

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN PARA EL
PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS EN LAS
HARINAS PANADERAS**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Heredia D., Juan E.
Para optar al Título
de Ingeniero Químico

Caracas, 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS EN LAS HARINAS PANADERAS

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Johnny Vásquez
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Claudia Duque

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Heredia D., Juan E.
Para optar al Título
de Ingeniero Químico

Caracas, 2007

Heredia D. Juan E.

**“EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN PARA EL
PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS EN LAS
HARINAS PANADERAS”**

Tutor Académico: Prof. Johnny Vásquez. Tutor Industrial: Ing. Claudia Duque.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

Año 2007, 177 p.

Palabras Claves: Dosificadores de sólidos, Azodicarbonamida, optimización de procesos, aditivos para alimentos, mezcladoras, normas CODEX internacional.

Resumen: La competencia y constante evaluación de los procesos industriales para sus mejoras y cumplimientos de las normas, ha llevado a la empresa MONACA a replantear sus formas de operación en cuanto a la elaboración de uno de sus principales productos: la Harina Panadera; ya que, existe un problema en la confiabilidad en el sistema de dosificación de aditivos. Esto, se debe a la carencia de sistemas automatizados que permitan llevar un control del proceso de dosificación y la falta de un método que permita determinar la cantidad de aditivos gastados en la elaboración de este producto. Dicha situación; deja entre dicho, el cumplimiento de las normas CODEX y se produce una desmejora en los beneficios económicos de la empresa. En este sentido muchas empresas han emprendido la búsqueda de mejoras en sus sistemas, lo cual ha motivado a MONACA al desarrollo de esta investigación, en la que se establecieron varios planteamientos que figuraban como críticos. Para ello, se llevó a cabo el diseño e implementación de un punto de control de calidad a nivel de laboratorio que permitiera determinar la cantidad de aditivos gastados al que se le denominó ME-LAB-044. Asimismo, se reformuló la premezcla M1, se estableció un sistema de control automático que regula los flujos para evitar variaciones en este punto, se evaluó el comportamiento del sistema de mezclado,

comprobándose que éste no posee la capacidad adecuada; y por último, se dejaron notificadas todas las variables que pueden incidir en una desviación de gran magnitud en cuanto a los aditivos empleados. Todo esto, se logró mediante el cumplimiento del objetivo general planteado para la solución de este problema; el cual, consistió en realizar una evaluación integral del sistema dosificador de aditivos de las Harinas Panaderas de MONACA, con el fin de identificar y proponer acciones que permitan mejorar dicho proceso. Cabe resaltar que las propuestas establecidas, están sustentadas por una respectiva evaluación técnica en la que se determinó el orden de prioridad para su aplicación.

Caracas, Febrero 2007

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Juan Heredia, titulado:

**“EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN PARA EL
PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS EN LAS
HARINAS PANADERAS”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Químico y, sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

**Prof. Ali Lara
Jurado**

**Prof. Andrés Rosales
Jurado**

**Prof. Johnny Vásquez
Tutor Académico**

**Ing. Claudia Duque
Tutor Industrial**



ACTA

MENCIÓN HONORÍFICA

Los abajo firmantes, miembros del Jurado Examinador del Trabajo Especial de Grado: **“EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS EN LAS HARINAS PANANDERAS”**, presentado por el Bachiller Juan E. Heredia D., queremos dejar constancia del nivel del trabajo realizado, ya que el mismo en cuanto a su ejecución, presentación y utilidad de los resultados ameritó que se le asignara la nota máxima de **VEINTE PUNTOS (20)**. Así mismo, hemos decidido por unanimidad, concederle **MENCIÓN HONORÍFICA** como reconocimiento a la excelencia del trabajo realizado, por la aplicación del Método Ingenieril en la solución del problema planteado, así como por el aporte en la generación de una metodología para la optimización del proceso de dosificación de aditivos en las empresas productoras de harina de trigo.

En Caracas, a los nueve días del mes de febrero del año dos mil siete.

Prof. Ali Lara
Jurado

Prof. Andrés Rosales
Jurado

Prof. Johnny Vásquez
Tutor Académico

Dedicatoria

Hoy al haber alcanzado uno de los más grandes sueños de mi vida: llegar a ser INGENIERO de la UCV, quiero dedicarle este triunfo a mis padres, lo más grande que DIOS me ha dado en esta vida, ellos son:

Yuruary M. De Lima J. y Juan B. Heredia P.

A ustedes papás infinitas gracias; no tengo palabras para expresar lo grande que me hacen sentir, si me pusiera a escribir lo que siento por ustedes, la dedicatoria terminaría siendo más larga que la propia tesis.

Gracias por haberme dado la vida.

Gracias, por estar conmigo en las buenas y malas.

Gracias, por compartir mis sueños, alegrías, desilusiones y frustraciones.

Gracias, por indicarme el camino correcto.

Gracias, por la paciencia que tuvieron en mis momentos de amargura.

Gracias, por ser tan unidos como son.

Gracias, por haberme dado una hermana tan bella.

Gracias, por haberme dado un hogar.

Gracias, infinitas gracias... porque sin ustedes yo no soy nadie.

Juan Eduardo Heredia De Lima

Agradecimientos

Gracias DIOS mío por darme el valor, por cada día que me has dado y por estar siempre presente iluminándome el camino. Gracias, por darme la fuerza necesaria en esos momentos en que tanto lo necesitaba.

Gracias nuevamente a mis padres que son el motor de mi vida, sin ustedes no soy nadie. Los adoro.

Gracias a mi novia, que soportó estar lejos de mí durante mis estudios y que me tuvo tanta paciencia. Indí te amo.

A mi hermanita, por darme la alegría de un hogar. A pesar de las peleas, yo se nos queremos mucho y siempre estarás a mi lado. Cuentas conmigo para lo que sea.

A todos mis familiares de Caracas que abrieron un espacio en sus casas para dejarme vivir y compartir con ellos, comenzando por mi tía Pili, luego “Pepi” —que DIOS te tenga en su santa gloria— y ya por último a mi tío Tono, mi tía Ana María y mi prima Mariana, quienes me regalaron los momentos más felices en Caracas, pues me hicieron sentir de nuevo en un hogar. Aquí es donde cabe el dicho “lo bueno se hace esperar”.

A mis abuelos Diva y Chuo por haberme regalado una madre tan maravillosa y a mis abuelos Ramón y Auxiliadora por darme un padre ejemplar. Abuela, espero que desde donde estés te sientas orgullosa de tu nieto.

A toda mi familia sin excepción, en especial a Andreina, Pilar, Irma, Ricardo, Toni, Ramón, José Antonio y Diva.

A mis tutores Johnny y Claudia, gracias a ustedes estoy aquí.

A Maritza, mi tía de la universidad. Mil gracias, fuiste tú quien me llenó de fuerza cuando me inicié en esta carrera.

Gracias a los profesores de la escuela de química por haberme formado como profesional y por haberme dejado entrar a esa familia que es la EIQ. En especial a los profesores: Armando V., Johnny V., Humberto K., José Francisco, Samir Marzuka.

Gracias a mis amigos de bachillerato, ustedes que me han demostrado que los buenos amigos perduran en el tiempo. Daniel C., Adriana B. y Benjamín T., a ustedes que son mis panas mil gracias.

A los profesores del Topel (liceo donde estudié), ya que me dieron las herramientas necesarias para poder ingresar a la UCV, “La casa que vence las sombras” (Maria Angélica, Gloria, Nelly y Luís Ríos).

A Lorena, Daniel, Anggie, Amelia y en especial a Villy (Virginia) que compartieron conmigo los mejores momentos de la universidad. Espero que ni el tiempo ni el espacio acaben con esta amistad.

A mis compañeros de clases; ustedes también son mis amigos (Norelis, El morocho, Hazle, Nathaly, Jessica, Vanesa, Gustavo y Francisco).

A mis compañeros de trabajo: El panita Jorge, Alcides, Leonardo, Rubén, Heriana, Dhamelys, Marbella, Mónica, Julio y en especial a Eleana, por ayudarme en mi formación como profesional.

A la empresa Molinos Nacionales C.A. por darme la oportunidad de ser tesista y adquirir conocimientos de importancia para mi profesión como Ingeniero Químico.

Gracias a la vida que me ha dado tanto..!

