3.5 Capacitación de los empleados**

Para contrarrestar el desconocimiento del personal operativo de los gráficos de control fue necesario brindarles capacitación de dicho tema, por lo tanto, se propone capacitaciones periódicas para cuando existan nuevos operarios en la línea.

Este programa debe fundamentarse esencialmente en los límites de especificación de los productos de la línea, los cuales se mostrarán en todas las estaciones de trabajo, en rótulos descriptivos donde se colocaran las variables y sus respectivos límites, para que todo el personal los tenga presente.

Esta capacitación se debe realizar a través de una conferencia, un curso y taller, material de apoyo y una mesa redonda.

En la conferencia a brindar al personal de la línea, los temas a plantear tienen que estar relacionados con la calidad del proceso de la línea de tortilla, la importancia de la misma, explicaciones técnicas sobre el equipo que se tiene en laboratorio para medir las variables críticas en proceso, y cómo este puede ser utilizado por ellos para encontrar otras mediciones importantes y que puedan ser influyentes en una mala calidad en proceso.

El curso tiene que ser referente a todas las áreas de la línea, cómo operar el equipo que cuenta cada módulo, que variables hay que controlar, la secuencia de las operaciones e importancia en todo el proceso.

El taller necesitar ser la práctica de la conferencia y del curso, con el objeto de ejercitar al personal y verificar el entendimiento de los conocimientos impartidos relacionados con los instrumentos de mediciones y su precisión, el uso de los gráficos de control, su importancia y aplicación, cómo se controla la calidad a través de estos, los procesos fuera de control y qué hacer en cada caso presentado.

Las mesas redondas se deben realizar planteando problemas de calidad y tratar de resolverlos a través de lluvia de ideas del personal, para que puedan conocer las decisiones que se pueden tomar y sus consecuencias, dado un problema en el proceso.

El material de apoyo en cuestión, se refiere a calculadora, lapiceros, etc., y todo tipo de material que le sirve al operario para tomar las mediciones y anotarlas en sus hojas de gráficos de control.

### **3.6 Control estadístico de proceso**

Para realizar un control estadístico de proceso después de las nuevas condiciones de proceso de la línea se tomaron sesenta muestras por cada producto, estos productos pertenecen a la línea doritos 2000, y son: doritos salsa verde, doritos nacho, doritos extra queso y doritos pizza. Esto quiere decir que se tomaron 240 muestras en total de todas las variables a considerar para juzgar la calidad del producto en proceso, dicho formato es completado por el laboratorio de control de calidad cada hora del turno, siempre y cuando se este produciendo en ese momento.

Este control se realizará básicamente para tener datos cuantificables para realizar las comparaciones del proceso antes de implementar los procedimientos de mejora, y después, de esta manera, establecer si se está avanzando en el mejoramiento de la calidad del proceso.



Entre los cálculos que se harán están: la obtención de la media y desviación estándar del proceso, la capacidad del proceso para producir productos dentro de las especificaciones, los límites de proceso para compararlos con los límites de especificación, y determinar la calidad con la que se está produciendo. Este análisis se deberá realizar a través de una muestra significativa por turno.

### **3.6.1 Gráficos de control para variables**

Para determinar que las nuevas condiciones de proceso y las inspecciones, mencionadas anteriormente, tendrán resultados, es necesario tomar una muestra significativa al poner en práctica los mismos y realizar una comparación.

Antes de determinar los límites de proceso es necesario determinar los límites de control y realizar el mismo análisis que se hizo en el capítulo dos.

Para el cálculo de los límites de control se tiene los siguientes valores:

**Tabla XII. Datos de muestra significativa del porcentaje de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso**

| Muestras | Subgrupos |       |       |       | X            | R            |
|----------|-----------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
|          | 1         | 2     | 3     | 4     |              |              |
| 1        | 0.00      | 0.00  | 10.50 | 2.60  | <b>3.28</b>  | <b>10.50</b> |
| 2        | 5.00      | 10.80 | 7.8   | 4.73  | <b>7.08</b>  | <b>6.07</b>  |
| 3        | 11.8      | 10.9  | 9.12  | 8.5   | <b>10.08</b> | <b>3.30</b>  |
| 4        | 7.6       | 9.3   | 0     | 0     | <b>4.23</b>  | <b>9.30</b>  |
| 5        | 0         | 0     | 0     | 0     | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 6        | 7.17      | 0     | 4.8   | 10    | <b>5.49</b>  | <b>10.00</b> |
| 7        | 0         | 9.34  | 13.2  | 3.4   | <b>6.49</b>  | <b>13.20</b> |
| 8        | 0         | 0     | 0     | 0     | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 9        | 0         | 0     | 0     | 0     | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 10       | 0         | 0     | 0     | 0     | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 11       | 0         | 4.95  | 0     | 0     | <b>1.24</b>  | <b>4.95</b>  |
| 12       | 0         | 0     | 5.67  | 9.4   | <b>3.77</b>  | <b>9.40</b>  |
| 13       | 15.5      | 8.3   | 7.2   | 7.6   | <b>9.65</b>  | <b>8.30</b>  |
| 14       | 10.2      | 3     | 7.3   | 8.2   | <b>7.18</b>  | <b>7.20</b>  |
| 15       | 19.9      | 7.7   | 8.2   | 5.4   | <b>10.30</b> | <b>14.50</b> |
| 16       | 2.9       | 4.4   | 2.8   | 7.6   | <b>4.43</b>  | <b>4.80</b>  |
| 17       | 4.3       | 0     | 2.54  | 0     | <b>1.71</b>  | <b>4.30</b>  |
| 18       | 0         | 0     | 0     | 0     | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 19       | 2.81      | 4.42  | 7.32  | 4.98  | <b>4.88</b>  | <b>4.51</b>  |
| 20       | 4.68      | 2.77  | 0     | 8.13  | <b>3.90</b>  | <b>8.13</b>  |
| 21       | 4.71      | 2.51  | 4.65  | 0     | <b>2.97</b>  | <b>4.71</b>  |
| 22       | 0         | 2.7   | 0     | 0     | <b>0.68</b>  | <b>2.70</b>  |
| 23       | 4.62      | 0     | 0     | 0     | <b>1.16</b>  | <b>4.62</b>  |
| 24       | 2.41      | 0     | 3.1   | 13.73 | <b>4.81</b>  | <b>13.73</b> |
| 25       | 7.18      | 0     | 0     | 6.76  | <b>3.49</b>  | <b>7.18</b>  |
| 26       | 3.8       | 3.4   | 0     | 0     | <b>1.80</b>  | <b>3.80</b>  |
| 27       | 5.05      | 0     | 0     | 0     | <b>1.26</b>  | <b>5.05</b>  |
| 28       | 4.2       | 2.2   | 10.25 | 2.25  | <b>4.73</b>  | <b>8.05</b>  |
| 29       | 0         | 0     | 0     | 2.03  | <b>0.51</b>  | <b>2.03</b>  |
| 30       | 5.09      | 2.52  | 0     | 0     | <b>1.90</b>  | <b>5.09</b>  |
| 31       | 0         | 0     | 3.2   | 8.3   | <b>2.88</b>  | <b>8.30</b>  |
| 32       | 7.44      | 0     | 10    | 2.64  | <b>5.02</b>  | <b>10.00</b> |
| 33       | 7.4       | 0     | 0     | 7.38  | <b>3.70</b>  | <b>7.40</b>  |
| 34       | 0         | 0     | 9.34  | 2.38  | <b>2.93</b>  | <b>9.34</b>  |
| 35       | 11        | 0     | 13.2  | 7.71  | <b>7.98</b>  | <b>13.20</b> |
| 36       | 5.22      | 0     | 0     | 5.3   | <b>2.63</b>  | <b>5.30</b>  |
| 37       | 7.52      | 3.8   | 0     | 4.9   | <b>4.06</b>  | <b>7.52</b>  |
| 38       | 2.33      | 0     | 0     | 5.12  | <b>1.86</b>  | <b>5.12</b>  |
| 39       | 7.46      | 3.9   | 0     | 0     | <b>2.84</b>  | <b>7.46</b>  |