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Gráficos.....	xiv
Índice de Tablas.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Formulación del Problema	3
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
II. MARCO TEÓRICO	
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2. BASES TEÓRICAS	9
2.2.1. PROCESO DE MOLIENDA (Elaboración de harina panadera).	9
2.2.2. EL TRIGO.....	17
2.2.2.1. Estructura del grano.....	18
2.2.2.2. Composición química.....	18
2.2.3. HARINA DE TRIGO.....	21
2.2.3.1. Composición de la harina de trigo.....	22
2.2.3.2. Clasificación de las harinas.....	24
2.2.3.3. Los objetivos para obtener harina blanca.....	25
2.2.4. ADITIVOS AGREGADOS A LA HARINA DE TRIGO.....	25
2.2.5. TECNOLOGÍA DE DOSIFICACIÓN.....	30
2.2.6. MEZCLADO.....	31
2.2.7. BALANCES DE MASA.....	34
2.2.8. SISTEMAS DE CONTROL.....	36
2.2.8.1. Control Feedback.....	39

2.2.8.2 Control Feedforward.....	44
2.2.9. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.....	52
2.2.9.1. Pasos para construir el diagrama Causa-Efecto.....	52
2.2.9.2. Diagrama de Pareto.....	54
2.2.10. DESARROLLO DE PROYECTOS.....	55
2.2.11. ESTUDIO ECONÓMICO.....	56
 III. METODOLOGÍA	
3.1 DISEÑO DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO QUE PERMITA DETERMINAR LA CANTIDAD DE ADA EN LAS PREMEZCLAS.....	59
3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ADA ENTRE LOS ADITIVOS.	60
3.3 DETERMINCIÓN DE LA CANTIDAD DE ADA QUE SE DEBE AGREGAR A LA PREMEZCLA M1.....	61
3.4 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ADITIVOS AGREGADOS A LA HARINA PANADERA.....	63
3.5 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA ENFOCADO AL SISTEMA DE ELABORACIÓN DE HARINA PANADERA.....	64
3.6 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL FLUJO DE ALIMENTACIÓN DE HARINAS Y DE M1.....	65
3.7 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES FALLAS EN EL SISTEMA DE MEZCLADO Y DOSIFICACIÓN (HARINAS - M1).....	67
3.8 MEJORAS DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO.....	69
3.9 ESTUDIO TECNICO-ECONÓMICO.....	70
3.10 EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA OPERACIÓN DE LA PLANTA.....	71
 IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 DISEÑO DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE ADA.....	72
4.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ADA.....	76
4.3 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ADA QUE SE DEBE AGREGAR A LA PREMEZCLA.....	78

4.4 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ADITIVOS AGREGADOS A LA HARINA PANADERA.....	81
4.5 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA ENFOCADO AL SISTEMA DE ELABORACIÓN DE HARINA PANADERA.....	83
4.6 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL FLUJO DE ALIMENTACIÓN DE HARINAS Y DE M1.....	86
4.7 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS FALLAS DEL SISTEMA DE MEZCLADO Y DOSIFICACIÓN.....	91
4.8 MEJORAS DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO.....	101
4.9 ESTUDIO TECNICO-ECONÓMICO.....	111
4.10 EVALUACIÓN COMPARATIVA.....	116
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. CONCLUSIONES.....	125
5.2. RECOMENDACIONES.....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....	128
APÉNDICES	
Apéndice A. BIBLIOGRÁFICOS.....	133
Apéndice B. TABLA DE DATOS.....	144
Apéndice C. CÁLCULOS TIPO.....	149
Apéndice D.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
Figura 2.1. Diagrama reducido de la producción de harina panadera.....	10
Figura 2.2. Simbología del DFP para la elaboración de harina panadera.....	11
Figura 2.3. DFP del proceso de molienda.....	12
Figura 2.4. Cilindros empleados para la molienda (CIL01-A/AF).....	12
Figura 2.5. Cernidor o Sifter (CER01A/E).....	13
Figura 2.6. DFP del proceso de purificación.....	14
Figura 2.7. Sasores empleados para separar impurezas (SAS01-A/M).....	14
Figura 2.8. del proceso de Dosificación y Mezclado.....	16
Figura 2.9. Rosca Mezcladora (DOS01-A).....	16
Figura 2.10. Corte longitudinal del grano de trigo.....	19
Figura 2.11. Clasificación del trigo (producto vs. proteína).....	20
Figura 2.12. Alimentador volumétrico para micro-nutrientes.....	30
Figura 2.13. Roscas Dosificadoras.....	34
Figura 2.14. Respuesta de un proceso sub-amortiguado de segundo orden....	39
Figura 2.15. Control de relación para tanque de mezclado.....	45
Figura 2.16. Control Selectivo en un reactor (Subasta).....	47
Figura 2.17. Control por Sobre-posición para el nivel del tanque.....	48
Figura 2.18. Control de Rango Dividido para concentración ácido – base.....	49
Figura 2.19. Control en Cascada para nivel de tanque.....	51
Figura 2.20. Esquema del diagrama de Ishikawa.....	53

Figura 2.21. Esquema del diagrama de Pareto.....	54
Figura 3.1. Balance de masa en el mezclador-dosificador.....	66
Figura 4.1. Puesta en práctica del método	74
Figura 4.2. Capas de aditivo y harina en el mezclador.....	93
Figura 4.3. Granulometría inadecuada del ADA.....	95
Figura 4.4. Mezclador para premezcla M1.....	95
Figura 4.5. Reloj para elaboración de la premezcla.....	96
Figura 4.6. Diagrama causa-efecto	98
Figura 4.7. Control de relación propuesto.....	103
Figura 4.8. Plano de planta piso 3.....	108
Figura 4.9. Plano del detalle del área de dosificación.....	109
Figura 4.10. Área destinada a la dosificación.....	109
Figura 4.11. DFP modificado del proceso de Dosificación y Mezclado.....	111
Figura 4.12. Aspecto de los panes después de la fermentación.....	121
Figura 4.13. Aspecto final de los panes.....	122
Figura C.1. Diagrama del sistema de dosificación.....	167

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO	Pág.
Gráfico 4.1. Valores de normalidad de yodo de las experiencias realizadas.	73
Gráfico 4.2. Porcentajes de ADA teóricos Vs. experimentales.....	75
Gráfico 4.3. Porcentajes de los aditivos del M1.....	77
Gráfico 4.4. Concentración de ADA teórica Vs. CODEX.....	79
Gráfico 4.5. Cantidad de aditivos gastados (relación).....	82
Gráfico 4.6. Kg. de harina panadera Vs. Kg. de harina neta producida.....	85
Gráfico 4.7. Flujos de premezcla M1.....	87
Gráfico 4.8. Flujos de harina sin tratamiento Vs. M1.....	88
Gráfico 4.9. Diagrama de Pareto.....	100
Gráfico 4.10. Valores críticos de los volúmenes de pan presentados en la panificación (período enero-julio 2006).....	123
Gráfico 4.11. Valores críticos de panes cerrados presentados en la panificación (período enero-julio 2006).....	123

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	<i>Pág.</i>
Tabla 2.1. Riqueza vitamínica del grano de trigo.....	21
Tabla 2.2. Composición de la harina destinada a la fabricación del pan.....	23
Tabla 2.3. Generalidades de la Azodicarbonamida.....	29
Tabla 2.4. Propiedades Fisicoquímicas de la Azodicarbonamida.....	29
Tabla 2.5. Ventajas y desventajas de los controles Feedback.....	43
Tabla 3.1. Formato empleado para recolectar preparación de M1.....	68
Tabla 4.1. Composición de la premezcla M1.....	76
Tabla 4.2. Composición modificada de la premezcla M1.....	80
Tabla 4.3. Producción de Harina Panadera año 2006.....	84
Tabla 4.4. Revoluciones por minuto de la polea de la máquina dosificadora...	89
Tabla 4.5. Balances de masa.....	90
Tabla 4.6. Formato para la aplicación de la tormenta de ideas.....	97
Tabla 4.7. Identificación de las causas generadas en el Diagrama Causa-efecto.....	99
Tabla 4.8. Matriz de las propuestas realizadas.....	113
Tabla 4.9. Significado y ponderación de las variables de la matriz.....	114
Tabla 4.10. Matriz con los resultados.....	114
Tabla 4.11. Aditivos gastados Vs. Aditivos teóricos.....	116
Tabla 4.12. Cantidad gastada de aditivos.....	117
Tabla 4.13. Costo de los aditivos.....	118
Tabla 4.14. Perdidas por exceso de aditivos mes de abril.....	118

Tabla 4.15. Prueba de panificación.....	120
Tabla 4.16. Resultados de la panificación del pan francés.....	121
Tabla B.1. Apéndice B.1.....	144
Tabla B.2. Apéndice B.2.	144
Tabla B.3. Apéndice B.3.....	145
Tabla B.4. Apéndice B.4.....	145
Tabla B.5. Apéndice B.5.....	145
Tabla B.6. Apéndice B.6.....	146
Tabla B.7. Apéndice B.7.....	146
Tabla B.8. Apéndice B.8.....	146
Tabla B.9. Apéndice B.9.....	147
Tabla B.10. Apéndice B.10.....	147
Tabla B.11. Apéndice B.11.....	148
Tabla C.1. Resultados de la estandarización del Thiosulfato de Sodio.....	149
Tabla C.2. Valores de la normalidad del Yodo.....	151
Tabla C.3. Resultados de %ADA teóricos.....	153
Tabla C.4. Resultados de %ADA experimental.....	155
Tabla C.5. Porcentajes de ADA en el fortificador.....	156
Tabla C.6. Porcentajes de ADA en la harina terminada.....	161
Tabla C.7. Relación de dosificación para las muestras estudiadas.....	161
Tabla C.8. Balances de masa.....	168

INTRODUCCIÓN

Para una fábrica de alimentos, la incertidumbre de la cantidad de aditivos contenidos en un producto determinado es de gran preocupación y más aún cuando alguno de esos aditivos a determinadas concentraciones puede llegar a ser nocivo para la salud de los consumidores. Es por esta razón que un sistema bien diseñado que determine la concentración de aditivos contenidos en los productos de consumo masivo, como lo es la Harina Panadera, ofrecería una solución y adicionalmente protegería a los consumidores. Dada la importancia de los procesos de agregar aditivos a productos alimenticios, el presente Trabajo Especial de Grado tiene como finalidad la evaluación del sistema de dosificación y mezclado empleada en la producción de harina panadera de la empresa MONACA, a objeto de realizar un rediseño que se adecue a los requerimientos de la empresa, así como también establecer un punto de control de calidad en el laboratorio.

Para lograr este fin, se realizó un diagnóstico de la situación inicial, mediante observaciones directas del proceso, entrevistas, toma de datos y posteriormente un análisis en el que se identificó el proceso de dosificación y mezclado utilizado en la elaboración de la Harina Panadera, el cual cuenta con una rosca mezcladora y un alimentador volumétrico que suministra la premezcla de aditivos.

Bajo la premisa del desarrollo de las propuestas, inicialmente se identificó el proceso de molienda y el sistema de dosificación y mezclado. Posteriormente a ello, fueron evaluadas las variables relacionadas con el sistema y las pérdidas ocasionadas a la empresa debido a la mala dosificación, resultando ser las más importantes: la ausencia de un sistema automatizado de control, la mala formulación del M1, alteración indistinta de los flujos del sistema de dosificación, la falta de un

control en la producción, la variación en la materia prima y la capacidad del mezclador.

Gracias a este análisis se generaron alternativas para la mejora del sistema tales como: la implementación de un sistema de control de relación de flujos en el sistema de dosificación y mezclado, reformulación de la premezcla M1, implantación de un análisis de laboratorio para la determinación de ADA en las mezclas y cambios en el sistema de mezclado como lo es la inclusión de un molino como repasador del mezclado.

Ahora bien, la importancia del presente Trabajo Especial de Grado radica en que permite mejorar el sistema de dosificación y mezclado del molino de producción de la Harina Panadera y de esta forma garantizar el cumplimiento de los requerimientos de prevención, salud y seguridad laboral establecidos en cada una de las normas que rigen esta actividad.

**CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Formulación del Problema

En el año 1958 se crea la primera empresa molinera de Venezuela en el Estado Carabobo, Molinos Nacionales C.A. (MONACA). En ella, se producen diversos tipos de harina: para uso industrial (harina panadera, galletera y mezclas especiales) y para uso familiar (harina todo uso, leudante y mezclas especiales).

La principal materia prima utilizada en MONACA es el trigo, cuyo endospermo (parte que se transforma en harina) constituye el 83% del cereal. Al trigo procesado por la empresa se le extrae un 75% del endospermo para harina y el 25% restante está conformado por el germen, afrecho y parte del endospermo que queda adherido a éste último. Estos constituyen una parte del subproducto que luego es empleado para la venta a la industria de alimentos para animales. En cuanto al 75% extraído para la elaboración de harina, se le agregan mezclas de aditivos dependiendo del fin que se le quiera dar a la misma.

La harina de trigo panadera, uno de los principales productos de este grupo, es como su nombre lo indica, la harina que se emplea en la fabricación de pan a nivel industrial, en pastelerías y panaderías. Para la elaboración de esta mezcla se tiene que incorporar aditivos a la harina de trigo con fines de panificación, por ser una de las bases fundamentales para la elaboración de un buen pan.

Actualmente, en MONACA existe una incertidumbre alrededor del sistema de dosificación de los aditivos en las harinas panaderas, producto de que no se puede

Capítulo I. Planteamiento del problema

garantizar que este proceso se esté llevando a cabo de manera adecuada, ya que la empresa no cuenta con un mecanismo para determinar la cantidad de aditivos que se le está agregando a la harina sin tratamiento para la obtención de la harina panadera, además de no saber si el sistema de dosificación y mezclado están operando adecuadamente generando un producto homogéneo; se tiene que entre el grupo de aditivos que conforman la premezcla M1 (premezcla de aditivos empleada para harina panadera) está uno que aparte de trabajar como mejorador de la harina, puede funcionar como trazador permitiendo así determinar a nivel de laboratorio la cantidad de aditivos agregados, información fundamental para el desarrollo de esta investigación, este aditivo es la azodicarbonamida (mejor conocida como ADA). El inconveniente que surge con este aditivo, es que debe ser tratado con mucho cuidado debido a su carácter cancerígeno, por lo que su uso debe ser vigilado rigurosamente, siguiendo las regulaciones establecidas por el CODEX (comisión creada por la FAO y la OMS para desarrollar normas de elaboración de alimentos), que dicta que la máxima concentración permitida de ADA en harinas es de 45 ppm, lo cual representa otro inconveniente, porque la empresa no garantiza el cumplimiento de estos valores.

Para dar respuesta a este problema, el presente Trabajo Especial de Grado pretende establecer, además de un punto de control de calidad, propuestas para regular y mejorar el agregado de la premezcla en las harinas, ya sea estableciendo sistemas de control, mejoras en el proceso de mezclado y en la preparación de la premezcla, para lo cual se va a realizar una evaluación integral del sistema dosificador de aditivos con el fin de identificar y proponer las acciones pertinentes que permitan mejorar dicho proceso, evitando así las variaciones en la calidad del producto terminado. Esta investigación tiene gran relevancia social, ya que plantea la mejora de la calidad del producto terminado; además de ello, les garantiza bienestar a sus consumidores, puesto que existen aditivos que pueden llegar a ser cancerígenos como ya fue mencionado, a determinadas concentraciones. Por otra parte, este proyecto aportará beneficios a nivel económico, disminuyendo las pérdidas

ocasionadas por la mala dosificación, las cuales están generando pérdidas en materiales de alto costo, como es el caso de los aditivos.

Por tal motivo, se hace imperiosa la necesidad de evaluar e inspeccionar el buen funcionamiento y mantenimiento del sistema de dosificación y mezclado de la premezcla M1, lo cual afecta tanto a la salud de los consumidores, la imagen de la empresa y su economía. Entre las implicaciones prácticas, esta investigación está orientada a solventar la problemática que se presenta en el sistema de dosificación a corto plazo, esperando obtener una solución técnica y económicamente factible, que pueda ser empleada como una base para el rediseño de estos sistemas en otras empresas del mismo rubro.

Por otra parte, desde el punto de vista teórico, es de gran relevancia para la Universidad Central de Venezuela, puesto que permitirá ampliar los conocimientos referentes al transporte, dosificación y mezclado de sólidos, operaciones no convencionales y seguridad ambiental, que pueden ser de gran utilidad para investigaciones futuras en ésta u otra casa de estudios. Cabe resaltar que durante el desarrollo de esta investigación se realizarán prácticas que permitirán reforzar los conocimientos y las habilidades adquiridas durante la carrera universitaria, además de brindar una experiencia en el ámbito laboral.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar una evaluación integral del sistema dosificador de aditivos de las harinas panaderas con el fin de identificar y proponer acciones que permitan mejorar dicho proceso evitando así variaciones en la calidad del producto.

1.2.2. Objetivos Específicos

- 1) Diseñar un análisis de laboratorio que permita determinar la cantidad de azodicarbonamida que contienen las premezclas y las harinas panaderas terminadas.
- 2) Identificar las posibles fuentes de ADA entre los distintos aditivos que conforman la premezcla de aditivos empleada para las harinas panaderas.
- 3) Determinar la cantidad de azodicarbonamida que se debe agregar a la premezcla cuando existen variaciones de la cantidad de cualquier otro aditivo.
- 4) Determinar la cantidad de aditivos agregados a la harina panadera terminada.
- 5) Identificar y evaluar el proceso de molienda enfocado al sistema de elaboración de Harina Panadera.
- 6) Evaluar el sistema de control del flujo de alimentación de harinas y de M1.
- 7) Identificar y evaluar las posibles fallas en el sistema de mezclado y dosificación (harina-M1)
- 8) Proponer mejoras en el proceso de dosificación y mezclado entre la harina panadera y la premezcla de aditivos M1.
- 9) Realizar un estudio de factibilidad técnico-económica para las propuestas de mejoras.
- 10) Realizar una evaluación comparativa de la operación actual de la planta, con respecto a la operación mejorada.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS PARA LA HARINA PANADERA EN UNA EMPRESA MOLINERA”, éste es un trabajo especial de grado, presentado a La Universidad de Carabobo, que consistió en evaluar el sistema de dosificación de aditivos para la Harina Panadera de una empresa molinera, con la finalidad de determinar la confiabilidad del mismo. En esta investigación se realizó un diagnóstico de la situación inicial mediante observaciones directas del proceso, entrevistas, toma de datos y el posterior análisis estadístico. Se determinaron las variables críticas que causan influencia en la dosificación fuera de especificaciones mediante el desarrollo de un diagrama causa efecto, determinando su efecto por medio de análisis cualitativos y cuantitativos. Finalmente se determinó que no existía un procedimiento estandarizado del control del sistema de dosificación de aditivo; y en relación al tiempo de respuesta del sistema, se determinó que el cambio de la dosificación era paralelo al cambio en la carga de harina. (FIGUEREDO, 2004)

Esta investigación contribuyó al estudio del comportamiento del sistema dosificador, aportando información como su tiempo de respuesta, variables críticas, curvas de calibración, entre otras.

“EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN LA DESVIACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE LA HARINA DE TRIGO PARA PANIFICACIÓN”. Trabajo que consistió en la evaluación del proceso de molienda de la harina de trigo para panificación, en él se determinaron las

variables críticas que influyen en la reología y se determinaron las correlaciones entre dichas variables. Al final se concluyó que las variables críticas que causan influencia sobre los parámetros reológicos son el corte de producción de la harina y la proteína de la misma. (RAMOS, 2003)

Información de gran importancia puesto que la Harina Panadera es el punto fundamental de esta investigación, gracias a los datos aportados por este trabajo especial de grado, también de La Universidad de Carabobo, se pudo profundizar el estudio general de las posibles fallas en el proceso de dosificación, ya que permite evaluar dos variables más que pudieran afectar o incidir en la elaboración de Harina Panadera.

“DESARROLLO DE UN MODELO DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS PARA EL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS DE LA HARINA DE TRIGO LEUDANTE”, investigación realizada en MONACA que tenía como objetivo general desarrollar un modelo de control estadístico de proceso en el sistema de dosificación de aditivos para harina de trigo leudante. En él se evalúa el proceso de dosificación de aditivos a la harina, la determinación de las variables críticas que causan influencia en el proceso. Al final se determinó que las variables críticas que influyen sobre el producto final son la dosificación de soda y fosfato en proporción no adecuada. (LUGO, 2003)

Este trabajo que a pesar de evaluar otro sistema (como lo es la harina leudante), contribuyó al análisis de las variables a estudiar debido a la similitud que posee este sistema de dosificación con el de las harinas panaderas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. EL PROCESO DE MOLIENDA (Para obtención de Harina Panadera)

La molienda, es un proceso que tiene como objetivo separar el endospermo del salvado y del germen de trigo, de forma tal que la harina quede libre de escamas de salvado y sea de un color adecuado. Es necesario abrir totalmente el grano y recuperar rápidamente, por etapas, el albumen amiláceo, comenzando por extraer las partes más internas para aproximarse progresivamente hacia la periferia del grano. (MATOS, 2006)

El proceso de molienda en sí, se inicia en los depósitos de primera rotura, pero para una mejor comprensión de este proceso, se hará una breve explicación desde la recepción del trigo, el cual llega por vía marítima generalmente desde Norteamérica. Luego el trigo es transportado hasta la planta a granel por medio de unos vehículos, para luego ser pesado en una romana con capacidad de 80 TM. Seguidamente es descargado en una tolva con una capacidad de 10 TM; siendo transportado hasta un elevador de aproximadamente 200 TM/h. Una vez depositado el trigo en la tolva de recepción se distribuye mediante combinaciones de elevadores, transportadores de cadenas y válvulas, a los silos para su almacenamiento, cuya capacidad total es de 27000t.

Luego el trigo es enviado a dos Prelimpiadoras PRELIMP01 (ver Figura 2.1 diagrama reducido) que tienen la función de separar impurezas del trigo; las impurezas finas son enviadas al subproducto, mientras que las gruesas son desechadas. De allí el trigo es enviado a los depósitos de trigo sucio. Después de esto, el trigo es enviado a los equipos que pertenecen al área de la planta denominada “Limpia”, que es donde se separa el trigo de las impurezas tales como paja, tierra, piedra, otros cereales, entre otras, los equipos más importantes de esta sección de la planta son: dos Separadoras de Impurezas (SEP01) las cuales por oscilación y

cernido separan las impurezas. Después el trigo pasa por una Despredadora (DESP01) y por un Combinador (COMB01), equipos que tienen la función de clasificar por peso y tamaño respectivamente y por último, el trigo pasa por tres Discos Cáter (DC01) de igual capacidad el cual separa las impurezas con base a la diferencia de longitud.

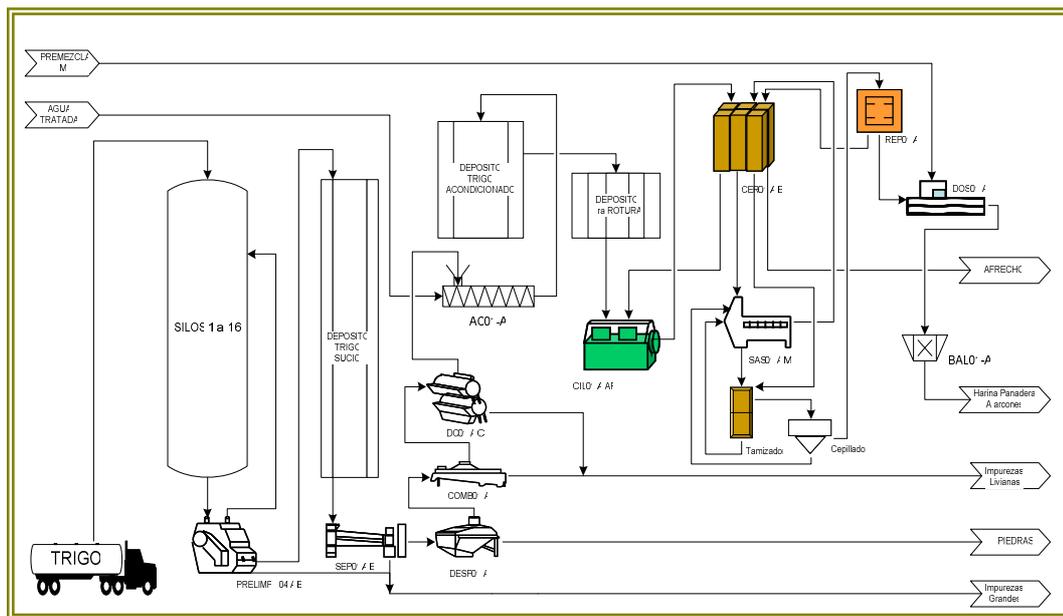


Figura 2.1. Diagrama reducido de la producción de Harina Panadera
(Elaboración Propia)

Luego, el trigo ya más limpio es pasado a un acondicionador (AC01), cuyo objetivo principal consiste en mejorar el estado físico del grano para la molienda, de esta manera el salvado del grano se hace más tenaz (elástico), menos quebradizo, facilita la separación entre el endospermo y el salvado; mejora la disgregación del endospermo para que la harina sea cernida más fácilmente. (FIGUEREDO, 2004)

De allí el trigo es enviado al depósito de primera rotura donde realmente se inicia el proceso de molienda como se mencionó al inicio; este proceso es gradual, se desarrolla por fases (molienda, clasificación y purificación, mezclado y dosificación y almacenamiento) y en cada una de ellas se produce una reducción progresiva del

cereal de forma que se obtiene un producto intermedio compuesto por una mezcla de partículas de diversos tamaños, que pasan a un juego de Tamices, mediante el cual las partículas se separan en fracciones según su diámetro. De este modo, se obtienen fracciones de diferente composición. (MOLINOS MATILDE, 2006)

La primera fase del proceso de molienda (tritución o molienda) inicia cuando el trigo es enviado por medio de una Rosca Transportadora RTR-01 (ver Figura 2.2 para la simbología empleada para cada equipo) al banco de Cilindros o Molinos representados en los diagramas como CIL-01 (ver Figura 2.3), en esta primera etapa del Molino, las estrías de los Cilindros abren el grano y separan las cubiertas corticales las cuales están formadas por una capa de endospermo relativamente gruesa y estrechamente unida a una fina hoja de salvado.