**Continúa Tabla XII. Datos de muestra significativa del porcentaje de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso**

|    |       |      |      |       |             |              |
|----|-------|------|------|-------|-------------|--------------|
| 40 | 2.05  | 8.9  | 0    | 0     | <b>2.74</b> | <b>8.90</b>  |
| 41 | 4.01  | 5.62 | 11   | 0     | <b>5.16</b> | <b>11.00</b> |
| 42 | 2.85  | 10.1 | 12.3 | 2.9   | <b>7.04</b> | <b>9.45</b>  |
| 43 | 1.97  | 5.9  | 15.4 | 0     | <b>5.82</b> | <b>15.40</b> |
| 44 | 3.02  | 3.63 | 0    | 0     | <b>1.66</b> | <b>3.63</b>  |
| 45 | 0     | 7.53 | 2.6  | 0     | <b>2.53</b> | <b>7.53</b>  |
| 46 | 3.06  | 0    | 15.1 | 2.52  | <b>5.17</b> | <b>15.10</b> |
| 47 | 11.16 | 13.7 | 0    | 10.00 | <b>8.72</b> | <b>13.70</b> |
| 48 | 4.8   | 16.7 | 0    | 5.33  | <b>6.71</b> | <b>16.70</b> |
| 49 | 2.7   | 0    | 3    | 8.33  | <b>3.51</b> | <b>8.33</b>  |
| 50 | 0     | 7.2  | 0    | 7.25  | <b>3.61</b> | <b>7.25</b>  |
| 51 | 0     | 10.3 | 0    | 12.90 | <b>5.80</b> | <b>12.90</b> |
| 52 | 0     | 2    | 0    | 7.30  | <b>2.33</b> | <b>7.30</b>  |
| 53 | 0     | 5.46 | 0    | 5.80  | <b>2.82</b> | <b>5.80</b>  |
| 54 | 0     | 7.62 | 0    | 11.40 | <b>4.76</b> | <b>11.40</b> |
| 55 | 0     | 0    | 0    | 4.19  | <b>1.05</b> | <b>4.19</b>  |
| 56 | 0     | 2.47 | 2.84 | 7.6   | <b>3.23</b> | <b>7.60</b>  |
| 57 | 0     | 9.12 | 2.75 | 5.13  | <b>4.25</b> | <b>9.12</b>  |
| 58 | 3.07  | 7.17 | 5.8  | 10.22 | <b>6.57</b> | <b>7.15</b>  |
| 59 | 0     | 0    | 4.6  | 12.4  | <b>4.25</b> | <b>12.40</b> |
| 60 | 0     | 4.8  | 8    | 8     | <b>5.20</b> | <b>8.00</b>  |

Los datos anteriores son para realizar la capacidad del proceso mejorado de la línea, se tomaron sesenta muestras por cada producto, estos productos pertenecen a la línea doritos 2000 y son cuatro. Esto quiere decir que se tomaron 240 muestras en total de todas las variables a considerar para juzgar la calidad del producto en proceso.

$\bar{X}$  = Media de Medias. Para el porcentaje de aceitosos se tiene una media de 3.90 (estos datos se obtuvieron de la tabla XII, páginas 90 - 91)

$A_2$  = Factor para los límites de control para la gráfica por promedios, se determina según las observaciones en la muestra. En este caso las observaciones son 4, debido a que son los distintos tipos de productos a examinar en la línea, por lo que al consultar la Tabla XX del anexo, nos da un valor  $A_2 = 0.729$ .

$\bar{R}$  = Promedio de los rangos. Para el porcentaje de aceitosos se tiene un rango promedio de 7.53 (estos datos se obtuvieron de la tabla XII, págs. 90-91)

$D_4$  = Factor para los límites de control para la gráfica de los rangos, que se determina según el número de observaciones en la muestra. Según la tabla XX del anexo,  $D_4 = 2.282$ .

$D_3$  = Factor para los límites de control para la gráfica de los rangos, que se determina según el número de observaciones en la muestra. Según la tabla XX del anexo,  $D_3 = 0$ .

Antes de calcular los límites de proceso, se debe observar si el proceso está bajo control, a través de los gráficos de medias y rangos, los cuales se obtienen de la muestra compuesta en subgrupos (tabla IX). Estos gráficos se realizan para el porcentaje de aceitosos.

Al sustituir los datos en las fórmulas para ambos gráficos, para el porcentaje de aceitosos se tienen los siguientes límites de control:

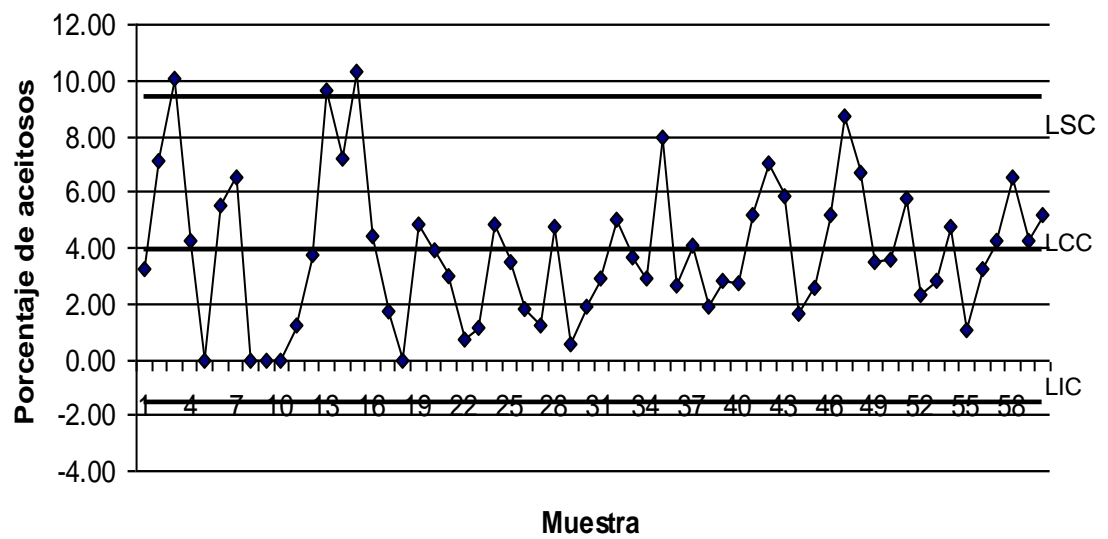
**Tabla XIII. Límites de control para el porcentaje de aceitosos en la línea bajo nuevas condiciones de proceso**

| <b>Gráfico de medias</b>                                   | <b>Gráfico de rangos</b>                             |
|--|--|
| Límites superior de control =<br>$3.90+0.729(7.53) = 9.39$ | Límite inferior de control =<br>$7.53*2.282 = 17.19$ |
| Límite central de control = 3.90                           | Límite central de control = 7.53                     |
| Límite inferior de control =<br>$3.90-0.729(7.53) = -1.59$ | Límite inferior de control =<br>$7.53*0 = 0$         |

Los gráficos de control con los resultados anteriores, y su análisis respectivo, se presentan en las siguientes secciones. Se debe tener presente que el análisis del control estadístico de proceso, presentado mediante dichos gráficos de control, permitirá conocer las mejoras realizadas en el proceso mediante las condiciones de proceso implementadas.

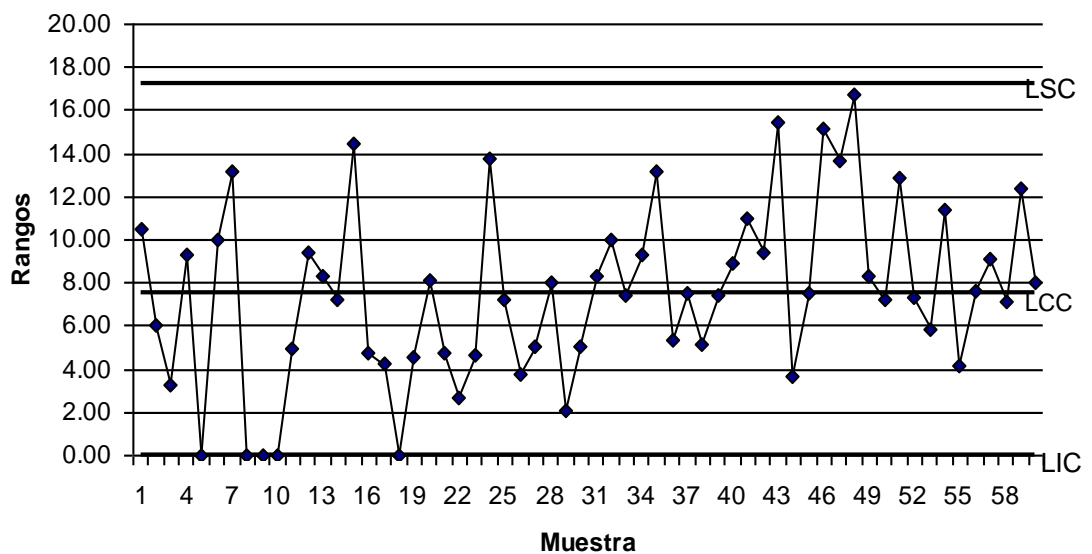
### 3.6.1.1 Gráfico de control de medias

Figura 25. Gráfico de medias de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso



### 3.6.1.2 Gráfico de Rangos (R)

Figura 26. Gráfico de rangos porcentaje de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso



Para poder determinar si el proceso está fuera de control, se analiza primero el gráfico de rangos y luego se procede a realizar el análisis del gráfico de medias. Este procedimiento es necesario para conocer el porcentaje, que se logro reducir, del producto de mala calidad en el proceso mediante las mejoras al proceso.

Al observar el gráfico de rangos del porcentaje de aceitosos en la línea bajo nuevas condiciones de proceso, se observa que no existen variaciones no naturales producto de causas fortuitas, pues todos los rangos de la muestra están dentro de los límites de control. Sin embargo, en el gráfico de medias se tiene por arriba del límite superior de control las muestras 3, 13 y 15.

Debido a que no se está bajo control, se eliminan los puntos que están fuera de control para el cálculo de la media de medias, y el rango se mantiene, los puntos que se eliminan se observan sombreados en la siguiente tabla.

**Tabla XIV. Datos de muestra significativa, proceso bajo control, bajo nuevas condiciones de proceso**

| Muestras | Subgrupos |       |       |      | X            | R            |
|----------|-----------|-------|-------|------|--------------|--------------|
|          | 1         | 2     | 3     | 4    |              |              |
| 1        | 0.00      | 0.00  | 10.50 | 2.60 | <b>3.28</b>  | <b>10.50</b> |
| 2        | 5.00      | 10.80 | 7.8   | 4.73 | <b>7.08</b>  | <b>6.07</b>  |
| 3        | 11.8      | 10.9  | 9.12  | 8.5  | <b>10.08</b> | <b>3.30</b>  |
| 4        | 7.6       | 9.3   | 0     | 0    | <b>4.23</b>  | <b>9.30</b>  |
| 5        | 0         | 0     | 0     | 0    | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 6        | 7.17      | 0     | 4.8   | 10   | <b>5.49</b>  | <b>10.00</b> |
| 7        | 0         | 9.34  | 13.2  | 3.4  | <b>6.49</b>  | <b>13.20</b> |
| 8        | 0         | 0     | 0     | 0    | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 9        | 0         | 0     | 0     | 0    | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 10       | 0         | 0     | 0     | 0    | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>  |
| 11       | 0         | 4.95  | 0     | 0    | <b>1.24</b>  | <b>4.95</b>  |
| 12       | 0         | 0     | 5.67  | 9.4  | <b>3.77</b>  | <b>9.40</b>  |
| 13       | 15.5      | 8.3   | 7.2   | 7.6  | <b>9.65</b>  | <b>8.30</b>  |
| 14       | 10.2      | 3     | 7.3   | 8.2  | <b>7.18</b>  | <b>7.20</b>  |
| 15       | 19.9      | 7.7   | 8.2   | 5.4  | <b>10.30</b> | <b>14.50</b> |
| 16       | 2.9       | 4.4   | 2.8   | 7.6  | <b>4.43</b>  | <b>4.80</b>  |
| 17       | 4.3       | 0     | 2.54  | 0    | <b>1.71</b>  | <b>4.30</b>  |



**Continúa Tabla XIV. Datos de muestra significativa, proceso bajo control, bajo nuevas condiciones de proceso**

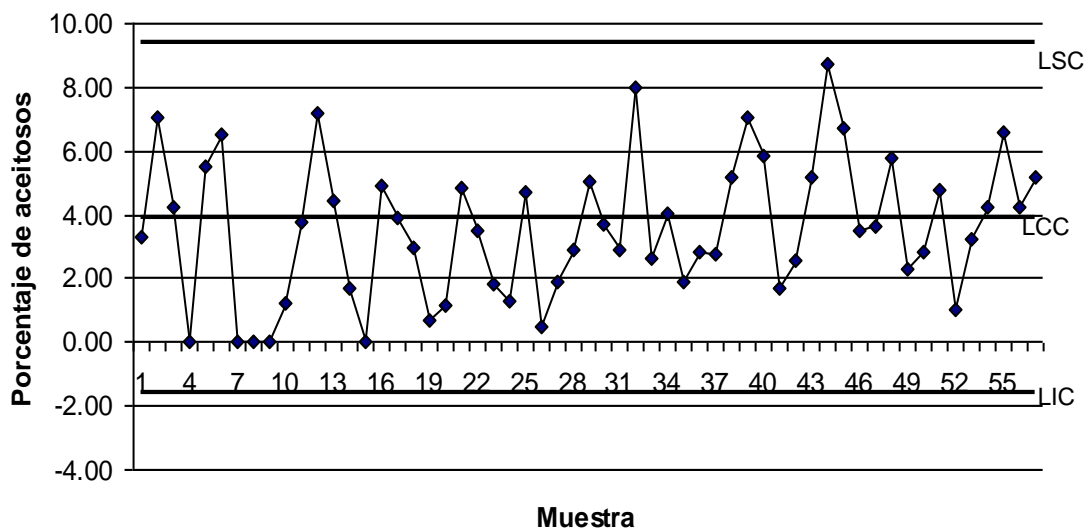
|    |       |      |       |       |             |              |
|----|-------|------|-------|-------|-------------|--------------|
| 18 | 0     | 0    | 0     | 0     | <b>0.00</b> | <b>0.00</b>  |
| 19 | 2.81  | 4.42 | 7.32  | 4.98  | <b>4.88</b> | <b>4.51</b>  |
| 20 | 4.68  | 2.77 | 0     | 8.13  | <b>3.90</b> | <b>8.13</b>  |
| 21 | 4.71  | 2.51 | 4.65  | 0     | <b>2.97</b> | <b>4.71</b>  |
| 22 | 0     | 2.7  | 0     | 0     | <b>0.68</b> | <b>2.70</b>  |
| 23 | 4.62  | 0    | 0     | 0     | <b>1.16</b> | <b>4.62</b>  |
| 24 | 2.41  | 0    | 3.1   | 13.73 | <b>4.81</b> | <b>13.73</b> |
| 25 | 7.18  | 0    | 0     | 6.76  | <b>3.49</b> | <b>7.18</b>  |
| 26 | 3.8   | 3.4  | 0     | 0     | <b>1.80</b> | <b>3.80</b>  |
| 27 | 5.05  | 0    | 0     | 0     | <b>1.26</b> | <b>5.05</b>  |
| 28 | 4.2   | 2.2  | 10.25 | 2.25  | <b>4.73</b> | <b>8.05</b>  |
| 29 | 0     | 0    | 0     | 2.03  | <b>0.51</b> | <b>2.03</b>  |
| 30 | 5.09  | 2.52 | 0     | 0     | <b>1.90</b> | <b>5.09</b>  |
| 31 | 0     | 0    | 3.2   | 8.3   | <b>2.88</b> | <b>8.30</b>  |
| 32 | 7.44  | 0    | 10    | 2.64  | <b>5.02</b> | <b>10.00</b> |
| 33 | 7.4   | 0    | 0     | 7.38  | <b>3.70</b> | <b>7.40</b>  |
| 34 | 0     | 0    | 9.34  | 2.38  | <b>2.93</b> | <b>9.34</b>  |
| 35 | 11    | 0    | 13.2  | 7.71  | <b>7.98</b> | <b>13.20</b> |
| 36 | 5.22  | 0    | 0     | 5.3   | <b>2.63</b> | <b>5.30</b>  |
| 37 | 7.52  | 3.8  | 0     | 4.9   | <b>4.06</b> | <b>7.52</b>  |
| 38 | 2.33  | 0    | 0     | 5.12  | <b>1.86</b> | <b>5.12</b>  |
| 39 | 7.46  | 3.9  | 0     | 0     | <b>2.84</b> | <b>7.46</b>  |
| 40 | 2.05  | 8.9  | 0     | 0     | <b>2.74</b> | <b>8.90</b>  |
| 41 | 4.01  | 5.62 | 11    | 0     | <b>5.16</b> | <b>11.00</b> |
| 42 | 2.85  | 10.1 | 12.3  | 2.9   | <b>7.04</b> | <b>9.45</b>  |
| 43 | 1.97  | 5.9  | 15.4  | 0     | <b>5.82</b> | <b>15.40</b> |
| 44 | 3.02  | 3.63 | 0     | 0     | <b>1.66</b> | <b>3.63</b>  |
| 45 | 0     | 7.53 | 2.6   | 0     | <b>2.53</b> | <b>7.53</b>  |
| 46 | 3.06  | 0    | 15.1  | 2.52  | <b>5.17</b> | <b>15.10</b> |
| 47 | 11.16 | 13.7 | 0     | 10.00 | <b>8.72</b> | <b>13.70</b> |
| 48 | 4.8   | 16.7 | 0     | 5.33  | <b>6.71</b> | <b>16.70</b> |
| 49 | 2.7   | 0    | 3     | 8.33  | <b>3.51</b> | <b>8.33</b>  |
| 50 | 0     | 7.2  | 0     | 7.25  | <b>3.61</b> | <b>7.25</b>  |
| 51 | 0     | 10.3 | 0     | 12.90 | <b>5.80</b> | <b>12.90</b> |
| 52 | 0     | 2    | 0     | 7.30  | <b>2.33</b> | <b>7.30</b>  |
| 53 | 0     | 5.46 | 0     | 5.80  | <b>2.82</b> | <b>5.80</b>  |
| 54 | 0     | 7.62 | 0     | 11.40 | <b>4.76</b> | <b>11.40</b> |
| 55 | 0     | 0    | 0     | 4.19  | <b>1.05</b> | <b>4.19</b>  |
| 56 | 0     | 2.47 | 2.84  | 7.6   | <b>3.23</b> | <b>7.60</b>  |
| 57 | 0     | 9.12 | 2.75  | 5.13  | <b>4.25</b> | <b>9.12</b>  |
| 58 | 3.07  | 7.17 | 5.8   | 10.22 | <b>6.57</b> | <b>7.15</b>  |
| 59 | 0     | 0    | 4.6   | 12.4  | <b>4.25</b> | <b>12.40</b> |
| 60 | 0     | 4.8  | 8     | 8     | <b>5.20</b> | <b>8.00</b>  |