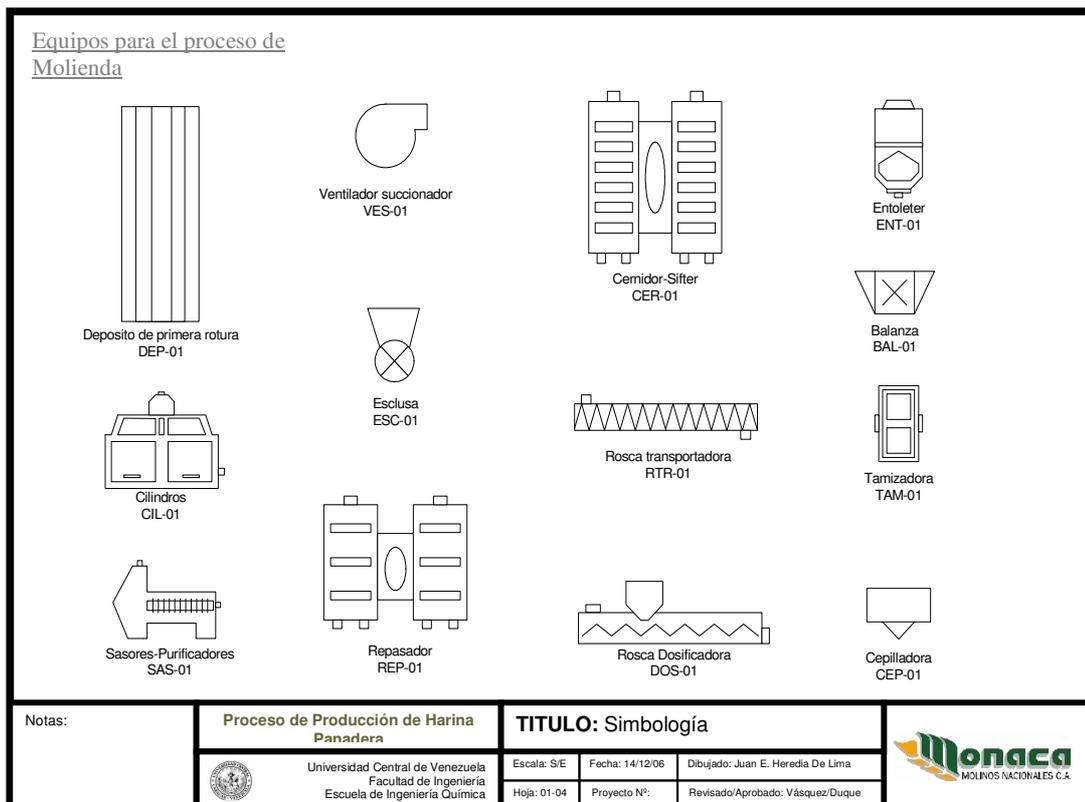


Figura 2.2. Simbología del DFP para la elaboración de Harina Panadera (Elaboración Propia)

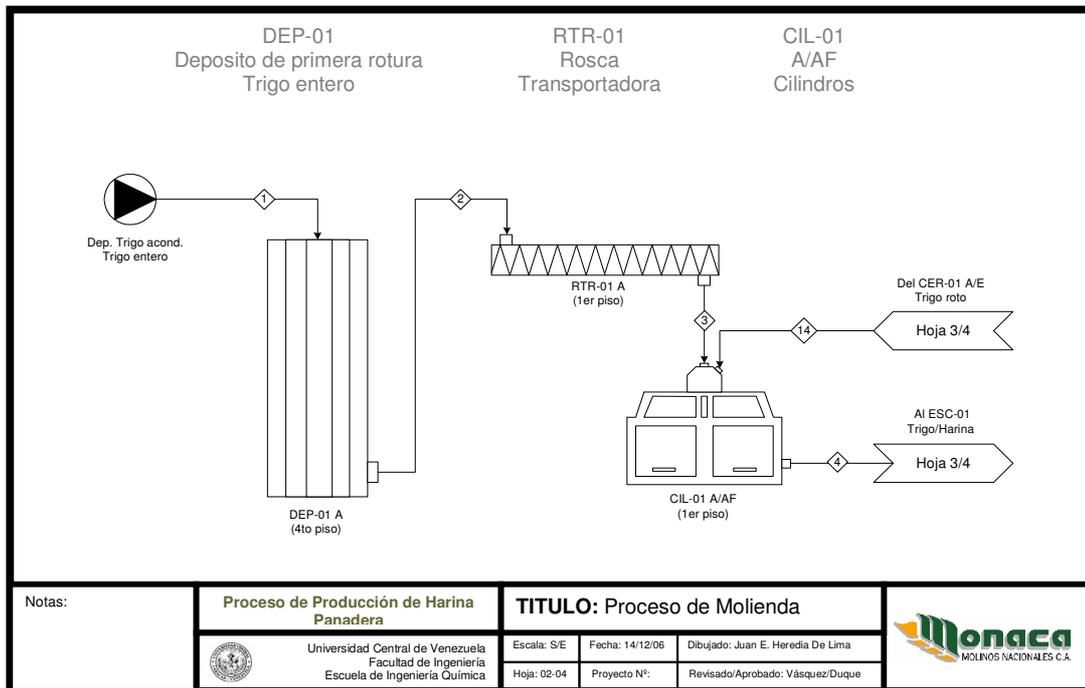


Figura 2.3. DFP del proceso de molienda
(Elaboración Propia)

Cada fase de molienda da lugar a una porción de harina y a una porción de partículas de mayor tamaño. Las partículas de mayor tamaño con posibilidad de dar harina pasan a otra fase de molienda (ver Figura 2.4, foto de los cilindros), mientras que las partículas sin posibilidad de dar harina son sacadas como subproducto. (MOLINOS MATILDE 2006)



Figura 2.4 Cilindros empleados para la molienda (CIL01-A/AF)
(Elaboración Propia)

En la fase de purificación el primer equipo que se encuentra es el Sifters o Cernidores CER-01 (ver Figura 2.5) cuyo chorro de harina proveniente de los Cilindros, llega con ayuda de un sistema neumático representado en la Figura 2.6 por los equipos ESC-01 y VEN-01 el primero ubicado en planta baja y el segundo en el quinto piso. Se debe acotar que los CER-01 son máquinas giratorias compuestas en su interior por varias bandejas enteladas y que tienen como función la separación de productos por el tamaño de sus partículas, separando a la harina en tres corrientes principales, la primera corriente (partículas más gruesas) van de regreso a los Cilindros (corriente 14 de los DFP 2.3 y 2.6), otra corriente (partículas intermedias) va a los Sasores SAS-01 (corriente 7 de la Figura 2.6) y la última corriente de partículas ya más finas va a la Tamizadora TAM-01. (FIGUEREDO, 2004)



Figura 2.5 Cernidor o Sifter (CER01A/E)
(Elaboración Propia)

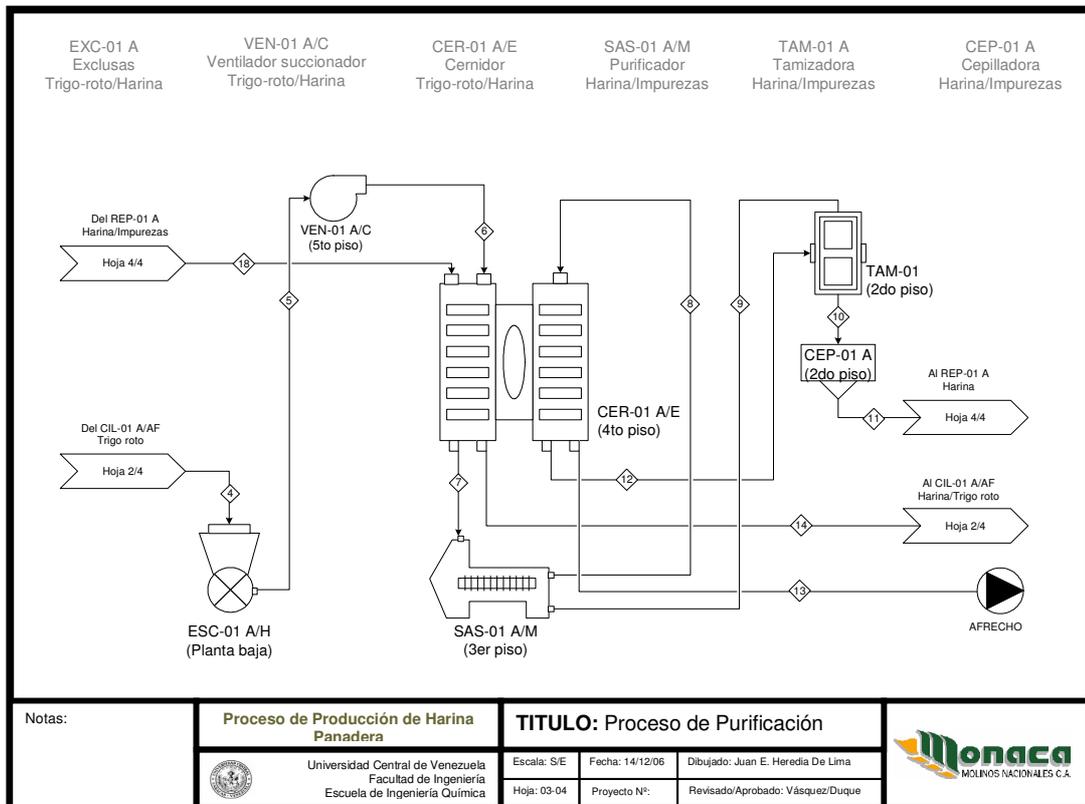


Figura 2.6. DFP del proceso de purificación (Elaboración Propia)

Ahora bien, los Sasores SAS-01 (ver Figura 2.7) anteriormente señalados, tienen como función separar las partículas de afrecho y las impurezas del endospermo, clasificando el producto en varios rangos de tamaño de partículas.



Figura 2.7. Sasores empleados para separar impurezas (SAS01-A/M) (Elaboración Propia)

En este equipo se determina que harina está apta para continuar (hacia la tamizadora TAM-01 (por la corriente 9 de la Figura 2.6) y luego a la cepilladora CEP-01 (por la corriente 10 del diagrama 2.6) las cuales siguen mejorando la harina en cuanto a granulometría) y cual se debe regresar a los Sifters. Es necesario acotar que el chorro de harina que se recibe en el SAS-01 proveniente del CER-01 (corriente 7 del DFP de la Figura 2.6) llega por la fuerza de gravedad.