Para esto se tienen los siguientes datos:

**Tabla XV. Cálculo de límites de control para el porcentaje de aceitosos en la línea de tortilla para el proceso bajo control bajo las nuevas condiciones de proceso**

| <b>Gráfica de medias</b>                                   |  |
|--|--|
| Límites Superior de Control = $3.57 + 0.729(7.53) = 9.06$  |  |
| Límites Central de Control = 3.57                          |  |
| Límites Inferior de Control = $3.57 - 0.729(7.53) = -1.92$ |  |

**Figura 27. Gráfico de medias del porcentaje de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso (segundo cálculo)**



Al comparar los datos en los gráficos del porcentaje de aceitosos bajo nuevas condiciones de proceso con los límites nuevos, se observa que el proceso está estable. Debido a que ya se tiene bajo control el proceso del porcentaje de aceitosos, se puede proceder a calcular los límites de proceso, para lo cual se necesita la media y la desviación estándar de los aspectos a evaluar.

El valor de los límites de proceso se obtiene, para el límite superior, de la suma de la media de medias más tres veces la desviación estándar, y al inferior a la media de medias se le resta tres veces la desviación estándar.

La desviación estándar se obtiene de la siguiente fórmula

$\sigma = \bar{R}/d_2$  (El valor de  $d_2$  se obtiene de la tabla XX del anexo para un subgrupo  $m = 4$ ,  $d_2 = 2.059$ )

**Tabla XVI. Medias y desviaciones estándar de la muestra significativa de los aspectos de calidad del producto bajo las nuevas condiciones de proceso**

| ASPECTO                 | MEDIA<br>( $\bar{X}_p$ ) | RANGO<br>( $\bar{R}$ ) | DESVIACIÓN<br>ESTÁNDAR<br>( $\sigma$ ) |
|-------------------------|--------------------------|------------------------|--|
| Porcentaje de aceitosos | 3.57                     | 7.53                   | 3.66                                   |

Para calcular los límites de proceso se tiene la siguiente fórmula:

$$LP = X_p \pm 3\sigma$$

Al utilizar la fórmula anterior, y sustituir en ella los datos de medias y desviaciones estándar para los aspectos que influyen en la no-estandarización de la calidad de la línea de tortilla, se obtienen los siguientes límites superiores, centrales e inferiores.

**Tabla XVII. Límites de proceso actuales bajo las nuevas condiciones de proceso**

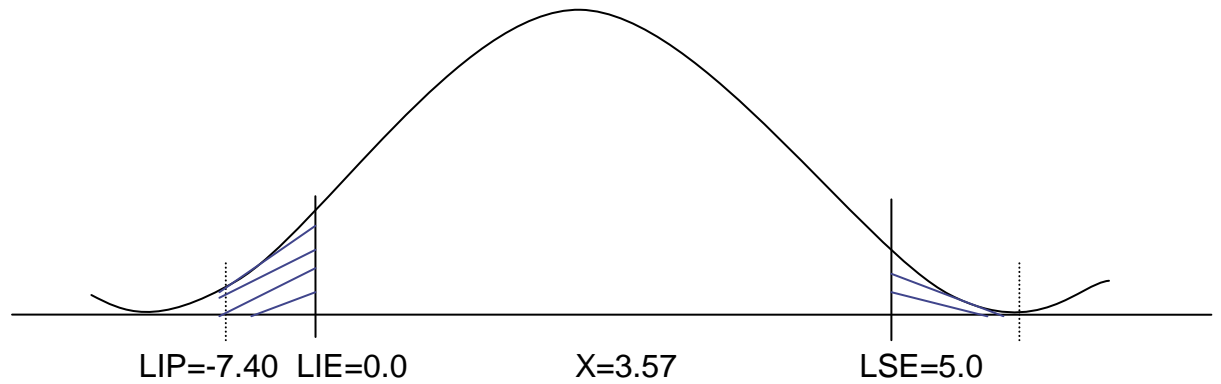
| <b>ASPECTO</b>                 | <b>LSP</b> | <b>LCP</b> | <b>LIP</b> |
|--------------------------------|------------|------------|------------|
| <b>Porcentaje de aceitosos</b> | 14.55      | 3.57       | -7.40      |

LSP = Límite superior del proceso

LCP = Límite central del proceso

LIP = Límite inferior del proceso

**Figura 28. Curva normal de datos del porcentaje de aceitosos bajo las nuevas condiciones de proceso**



Debido a que se tiene producto fuera de los límites de especificación, líneas inclinadas bajo la curva, esto quiere decir que se tiene producto defectuoso, dicho porcentaje se calcula a través de la tabla XXI del anexo de valores de z, y utilizando la siguiente fórmula.

$$Z_1 = \frac{LSE - X}{\sigma} \qquad Z_2 = \frac{LIE - X}{\sigma}$$

**Para el porcentaje de aceitosos en la línea se tiene lo siguiente:**

$$Z_1 = \frac{5.00 - 3.57}{3.66} \qquad Z_2 = \frac{0.00 - 3.57}{3.66}$$
$$Z_1 = 0.39 \qquad Z_2 = -0.98$$

Al verificar dichos datos en la tabla XXI del anexo, se tienen los siguientes valores de porcentaje de producto en proceso de mala calidad:

Total de producto en proceso de mala calidad: Valor  $Z_2 + (1 - \text{Valor } Z_1)$

Total de producto en proceso de mala calidad:  $0.1635 + (1 - 0.6517)$

Total de producto en proceso de mala calidad:  $0.5118 = \mathbf{51.18 \%}$

Esto implica que no se elimina totalmente las variaciones en las especificaciones del porcentaje de aceitosos en proceso de los productos de la línea, es decir, que la producción cumple con las especificaciones en un 49%.

El porcentaje de variación de las hojuelas aceitosas en la línea de tortilla, aunque no es muy significativo e influyente para la producción de sus productos, se ha mejorado, ya que se redujo el porcentaje de producto fuera de sus rangos en la variable crítica en un 20% aproximadamente.

### **3.7 Principales variables a controlar**

Las principales variables a controlar varían dependiendo del área en el proceso, es por eso que a continuación se presentan las mejoras realizadas en el proceso de la línea de tortilla por estación de trabajo.

En el área de cocimiento, el operario encargado deberá anotar en su formato respectivo, como variables más críticas a seguir, la temperatura, el tiempo de cocimiento y la humedad de descarga, que son de suma importancia debido a que en este proceso se incrementa el contenido de humedad en los granos de maíz, esta última también es esencial porque si se cumplen los objetivos de humedad establecidos no se tendrán variaciones en las operaciones siguientes; y por último, el tiempo de reposo del maíz, esta variable es crítica, ya que esta operación ayuda a aflojar y remover las cascarillas del maíz.

En el área de lavado y molienda del maíz se llevará el control de la presión del agua, esto para poder remover correctamente la cascarilla, cal y pequeños pedazos de maíz, después del reposado; así como controlar la temperatura y la humedad de la masa, esto mediante el ajuste del rotámetro en el molino, antes de llegar al laminado.

Además se deberá controlar la humedad de salida de las hojuelas de ambos hornos, esto para evitar variaciones de un horno a otro, ya que la temperatura de estos es muy cambiante y las hornillas no se encuentran colocadas uniformemente a lo largo del horno.

En el área de freído se llevará un control del tiempo de residencia de la hojuela y la temperatura dentro del freidor; esta mejora se realizó ya que no se estaba cumpliendo los parámetros de dicho tiempo, que es de 50 – 70 seg., esto para lograr el contenido correcto de humedad y aceite en la base frita.

Todas estas variables críticas a controlar son anotadas por cada operario de proceso en su respectiva área y llevada en los formatos que a continuación se describen.

### **3.8 Formatos para el registro de datos**

Como propuesta en la mejora de calidad en el proceso de la línea, se plantea un formato de control del proceso que debe ser llenado por los operarios encargados de las áreas de lavado, molienda y freído; dependiendo de las variables críticas en su área, así deben anotar los resultados de las mediciones realizadas, ya sea por ellos mismos o tomadas del laboratorio de control de calidad.

Este formato contiene registradas variables que no se encuentran dentro de los gráficos de control de proceso, pero que de igual forma son de importancia para cumplir con las nuevas condiciones de la línea.

Las mediciones concernientes en el área de lavado y de molienda son realizadas por el operario encargado de este módulo, así como las de freído por la persona asignada.



Los datos a anotar en este formato son básicamente lecturas del panel de control de la maquinaria a la que se haga mención, según su área, esto quiere decir, que prácticamente es una referencia para los operarios para controlar las condiciones de proceso de la maquinaria que son encargados, y si es posible, hacer las modificaciones a estos aparatos para que el producto cumpla con las especificaciones de calidad.

Dicho formato, detallado anteriormente, se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla XVIII. Formato de proceso línea de tortilla**



**CONTROL DE PROCESO LÍNEA DE TORTILLA**



|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Calidad Ganadora para el Consumidor |             |
| Fecha:                              | Hora:       |
| Turno:                              | Super. Por: |
| Elaborador por:                     | Producto:   |

| PUNTOS DE CONTROL                      | HORA |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>UNIDAD LAVADORA</b>                 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Bomba de alta presión (PSI)            |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>ÁREA DE MOLIENDA</b>                |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de masa Hug (Hertz)          |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bomba wakesha 1 (Hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bomba wakesha 2 (Hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rodillo laminadora 1 delantero (Hertz) |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rodillo laminadora 1 trasero (Hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rodillo laminadora 2 delantero (Hertz) |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rodillo laminadora 2 trasero (Hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura Horno 1 (°C)               |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura Horno 2 (°C)               |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bandas horno 1 (hertz)    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bandas horno 2 (hertz)    |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de residencia Horno 1 (hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de residencia Horno 2 (hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>ÁREA DE FREÍDO</b>                  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura de Set Point (°C)          |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura real (°C)                  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatura chimenea                   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de bomba de aceite (hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de sumergidores (hertz)      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de impulsores (hertz)        |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Velocidad de banda de salida (hertz)   |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nivel de aceite                        |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo de residencia (seg)             |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Presión de aire catch box              |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Observaciones:                         |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

En el área de cocimiento se lleva un formato de control de cocimiento y reposo de maíz, el rango de las especificaciones de los puntos de control de dicho formato ha cambiado, debido a las nuevas condiciones del proceso, y además, al operario de este módulo se le ha pedido llevar un gráfico de control de las humedades de descarga del maíz de las marmitas de cocimiento, a las tinas de reposo, siendo este, un punto de control importante para las demás operaciones.

Estos formatos mencionados en el párrafo anterior son los mismos que fueron expuestos en el capítulo dos, lo único que cambia son las especificaciones de cada variable por las nuevas condiciones de proceso, en el primer formato; mientras que en el segundo, el gráfico de control, no cambia en su estructura, solo que ahora el operario de esta área, debe implementarlo.

En el área de molienda se implemento un formato de calibración de piedras que deben ser calibradas dos veces por turno, el operario debe anotar la hora y el día en que realice su calibración de piedras, esto nos garantizará que esté en los rangos establecidos en los tres lados de la piedra que pide la auditoria para cumplir con estándares de calidad.

Dicho formato se presenta a continuación.

**Tabla XIX. Formato calibración de piedras**

**FORMATO DE CALIBRACIÓN DE PIEDRAS**



Fecha: \_\_\_\_\_  
 Turno: \_\_\_\_\_  
 Operario: \_\_\_\_\_

| Hora | Abertura Objetivo<br>0.017 - 0.023" | Puntos de Medición |   |   |
|------|-------------------------------------|--------------------|---|---|
|      |                                     | A                  | B | C |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |

Nota: La medición de la abertura debe hacerse:  
 a) Cada 4 horas ( 3 veces / turno)  
 b) En cambios de producto y se debe corroborar la abertura una hora después del arranque

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Turno: \_\_\_\_\_  
 Operario: \_\_\_\_\_

| Hora | Abertura Objetivo<br>0.017 - 0.023" | Puntos de Medición |   |   |
|------|-------------------------------------|--------------------|---|---|
|      |                                     | A                  | B | C |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |
|      |                                     |                    |   |   |

Nota: La medición de la abertura debe hacerse:  
 a) Cada 4 horas ( 3 veces / turno)  
 b) En cambios de producto y se debe corroborar la abertura una hora después del arranque

### **3.9 Sistema de inspección**

El sistema de inspección propuesto para la línea de tortilla, consiste básicamente en reforzar dicho sistema de inspección que se venía realizando por parte del laboratorio de control de calidad, sólo que hacer que el personal de proceso participe más en la recopilación de datos de sus respectivas áreas de trabajo y tomar las acciones correctivas en forma inmediata de acuerdo al análisis de la información recabada.

Otro de los objetivos en el reforzamiento de los sistemas de inspección en la línea, es que el personal operativo pueda tomar datos del proceso en el lugar y tiempos que crea conveniente y acudir al laboratorio a realizar mediciones de las variables críticas para realizar acciones correctivas en la línea.

El sistema de inspección mejorado supone en reforzar el conocimiento en los aspectos básicos de la línea, como especificaciones de materia prima, arranque y operación de maquinaria por módulos, reforzamiento de los gráficos de control, entre otros, todo esto enfocado sobre los operarios de proceso y que estos tengan las herramientas estadísticas para tomar decisiones y acciones que puedan llevarse en coordinación con el laboratorio de control de calidad y contribuir a la disminución de la variación en el proceso.

### **3.10 Costos de la propuesta**

Los costos de la propuesta abarcan el presupuesto que se invierte actualmente en la línea de producción, que son herramientas de trabajo para que el personal operativo anote las condiciones del proceso: como formatos, gráficos de control, puntos débiles, etc.; los cursos y capacitaciones concernientes a conocimientos básicos de la línea, son sistemas de inducción ya establecidos en la empresa que no tienen algún costo extra.

Las modificaciones a la maquinaria, que son mínimas, por ejemplo: arreglar la apertura de las hornillas en los hornos, no constituyen un alto costo, y son realizadas periódicamente por el departamento de mantenimiento, por lo que no se necesita de invertir en empresas externas para realizar dichos trabajos.

Por otro lado, la fábrica de productos alimenticios René, quería que los cambios hacia una mejora en su proceso de la línea no constituyeran gastos extras a los de operación de la línea.

## **4 SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN**

Dentro de una empresa al realizar un estudio que establece un precedente de cambio, es necesario un seguimiento por parte de los departamentos tanto de producción como de control de calidad y aplicar evaluaciones a estos resultados para que se tenga una mejora continua y una retroalimentación del sistema implementado.

### **4.1 Seguimiento**

El presente estudio se documentará en el departamento de producción, en donde se presentan todos los cambios en las condiciones de proceso y procedimientos de control necesarios para mejorar la calidad en el proceso de la línea de tortilla. Esto se realiza, para que al continuar con el mejoramiento de todos los productos de la línea, tanto en proceso como en empaque, se alcance una buena calidad y no se vuelvan a realizar estudios ya hechos con anterioridad, y poder elaborar nuevos estudios e implementar nuevos sistemas para lograr alcanzar una calidad total.

Como parte de la documentación del estudio realizado al proceso, se imprimieron rótulos con las nuevas condiciones de proceso en cada área de trabajo y las variables críticas a controlar para darle el seguimiento respectivo de que se están cumpliendo las especificaciones en calidad.

Dentro del seguimiento de las nuevas condiciones del proceso en la línea, se ha establecido por parte del departamento de producción, recopilar y tabular en forma electrónica los resultados de las variables críticas en proceso, anotadas en los gráficos de control, y que son llevadas por los operarios según su área de responsabilidad, y en forma diaria; esto se implementa para que la gerencia del departamento tenga conocimiento de las condiciones en las que se operan y las acciones correctivas implementadas por el personal, así como que mejoras pueden implementar en la línea.

Dicha información recolectada en forma electrónica será presentada semanalmente por parte de los supervisores de la línea hacia la gerencia de producción, esto para darle el seguimiento continuo a las mejoras alcanzadas en la calidad del producto.

Por parte del departamento de control de calidad se han realizado en forma periódica mediciones de la dureza del producto terminado, como seguimiento de las nuevas condiciones de proceso en línea, así como gráficos detallados de los porcentajes de producto de buena calidad, no tan buena y mala; a esto se le añaden informes que son presentados en juntas con el departamento de producción, donde se detalla la información de las variables críticas en proceso y como se encuentra en relación con otros meses.

Dentro de los seguimientos realizados se encuentran: gráficos e información que se presenta a continuación en la sección de evaluación.

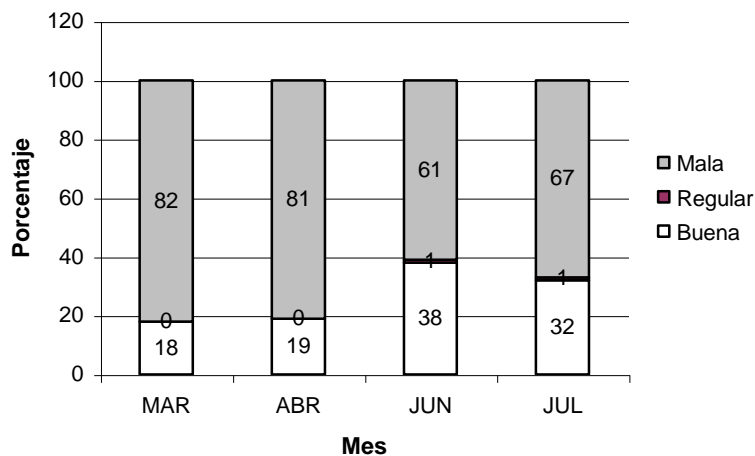


## 4.2 Evaluación

En esta sección se presentará evaluaciones que se hicieron del producto en proceso antes y después de las nuevas condiciones con las que se opera en la línea, esto nos servirá para determinar el grado de mejoras que se han obtenido con los resultados descritos en el capítulo 3, y cuánto falta por implementar una calidad total en el proceso.