El proceso de purificación se realiza, o mejor dicho, repite hasta conseguir una harina blanca que posee un índice de aprovechamiento medio del 75% con respecto a la cantidad inicial de grano. Cuando el porcentaje global extraído supera esta cifra, se obtienen las denominadas harinas integrales y oscuras, que contienen la cáscara del grano. (BUSKENS, 1982)

Ahora bien, después del proceso de purificación, la harina sin tratamiento es enviada a un cernidor-repasador (Equipo REP-01 A del DFP mostrado en Figura 2.8) donde se termina de llevar la harina blanca sin tratamiento al nivel de pureza que se quiere obtener para luego ir (corriente 15 de la Figura 2.8) a un Entoleter ENT-01 el cual se encarga de extinguir cualquier especie con vida por acción de la fuerza de choque. (FIGUEREDO, 2004)

Una vez que la harina es llevada al punto deseado de granulometría, pureza y color, es enviada a un sistema de dosificación y mezclado representado en el DFP de la Figura 2.8 por las siglas DOS-01 A, en el que se le agrega a la harina sin tratamiento (corriente 17 del DFP) la premezcla de aditivos requeridos para que la harina obtenga la característica deseada, este último equipo mencionado DOS-01 A, no es más que una rosca mezcladora con un alimentador volumétrico acoplado, constituido por una tolva. Este equipo es de gran importancia para este estudio ya que aquí es donde ocurre el proceso evaluado (Ver Figura 2.9 del sistema dosificador).

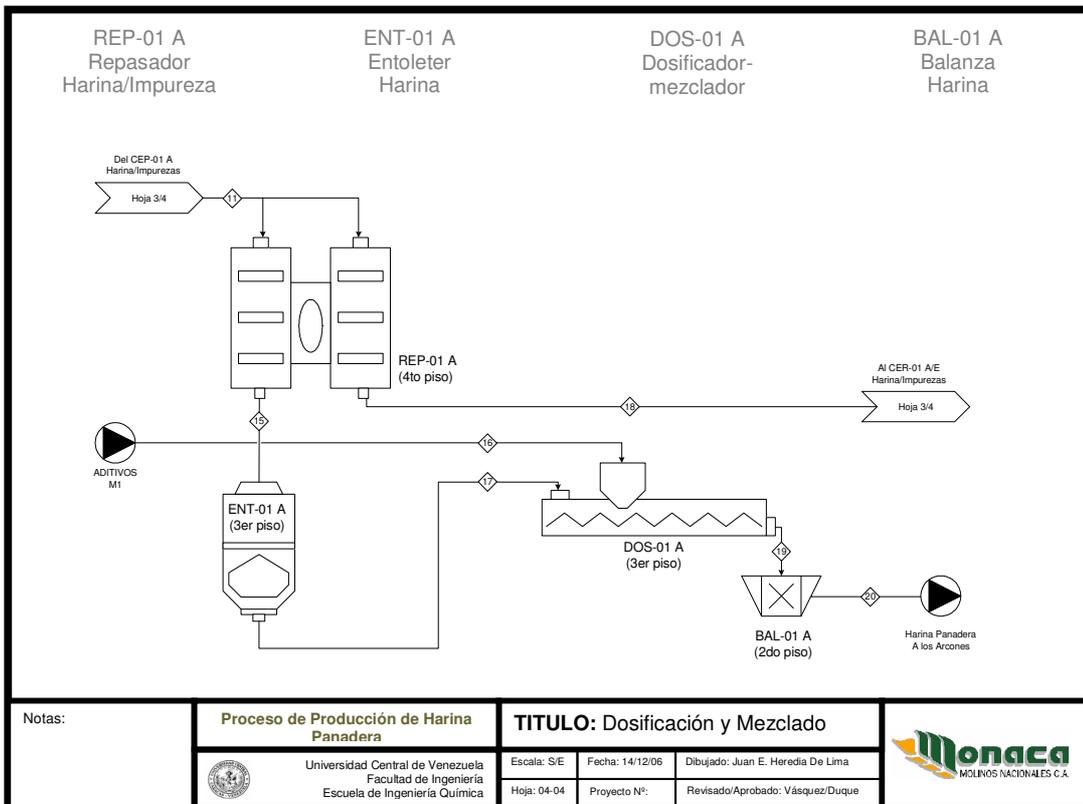


Figura 2.8. DFP del proceso de Dosificación y Mezclado (Elaboración Propia)



Figura 2.9. Rosca Mezcladora (DOS01-A) (Elaboración Propia)

Después de todo este proceso, la harina es transportada a una balanza (BAL-01) (corriente 19 del DFP de la Figura 2.9) desde donde es conducida por una rosca hasta las líneas neumáticas que transportan la misma a sus respectivos depósitos de producto final (Arcones). Actualmente la planta cuenta con 12 arcones destinados a depositar la Harina Panadera, con una capacidad de 512 TM. Por otra parte, las partículas gruesas obtenidas son enviadas a una cadena transportadora que las lleva a una línea neumática hasta los depósitos de subproductos.

Hasta este momento se ha venido presentando el proceso de molienda, no obstante es importante conocer un poco más de la materia prima “El Trigo”, por tanto en el siguiente punto se trata de conocer un poco más de este cereal.

2.2.2. EL TRIGO

El trigo es la planta más cultivada del mundo. El trigo que crece en la Tierra puede incluso superar la cantidad de todas las demás especies productoras de semillas, silvestres o domesticadas. Es la cosecha más importante de los EEUU y Canadá y crece en extensas zonas en casi todos los países de América Latina, Europa y Asia.

Se podría definir como planta gramínea anual, de la familia del césped, con espigas de cuyos granos molidos se saca la harina. Su nombre científico es el genus triticum y es uno de los cereales más usados en la elaboración de alimentos.

Este cereal prospera en climas sub-tropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos. Lo más apropiado es una pluviosidad anual de 229-762 mm, más abundante en primavera que en verano. La temperatura media en el verano debe ser de 13 °C (56°F) o más. (HOWTHORN, 1983)

Existen diferentes clases de trigo, las cuales varían considerablemente tanto en su composición química como física, pero las características generales de todas las variedades de trigo son las mismas. (CURSO DE MOLINERIA, 1995)

2.2.2.1. Estructura del grano

El grano de trigo está constituido en tres partes anatómicas:

Afrecho	14,5%
Endospermo	83,0%
Germen	2,5%

a) El afrecho: es la capa exterior del grano, se compone de seis capas diferentes. Las tres exteriores constituyen lo que se llama “pericarpio”, estas capas a su vez se componen de capas más finas de células provistas de numerosas hendiduras o poros que permiten que el agua sea rápidamente absorbida al interior del grano y las tres capas siguientes constituyen el “arillo”, que está compuesto por la testa o epispermo (contiene el pigmento colorante del trigo), el perispermo y la capa más interna “capa de células aleuronas” (sus células se componen de proteínas).

b) El endospermo: es la parte central del trigo, se compone de innumerables células que contienen numerosos gránulos de almidón que están incrustados en las proteínas que conforman el gluten.

c) El germen: es la capa más interna del grano. Contiene cantidades considerables de grasas y proteínas. Es bastante flexible así que no se rompe fácilmente en los cilindros de molienda.

2.2.2.2. Composición química

El grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: Albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas), lípidos (ácidos grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oléico, linoléico, linoléico), sustancias minerales (K, P, S, Cl) y agua

junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas y otras sustancias como pigmentos. (Ver Figura 2.10) Alguno de estos compuestos (los más importantes) son especificados a continuación: (MOLINERÍA Y PANADERÍA DIGITAL, 2006)

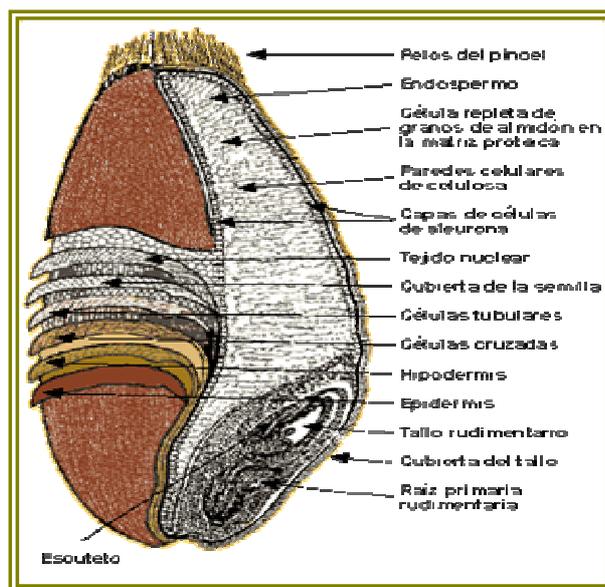


Figura 2.10 Corte longitudinal del grano de trigo

Fuente: Molinería y Panadería Digital, 2000

(a) Agua: el contenido de agua en el trigo varía según sea su procedencia. En climas húmedos su porcentaje de agua oscila entre 16 y 18% y en climas secos un mínimo de un 8%. Si el trigo es muy húmedo es aconsejable un proceso de secado, antes de su molienda.