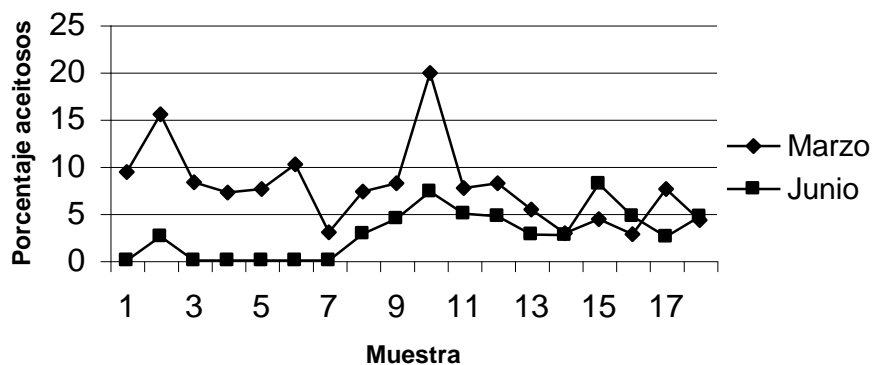
Para comparar el porcentaje de producto aceptado, pero que se pueda encontrar con buena, regular y mala calidad, se presenta la siguiente figura que ilustra y compara los meses de abril y mayo, versus los meses de junio y julio, que fue cuando ya se implementaron las mejoras en las nuevas condiciones de proceso de la línea.

**Figura 29. Gráfico comparativo de calidad en el proceso de tortilla**



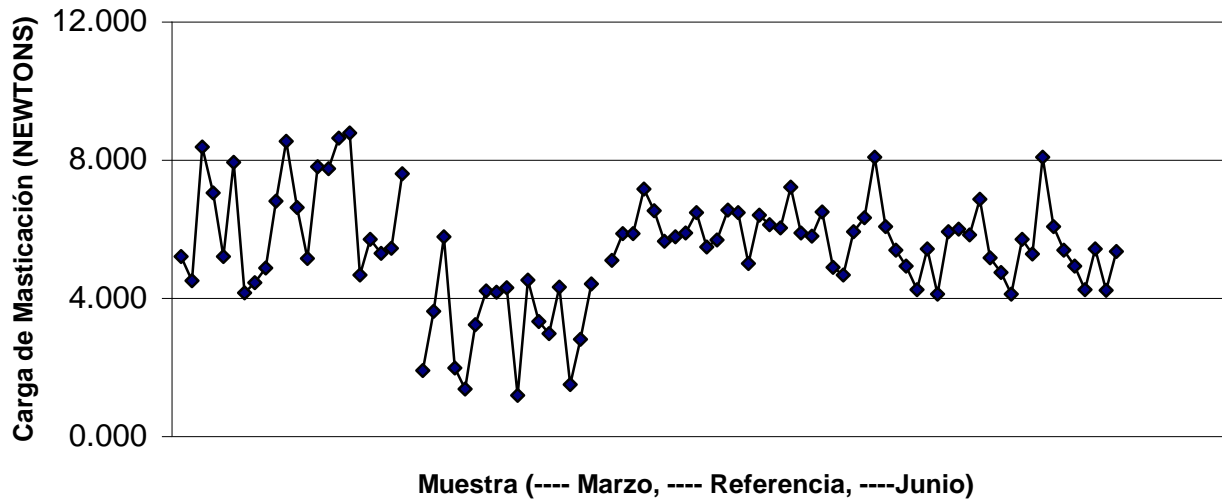
El seguimiento y evaluación al porcentaje de aceitosos se realizó también por el departamento de control de calidad y en la siguiente figura se comparan los resultados de esta variable durante la primera semana del mes de marzo versus el mes de junio, al producto que se aplica esta evaluación es a doritos nacho, que es el producto base del seguimiento de calidad de los productos de la línea de tortilla, esto se debe a su similitud en casi todas las variables críticas de proceso.

**Figura 30. Gráfico porcentaje de aceitosos primera semana**



La dureza del doritos es otra variable crítica en proceso, por lo tanto existe un seguimiento y evaluación por parte del laboratorio de control de calidad para hacer mediciones en forma mensual del comportamiento de esta variable en el proceso de la línea de tortilla, específicamente a los productos de doritos; en la siguiente figura se presenta la comparación de la dureza de los meses de marzo y junio versus una muestra de referencia realizada en una planta mexicana, que es el ideal de dureza que debe de existir en los productos de doritos.

**Figura 31. Gráfico comparativo dureza de Doritos**



Entre las causas de los problemas encontrados en dureza del producto podemos mencionar que la alta humedad a la descarga de maíz después de marmitas y el mal lavado del maíz en la unidad lavadora, eran las causas principales a este problema en proceso. La alta temperatura de la masa en las laminadoras también afectaba en forma directa la dureza de las hojuelas. Para contrarrestar estos problemas se implementó el uso de gráficas y de muestreo seguido, bajo las nuevas condiciones de proceso de la línea.



## CONCLUSIONES

1. Los problemas de calidad que tiene el producto en proceso son: porcentaje de aceitosos, sal de producto terminado y aceite en la base frita; la implementación de un muestreo seguido y el uso de gráficos como métodos de trabajo ayudará a mantener a dichas variables en los rangos esperados de calidad y por ende, elevar la competitividad de los productos.
2. El análisis de los límites de especificación de cada una de las variables críticas ayudó y ayudará para conocer las causas de las variaciones encontradas a través del proceso en este y en estudios posteriores para lograr una calidad total.
3. Las fallas en calidad del producto se deben principalmente a que se tiene mucha variabilidad en las operaciones de producción de cada una de las estaciones de trabajo de la línea; no se cuentan con rangos y objetivos claros, que sean establecidos de tal forma que el operario de proceso pueda cumplir y seguir para mantener una calidad óptima en proceso.
4. La línea de tortilla cuenta con un sistema de control de la calidad encargado de realizar mediciones de las condiciones con las que el producto se encuentra en proceso. Se propone que los operarios encargados de cada área del proceso estén involucrados en cada momento con este departamento para que en conjunto se puedan tomar las acciones correctivas adecuadas y prontas en las desviaciones existentes que se puedan presentar en cada variable crítica.

5. Los parámetros críticos a considerar para un control adecuado de la calidad en la línea de tortilla incluye aspectos sensoriales del producto, en los que se incluyen la apariencia, textura, sabor del condimento y de la base del producto terminado; además, se incluyen aspectos importantes en proceso que son: los defectos provocados en las distintas estaciones de operación, los porcentajes de humedad, aceite, cobertura, sal, etc., todos estos conforman la variedad de atributos registrados del producto tanto en proceso como terminado.
  
6. El porcentaje del producto con problemas de calidad en proceso durante el mes de junio y julio fue del 61% y 67% respectivamente, mientras que en los meses de marzo y abril se encuentra en 82% y 81% respectivamente; se ve claramente el descenso del producto de mala calidad en proceso. Recordemos que este producto sólo se le considera como fuera de los rangos de especificación de las variables en proceso, pero tiene el potencial de ser sacado al mercado para consumo. La variable considerada en el estudio del control estadístico fue el porcentaje de aceitosos en el producto terminado. Esta variación de las hojuelas aceitosas en la línea de tortilla se ha mejorado, ya que se redujo el porcentaje de producto fuera de sus rangos en la variable crítica en un 20% aproximadamente.
  
7. El área de cocimiento, horneado y fritura son los módulos de operación de la línea con mayor control por parte de todo el personal involucrado en lograr un producto dentro del rango de sus especificaciones, por lo que es necesario un coordinado esfuerzo por parte de todos los niveles de la organización para continuar con el mejoramiento de la calidad en todos los procesos productivos. Además es importante mantener un muestreo seguido y la implementación de gráficas en cada área.

## RECOMENDACIONES

1. La implementación y el seguimiento de los gráficos de control por parte del personal operativo en proceso de la línea debe estar dirigido y apoyado por parte de la gerencia y jefes del departamento de producción.
2. Los analistas del departamento de control de calidad deben mantener una comunicación constante con el personal operativo de la línea para que en conjunto puedan inspeccionar el estado del producto y cumplir con los estándares de proceso.
3. La mejora continua en el proceso de la línea de tortilla se logrará ejecutando los procedimientos de inspección y manteniendo de los puntos críticos de control.
4. El departamento de mantenimiento debe estar involucrado activamente en las propuestas de mejora al proceso productivo de la línea de tortilla.
5. Al implementar nueva maquinaria con una mayor capacidad de producción será necesario mantener los mismos parámetros críticos en las nuevas condiciones de proceso, esto porque los requerimientos de fabricación y capacidad de dicha maquinaria podrán aumentar pero siempre será importante medir estos parámetros para alcanzar los objetivos de calidad en cada módulo de la línea.

6. La supervisión sobre el personal de proceso deberá ser constante y por parte de otros niveles de la empresa para lograr un compromiso con la mejora continua en la línea y una retroalimentación que sirve de base para mejoras en otras líneas de procesos similares.
  
7. La capacitación constante del personal encargado directo de las áreas de trabajo críticas asegura tener mayor capacidad de producción satisfactoria para la compañía.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Dessler, Gary. Administración de Personal. 8ª. Edición. Editorial Prentice Hall 2001
2. Feigenbaum, Armand V. Control Total de la Calidad. 3ª Edición. Editorial CECSA. México: 1994.
3. Grimaldi, John V. Seguridad Industrial. Editorial Alfa-Omega; 1998.
4. García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo, Medición del Trabajo. México: Editorial Mc Graw-Hill
5. Gutiérrez, Ana. Administración y Calidad. 2ª Edición. Editorial Limusa. México: 2002
6. Herrera Palacios, Isis Nahomi. Mejoramiento de la calidad en el proceso de manufactura del medicamento macrovitam cápsula del laboratorio pharmalat, S.A. Tesis Ing. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 115pp.
7. Hellriegel, Don, Jackson, Susan E., Slocum, John W. Administración, Un enfoque basado en competencias. 9ª Edición. International Thompson Editores; 2002.
8. Loboucheix, Vincent. Tratado de la Calidad Total. 5ª Edición. Editorial Limusa. México: 2000.

9. Nievel, Benjamín. Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos. 3ª Edición. México: Editorial Alfa-Omega; 1998.
  
10. Torres Méndez, Sergio. Ingeniería de Plantas. Guatemala: Editorial Palacios 2001

# ANEXOS

**Tabla XX. Tabla de factores para el cálculo de límites de control**

| OBSERVACIONES EN LA MUESTRA, n | GRAFICA PARA LAS PROMEDIOS           |                |                             |                | GRAFICA PARA LAS DESVIACIONES ESTANDAR |                |                             |                | GRAFICA DE LOS RANGOS                |                |                                      |                |                |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|--|----------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|----------------|
|                                | FACTORES PARA LOS LÍMITES DE CONTROL |                | FACTORES PARA LÍNEA CENTRAL |                | FACTORES PARA LÍMITES DE CONTROL       |                | FACTORES PARA LÍNEA CENTRAL |                | FACTORES PARA LOS LÍMITES DE CONTROL |                | FACTORES PARA LOS LÍMITES DE CONTROL |                |                |
|                                | A                                    | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub>              | A <sub>3</sub> | c <sub>4</sub>                         | B <sub>3</sub> | B <sub>4</sub>              | B <sub>5</sub> | B <sub>6</sub>                       | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub>                       | d <sub>3</sub> | d <sub>4</sub> |
| 2                              | 2.121                                | 1.880          | 2.659                       | 0.7979         | 0                                      | 3.267          | 0                           | 2.606          | 0                                    | 1.128          | 0.853                                | 0              | 3.267          |
| 3                              | 1.732                                | 1.023          | 1.954                       | 0.8862         | 0                                      | 2.568          | 0                           | 2.276          | 0                                    | 1.693          | 0.888                                | 0              | 4.358          |
| 4                              | 1.500                                | 0.729          | 1.628                       | 0.9213         | 0                                      | 2.266          | 0                           | 2.088          | 0                                    | 2.059          | 0.880                                | 0              | 4.698          |
| 5                              | 1.342                                | 0.577          | 1.427                       | 0.9400         | 0                                      | 2.089          | 0                           | 1.964          | 0                                    | 2.326          | 0.864                                | 0              | 4.918          |
| 6                              | 1.225                                | 0.483          | 1.287                       | 0.9515         | 0.030                                  | 1.970          | 0.029                       | 1.874          | 0                                    | 2.534          | 0.848                                | 0              | 5.078          |
| 7                              | 1.134                                | 0.419          | 1.182                       | 0.9594         | 0.118                                  | 1.882          | 0.113                       | 1.806          | 0                                    | 2.704          | 0.833                                | 0.204          | 5.204          |
| 8                              | 1.061                                | 0.373          | 1.099                       | 0.9650         | 0.185                                  | 1.815          | 0.179                       | 1.751          | 0                                    | 2.847          | 0.820                                | 0.388          | 5.306          |
| 9                              | 1.000                                | 0.337          | 1.032                       | 0.9693         | 0.239                                  | 1.761          | 0.232                       | 1.707          | 0                                    | 2.970          | 0.808                                | 0.547          | 5.393          |
| 10                             | 0.949                                | 0.308          | 0.975                       | 0.9727         | 0.284                                  | 1.716          | 0.276                       | 1.669          | 0                                    | 3.078          | 0.797                                | 0.687          | 5.469          |
| 11                             | 0.905                                | 0.285          | 0.927                       | 0.9754         | 0.321                                  | 1.679          | 0.313                       | 1.637          | 0                                    | 3.173          | 0.787                                | 0.811          | 5.535          |
| 12                             | 0.866                                | 0.266          | 0.886                       | 0.9776         | 0.354                                  | 1.646          | 0.346                       | 1.610          | 0                                    | 3.258          | 0.778                                | 0.922          | 5.594          |
| 13                             | 0.832                                | 0.249          | 0.850                       | 0.9794         | 0.382                                  | 1.618          | 0.374                       | 1.585          | 0                                    | 3.336          | 0.770                                | 1.025          | 5.647          |
| 14                             | 0.802                                | 0.235          | 0.817                       | 0.9810         | 0.406                                  | 1.594          | 0.399                       | 1.563          | 0                                    | 3.407          | 0.763                                | 1.118          | 5.696          |
| 15                             | 0.775                                | 0.223          | 0.789                       | 0.9823         | 0.428                                  | 1.572          | 0.421                       | 1.544          | 0                                    | 3.472          | 0.756                                | 1.203          | 5.741          |
| 16                             | 0.750                                | 0.212          | 0.763                       | 0.9835         | 0.448                                  | 1.552          | 0.440                       | 1.526          | 0                                    | 3.532          | 0.750                                | 1.282          | 5.782          |
| 17                             | 0.728                                | 0.203          | 0.739                       | 0.9845         | 0.466                                  | 1.534          | 0.458                       | 1.511          | 0                                    | 3.588          | 0.744                                | 1.356          | 5.820          |
| 18                             | 0.707                                | 0.194          | 0.718                       | 0.9854         | 0.482                                  | 1.518          | 0.475                       | 1.496          | 0                                    | 3.640          | 0.739                                | 1.424          | 5.856          |
| 19                             | 0.688                                | 0.187          | 0.698                       | 0.9862         | 0.497                                  | 1.503          | 0.490                       | 1.483          | 0                                    | 3.689          | 0.734                                | 1.487          | 5.891          |
| 20                             | 0.671                                | 0.180          | 0.680                       | 0.9869         | 0.510                                  | 1.490          | 0.504                       | 1.470          | 0                                    | 3.735          | 0.729                                | 1.549          | 5.921          |

Derechos reservados de ASTM, 1916 Race Street, Filadelfia, PA, 19103. Se reproduce con autorización.