(b) Enzima: es de procedencia proteica y son catalizadores biológicos. Las enzimas más importantes son tres: α -amilasa, β -amilasa, que provienen del trigo y que reducen el almidón a maltosa, y la diastasa que es la que produce la fermentación alcohólica. La α -amilasa transforma el almidón en dextrina y maltosa, y la β -amilasa, generalmente sólo produce maltosa. (MOLINERÍA Y PANADERÍA DIGITAL, 2006)

(c) Lípidos: son la materia grasa y su contenido es bajo. Proviene de los residuos del germen, principalmente. El germen es rico en tocoferol (vitamina E). Los lípidos, debido a su composición y al proceso de transformación panaria, contribuyen a la conservación del producto final obtenido.

(d) Carbohidratos: el almidón es el componente más importante de la harina. El almidón no se disuelve en agua fría, ni en el alcohol, por el contrario, calentándolos a una temperatura aproximada de 50 a 65 °C estallan y forman unos engrudos (espesan). Tres gramos de almidón absorben 1 g de agua aproximadamente.

(e) Proteínas: están compuestas de nitrógeno, carbono, hidrógeno y oxígeno. Sus valores medios oscilan entre 9 y 15%, el porcentaje de proteína total se divide en fracciones de globulina, prolamina, gliadina y glutelina. Estas dos últimas fracciones proteicas del trigo son insolubles en el agua y mediante el proceso de panificación, formarán el gluten y con el amasado adquirirán una alta elasticidad. El porcentaje de proteína define el uso que se le va a dar al trigo (ver Figura 2.11).

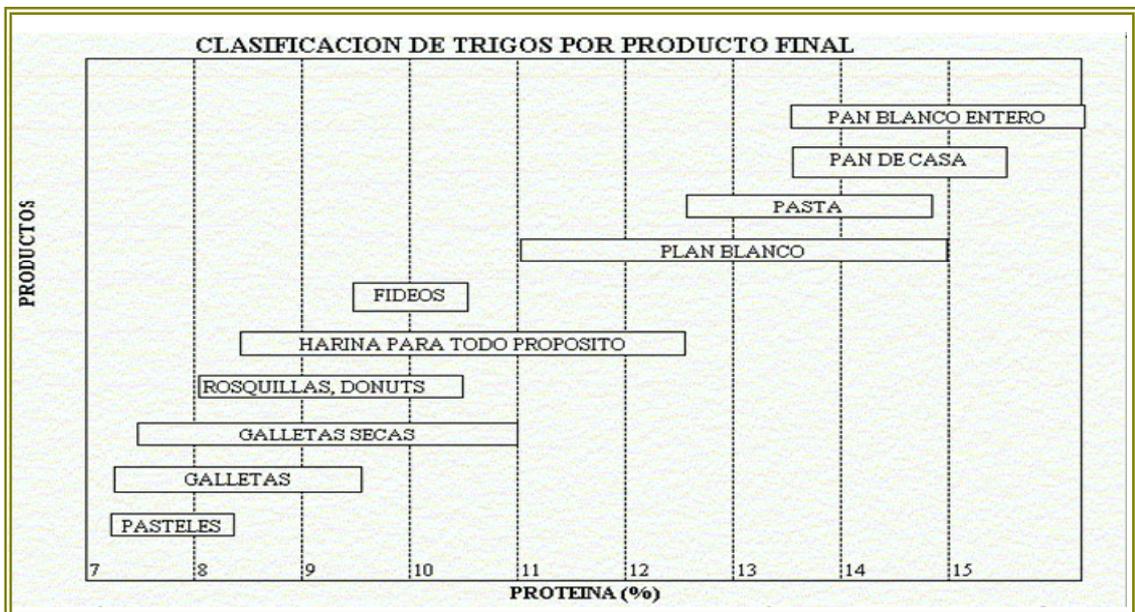


Figura 2.11 Clasificación del trigo (producto vs. proteína)

Fuente: Molinería y panadería digital. (2003)

(f) Sales minerales: la mayor parte de cenizas (o sustancias) inorgánicas se encuentran en el salvado y se puede verificar mediante un análisis que estará en correlación con la tasa de extracción, en la molienda. Los principales minerales son: fósforo, magnesio, azufre, calcio y hierro.

(g) Vitaminas: el trigo contiene elevadas cantidades de vitaminas tales como: tiamina, la riboflavina, la niacina, etc., pero carece de otras como las vitaminas C y D. (ver detalles en Tabla 2.1)

Tabla 2.1. Riqueza vitamínica del grano de trigo

Fuente: Adrián and Petit (1970), Allen (1979). Datos obtenidos del trigo duro.

VITAMINA	(µg/g)	VITAMINA	(µg/g)
Riboflavina	1.3	Ac. Fólico	0.5
Tiamina	4.3	Piridoxina	4.5
Niacina	54	Colina	1100
Ac. Pantoténico	10	Inositol	2800
Biotina	0.1	Ac.p-amino benzóico	2.4

Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas. El almidón está presente sólo en el endospermo, la fibra cruda está reducida, casi exclusivamente al salvado y la proteína se encuentra por todo el grano. Aproximadamente la mitad de los lípidos totales se encuentran en el endospermo, la quinta parte en el germen y el resto en el salvado, pero la aleurona es más rica que el pericarpio y testa. Más de la mitad de las sustancias minerales totales están presentes en el pericarpio, testa y aleurona. (MOLINERÍA Y PANADERÍA DIGITAL, 2006)

2.2.3 LA HARINA DE TRIGO

Se ha definido la harina de trigo como el producto preparado a partir de trigo común mediante procesos de trituration o molturación, con los cuales se elimina

parcialmente el germen y el salvado y el resto es reducido a un grado de finura adecuado, también conocido como la granulometría de la harina. (RAMÍREZ, 2004)

Esta es la materia prima por excelencia en todos los procesos de panificación. Conocer su composición y los efectos que cada una de estas materias pueden aportar durante la elaboración de los productos en el obrador es básico para el profesional, puesto que, la calidad de esas elaboraciones dependerá de la correcta interrelación de los elementos constitutivos de la harina. Igualmente, la harina como tal tiene una serie de propiedades y requiere de una atención especial a la hora de su almacenamiento y conservación. (ASSOCIATIONS OF OPERATIVE MILLERS, 2000)

La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. Especial influencia sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten tiene el tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción. A las harinas que contienen menos proteína – gluten se las llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de glúten húmedo es superior al 30%. Harinas ricas en gluten se prefieren para masas de levadura, especialmente las utilizadas en la elaboración de masas para hojaldre. Para masas secas, en cambio, es inconveniente un gluten tenaz y formador de masa. (BUSKENS, 1982)

2.2.3.1. Composición de la Harina de Trigo

(a) El almidón: El almidón es el elemento principal de la harina. En estado natural en la almendra harinosa del grano de trigo, se presenta bajo la forma de un polvo compuesto de granos de tallos diferentes. El almidón no se disuelve en agua fría, ni en el alcohol, ni en el éter, por el contrario, calentado a una temperatura entre 55 y 70° C, los granos de almidón estallan y se aglutinan, formando un engrudo. Tres gramos de almidón absorben, aproximadamente, 1 gramo de agua. En la elaboración del pan, el almidón proporciona gran parte de azúcares simples.

(b) Proteínas / gluten: El gluten como tal no existe en el grano de trigo. En estado natural, en la almendra harinosa, se encuentran dos fracciones protéicas insolubles: la gliadina y la glutenina, que asociadas con el agua forman el gluten. La glutenina son cadenas protéicas con enlaces, que le dan a la masa la consistencia y resistencia. La gliadina son cadenas protéicas sin enlaces, que le dan a la masa la viscosidad.

(c) Materias grasas: Las materias grasas provienen de unos residuos de la cáscara, del germen, además de localizarse en la almendra harinosa. El cualquier caso, los contenidos de materia grasa en la harina son muy reducidos. Un exceso de materias grasas en una harina puede comportar problemas en su conservación, pues el ácido producido por la materia grasa rancia ataca al gluten y lo degrada.

(d) Materias minerales: En la harina, las materias minerales son poco significativas en su composición. No obstante, las más importantes son: el potasio, el fósforo, el magnesio y el azufre (bajo la forma de sales). El contenido en materias minerales aumenta con el grado de extracción de la harina. La harina integral tienen un contenido superior que la harina blanca. (BUSKENS, 1982)

Ahora bien, las harinas que se destinan a la panificación deben tener una composición definida, ya que no todas las harinas pueden destinarse a este fin. Uno de los parámetros más importantes es la proteína que forma el glúten, ya que es la que le da elasticidad a la masa (ver Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Composición de la harina destinada a la fabricación del pan

Fuente: Cortes, 2003

Almidón	70-75%	Proteínas	11-15%
Agua	15% máx.	Azúcares simples	1-2%
Materias grasas	1,2-1,4%	Materias minerales	0,5-0,6%

(e) Los azúcares simples: Su porcentaje es reducido en la composición de la harina, pero su papel es muy importante en el momento de la fermentación de la masa.