# Tabla XXI. Valores de z, áreas bajo la curva normal

APÉNDICE: TABLAS ESTADÍSTICAS

731

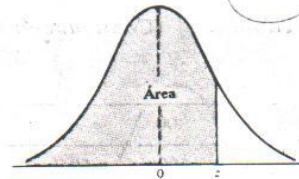


Tabla A.3 Áreas bajo la curva normal

| z    | .00   | .01   | .02   | .03   | .04   | .05   | .06   | .07   | .08   | .09   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -3.4 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0002 |
| -3.3 | .0005 | .0005 | .0005 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0003 |
| -3.2 | .0007 | .0007 | .0006 | .0006 | .0006 | .0006 | .0006 | .0005 | .0005 | .0005 |
| -3.1 | .0010 | .0009 | .0009 | .0009 | .0008 | .0008 | .0008 | .0008 | .0007 | .0007 |
| -3.0 | .0013 | .0013 | .0013 | .0012 | .0012 | .0011 | .0011 | .0011 | .0010 | .0010 |
| -2.9 | .0019 | .0018 | .0017 | .0017 | .0016 | .0016 | .0015 | .0015 | .0014 | .0014 |
| -2.8 | .0026 | .0025 | .0024 | .0023 | .0023 | .0022 | .0021 | .0021 | .0020 | .0019 |
| -2.7 | .0035 | .0034 | .0033 | .0032 | .0031 | .0030 | .0029 | .0028 | .0027 | .0026 |
| -2.6 | .0047 | .0045 | .0044 | .0043 | .0041 | .0040 | .0039 | .0038 | .0037 | .0036 |
| -2.5 | .0062 | .0060 | .0059 | .0057 | .0055 | .0054 | .0052 | .0051 | .0049 | .0048 |
| -2.4 | .0082 | .0080 | .0078 | .0075 | .0073 | .0071 | .0069 | .0068 | .0066 | .0064 |
| -2.3 | .0107 | .0104 | .0102 | .0099 | .0096 | .0094 | .0091 | .0089 | .0087 | .0084 |
| -2.2 | .0139 | .0136 | .0132 | .0129 | .0125 | .0122 | .0119 | .0116 | .0113 | .0110 |
| -2.1 | .0179 | .0174 | .0170 | .0166 | .0162 | .0158 | .0154 | .0150 | .0146 | .0143 |
| -2.0 | .0228 | .0222 | .0217 | .0212 | .0207 | .0202 | .0197 | .0192 | .0188 | .0183 |
| -1.9 | .0287 | .0281 | .0274 | .0268 | .0262 | .0256 | .0250 | .0244 | .0239 | .0233 |
| -1.8 | .0359 | .0352 | .0344 | .0336 | .0329 | .0322 | .0314 | .0307 | .0301 | .0294 |
| -1.7 | .0446 | .0436 | .0427 | .0418 | .0409 | .0401 | .0392 | .0384 | .0375 | .0367 |
| -1.6 | .0548 | .0537 | .0526 | .0516 | .0505 | .0495 | .0485 | .0475 | .0465 | .0455 |
| -1.5 | .0668 | .0655 | .0643 | .0630 | .0618 | .0606 | .0594 | .0582 | .0571 | .0559 |
| -1.4 | .0808 | .0793 | .0778 | .0764 | .0749 | .0735 | .0722 | .0708 | .0694 | .0681 |
| -1.3 | .0968 | .0951 | .0934 | .0918 | .0901 | .0885 | .0869 | .0853 | .0838 | .0823 |
| -1.2 | .1151 | .1131 | .1112 | .1093 | .1075 | .1056 | .1038 | .1020 | .1003 | .0985 |
| -1.1 | .1357 | .1335 | .1314 | .1292 | .1271 | .1251 | .1230 | .1210 | .1190 | .1170 |
| -1.0 | .1587 | .1562 | .1539 | .1515 | .1492 | .1469 | .1446 | .1423 | .1401 | .1379 |
| -0.9 | .1841 | .1814 | .1788 | .1762 | .1736 | .1711 | .1685 | .1660 | .1635 | .1611 |
| -0.8 | .2119 | .2090 | .2061 | .2033 | .2005 | .1977 | .1949 | .1922 | .1894 | .1867 |
| -0.7 | .2420 | .2389 | .2358 | .2327 | .2296 | .2266 | .2236 | .2206 | .2177 | .2148 |
| -0.6 | .2743 | .2709 | .2676 | .2643 | .2611 | .2578 | .2546 | .2514 | .2483 | .2451 |
| -0.5 | .3085 | .3050 | .3015 | .2981 | .2946 | .2912 | .2877 | .2843 | .2810 | .2776 |
| -0.4 | .3446 | .3409 | .3372 | .3336 | .3300 | .3264 | .3228 | .3192 | .3156 | .3121 |
| -0.3 | .3821 | .3783 | .3745 | .3707 | .3669 | .3632 | .3594 | .3557 | .3520 | .3483 |
| -0.2 | .4207 | .4168 | .4129 | .4090 | .4052 | .4013 | .3974 | .3936 | .3897 | .3859 |
| -0.1 | .4602 | .4562 | .4522 | .4483 | .4443 | .4404 | .4364 | .4325 | .4286 | .4247 |
| -0.0 | .5000 | .4960 | .4920 | .4880 | .4840 | .4801 | .4761 | .4721 | .4681 | .4641 |

Continúa Tabla XXI. Valores de z, áreas bajo la curva normal

732

APÉNDICE: TABLAS ESTADÍSTICAS

Tabla A.3 (Continuación) Áreas bajo la curva normal

| z   | .00   | .01   | .02   | .03   | .04   | .05   | .06   | .07   | .08   | .09   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.0 | .5000 | .5040 | .5080 | .5120 | .5160 | .5199 | .5239 | .5279 | .5319 | .5359 |
| 0.1 | .5398 | .5438 | .5478 | .5517 | .5557 | .5596 | .5636 | .5675 | .5714 | .5753 |
| 0.2 | .5793 | .5832 | .5871 | .5910 | .5948 | .5987 | .6026 | .6064 | .6103 | .6141 |
| 0.3 | .6179 | .6217 | .6255 | .6293 | .6331 | .6368 | .6406 | .6443 | .6480 | .6517 |
| 0.4 | .6554 | .6591 | .6628 | .6664 | .6700 | .6736 | .6772 | .6808 | .6844 | .6879 |
| 0.5 | .6915 | .6950 | .6985 | .7019 | .7054 | .7088 | .7123 | .7157 | .7190 | .7224 |
| 0.6 | .7257 | .7291 | .7324 | .7357 | .7389 | .7422 | .7454 | .7486 | .7517 | .7549 |
| 0.7 | .7580 | .7611 | .7642 | .7673 | .7704 | .7734 | .7764 | .7794 | .7823 | .7852 |
| 0.8 | .7881 | .7910 | .7939 | .7967 | .7995 | .8023 | .8051 | .8078 | .8106 | .8133 |
| 0.9 | .8159 | .8186 | .8212 | .8238 | .8264 | .8289 | .8315 | .8340 | .8365 | .8389 |
| 1.0 | .8413 | .8438 | .8461 | .8485 | .8508 | .8531 | .8554 | .8577 | .8599 | .8621 |
| 1.1 | .8643 | .8665 | .8686 | .8708 | .8729 | .8749 | .8770 | .8790 | .8810 | .8830 |
| 1.2 | .8849 | .8869 | .8888 | .8907 | .8925 | .8944 | .8962 | .8980 | .8997 | .9015 |
| 1.3 | .9032 | .9049 | .9066 | .9082 | .9099 | .9115 | .9131 | .9147 | .9162 | .9177 |
| 1.4 | .9192 | .9207 | .9222 | .9236 | .9251 | .9265 | .9278 | .9292 | .9306 | .9319 |
| 1.5 | .9332 | .9345 | .9357 | .9370 | .9382 | .9394 | .9406 | .9418 | .9429 | .9441 |
| 1.6 | .9452 | .9463 | .9474 | .9484 | .9495 | .9505 | .9515 | .9525 | .9535 | .9545 |
| 1.7 | .9554 | .9564 | .9573 | .9582 | .9591 | .9599 | .9608 | .9616 | .9625 | .9633 |
| 1.8 | .9641 | .9649 | .9656 | .9664 | .9671 | .9678 | .9686 | .9693 | .9699 | .9706 |
| 1.9 | .9713 | .9719 | .9726 | .9732 | .9738 | .9744 | .9750 | .9756 | .9761 | .9767 |
| 2.0 | .9772 | .9778 | .9783 | .9788 | .9793 | .9798 | .9803 | .9808 | .9812 | .9817 |
| 2.1 | .9821 | .9826 | .9830 | .9834 | .9838 | .9842 | .9846 | .9850 | .9854 | .9857 |
| 2.2 | .9861 | .9864 | .9868 | .9871 | .9875 | .9878 | .9881 | .9884 | .9887 | .9890 |
| 2.3 | .9893 | .9896 | .9898 | .9901 | .9904 | .9906 | .9909 | .9911 | .9913 | .9916 |
| 2.4 | .9918 | .9920 | .9922 | .9925 | .9927 | .9929 | .9931 | .9932 | .9934 | .9936 |
| 2.5 | .9938 | .9940 | .9941 | .9943 | .9945 | .9946 | .9948 | .9949 | .9951 | .9952 |
| 2.6 | .9953 | .9955 | .9956 | .9957 | .9959 | .9960 | .9961 | .9962 | .9963 | .9964 |
| 2.7 | .9965 | .9966 | .9967 | .9968 | .9969 | .9970 | .9971 | .9972 | .9973 | .9974 |
| 2.8 | .9974 | .9975 | .9976 | .9977 | .9977 | .9978 | .9979 | .9979 | .9980 | .9981 |
| 2.9 | .9981 | .9982 | .9982 | .9983 | .9984 | .9984 | .9985 | .9985 | .9986 | .9986 |
| 3.0 | .9987 | .9987 | .9987 | .9988 | .9988 | .9989 | .9989 | .9989 | .9990 | .9990 |
| 3.1 | .9990 | .9991 | .9991 | .9991 | .9992 | .9992 | .9992 | .9992 | .9993 | .9993 |
| 3.2 | .9993 | .9993 | .9994 | .9994 | .9994 | .9994 | .9994 | .9995 | .9995 | .9995 |
| 3.3 | .9995 | .9995 | .9995 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9997 |
| 3.4 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9998 |