2.2.3.2. Clasificación de las harinas

a) Harinas panificables: estas harinas se elaboran a partir de trigos que ofrecen un alto grado de fuerza, que es lo que se necesita en la elaboración del pan. Estos provienen de trigo duro de primavera o trigo de invierno o de una mezcla de los dos. Tienen un alto contenido de proteínas. (CURSO DE MOLINERÍA, 1995)

b) Harinas de galletería: es una harina molida muy fina, de bajo contenido proteico ya que se necesita poca fuerza para crecer. Por esta razón, proviene generalmente de trigo blando o suave.

c) Harinas de pastificio: la harina de trigo durum forma una clase en sí misma. No puede producir buen pan y su uso se limita a la elaboración de pastas, para lo cual se muele en sémola. (CURSO DE MOLINERÍA, 1995)

d) Harinas integrales y harinas morenas: son harinas con coeficientes de extracción superior al 85%; se preparan frecuentemente por adición total a la harina blanca (para la integral) o parcial (para la morena), de los subproductos correspondientes. Por regla general, se muele el salvado grueso antes de mezclarlo con la harina y el heno de trigo (follaje seco para alimentación animal). También se puede moler el grano entero con muelas de piedra en una o dos etapas en molinos de piedra o de martillos para formar la harina integral gruesa y si se elimina una pequeña cantidad de las partículas más gruesas de salvado se obtiene harina morena triturando con impacto el trigo sin más separación o tamizado.

Existe otra clasificación y está basada la parte del trigo de donde es extraída la harina, esta clasificación es por ceros, la primera “un cero” (0) es la que se extrae de

la parte más externa del grano de trigo por lo que es la menos blanca pero con un gran contenido de proteínas por otro lado está la “cuatro ceros” (0000) es la que se extrae de la parte más interna, por lo tanto es la más refinada y más blanca, pero presenta escasa formación de gluten por su bajo contenido de proteína. También están las harinas intermedias que son la “dos ceros” (00) y “tres ceros” (000) que no son tan blancas pero por su contenido de proteínas son las que se emplean en la elaboración de panes, ya que posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma. (BUSKENS, 1982)

2.2.3.3. Los objetivos para obtener harina blanca

- a) Separar lo mejor y más completo posible el endospermo del salvado y del germen.

- b) Reducir la mayor cantidad de endospermo a harina para conseguir la máxima extracción. (RAMÍREZ, 2004)

2.2.4 ADITIVOS AGREGADOS A LA HARINA DE TRIGO

Los aditivos alimentarios son sustancias que se añaden a los alimentos intencionalmente con el fin de modificar sus propiedades, técnicas de elaboración, conservación o mejorar su adaptación al uso a que estén destinados. En ningún caso tienen un papel enriquecedor del alimento. (MOLINERÍA Y PANADERÍA DIGITAL, 2003)

A las harinas destinadas a la panificación se le agregan una serie de aditivos que dependerán de las formulaciones generadas por cada empresa. Según las normas venezolanas (COVENIN) los aditivos que pueden ser agregados a las harinas panaderas son:

(a) Sustancias estabilizadoras de las características físicas (emulsificante, espesantes, gelificantes, antiespumantes, antiapelmazantes, antiaglutinantes, humectantes, reguladores de pH).

(b) Sustancias correctoras de las cualidades plásticas (mejoradores de la panificación, como la Azodicarbonamida).

(c) Sustancias que impiden alteraciones químicas (antioxidantes y conservantes). (COVENIN, 2001)

Para efectos de la empresa, a las harinas destinadas para la panificación, se le agrega una mezcla de aditivos denominada premezcla (M1) y esta constituida por:

(a) Enzimas

En panadería se utiliza amilasa para compensar las harinas con bajos contenidos de enzima. La falta de esta enzima conduce a una insuficiente producción de azúcar durante el manejo de la masa, lo que provoca poca formación de CO₂ por parte de la levadura. Esto da como resultado panes con poco volumen, color pálido. Para garantizar la seguridad del uso de enzimas, se deben tener en cuenta algunas consideraciones y es que en aquellas enzimas que sean producidas por microorganismos, se debe estar seguro de que estos no sean patógenos y que no sinteticen toxinas, antibióticos, etc. Los microorganismos ideales son aquellos que tienen ya una larga tradición de uso en los alimentos (levaduras de la industria cervecera, fermentos lácticos, etc.). (SALVADOR, 2006)

(b) Fortalecedor de Harinas

Este es un complejo de aditivos disponible en el mercado y que está compuesto por los siguientes compuestos: ácido ascórbico, carbonato de calcio, complejo enzimático y Azodicarbonamida.

- **Ácido ascórbico (vitamina c):** El ácido ascórbico, o vitamina C, es una vitamina hidrosoluble, emparentada químicamente con la glucosa, que solamente es una vitamina para el hombre y los primates superiores. El ácido ascórbico es un potente agente reductor, capaz de reaccionar con el oxígeno, y utilizable por lo tanto como antioxidante. También se utiliza como mejorante de panificación. En esta aplicación, el ácido dehidroascórbico formado a expensas del ascórbico se reduce a ascórbico, a la vez que oxida los grupos SH del gluten formando puentes disulfuro.(COUNSELL, 1993)
- **Carbonato de Calcio:** es un producto que está constituido químicamente por calcio, carbón y oxígeno, dispuestos de la siguiente forma CaCO_3 , el cual se extrae de rocas calizas. En las harinas, el carbonato de calcio actúa como un antiapelmazante.

(c) Estabilizante-emulsionante

Se le denomina emulsionantes a las sustancias que favorecen la formación y estabilización de las emulsiones (unión de compuestos no miscibles). Estos, gracias a la estructura de sus moléculas, compuestas de una parte hidrófila y otra lipófila, forman una película resistente en la superficie de las gotas dispersas y evitan así su combinación, de tal manera que los emulsionantes sirven de unión entre las dos fases de la que presenta afinidad por las grasas y la que presenta afinidad por el agua.

Los ésteres de mono y di glicérido de los ácidos grasos con el ácido diacetiltartárico (mejor conocido como DATA), forman un estabilizante o emulsionante que se obtiene a partir de grasas comestibles, al destilar monoglicérido con el anhídrido del diacetiltartárico. Suele presentarse como un polvo fino, blanco o marfil y aspecto graso. La riqueza en éste, varía de unos tipos a otros. Su eficiencia está relacionada con su punto de fusión (menor punto de fusión, mayor eficiencia). (MOLINERÍA Y PANADERÍA DIGITAL, 2003)

La función especial de este emulsionante es reforzar y acondicionar la masa produciendo mayor fuerza y capacidad de retención de gas, además de alguna característica suavizante de la miga.

La dosis recomendada como reforzador y acondicionador es de 3-6g/Kg de harina.

Efecto de los emulsionantes en la panificación:

- Retiene más aire la masa.
- Facilita la dispersión de la masa.
- Reduce el tiempo de amasado.
- Facilita la mecanización.
- Mejora la estructura y volumen del pan.
- Produce masas más secas.
- Evita la caída del pan en el horno.

(d) Fostafó Tricálcico

El ácido fosfórico y sus sales son sustancias inorgánicas, cuyo elemento fundamental es el fósforo, se encuentra presente prácticamente en todos los alimentos. Los fosfatos son en general sustancias muy poco tóxicas, con una toxicidad aguda comparable a la de la sal común. Se obtiene en enormes cantidades a partir de rocas fosfóricas, del que sólo una va a parar a la industria de los alimentos. En el caso de la panificación, se emplea para mejorar las propiedades de la masa, favorecer el crecimiento de las levaduras y controlar la acidez. (BIOQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS, 2006)

(e) Azodicarbonamida

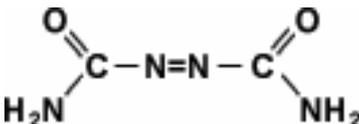
Es un agente oxidante de acción rápida, que acelera el proceso de maduración de las harinas. Actúa durante el amasado en contacto con el agua, juntando las proteínas

presentes en la harina durante el mezclado. Refuerza las harinas débiles de bajo porcentaje de proteínas o harinas sin reposo previo.

Su fórmula química está compuesta principalmente por carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrogeno y su peso molecular es de $116,1 \text{ gr/mol}$ (Ver Tabla 2.3 Generalidades de la Azodicarbonamida) (AMERICAN INSTITUTE OF BEAK, 1919)

Tabla 2.3 Generalidades de la Azodicarbonamida

Fuente: American Institute of Beak

GENERALIDADES	
Nombre Químico	Azodicarbonamida
Formula estructural	
Peso molecular	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2\text{N}_4$ 116,1 gr/mol
Propiedades Básicas	Temperatura descomposición 195 - 202 °C
	Peso Específico 1,65
	Calor Específico 0,26 Kcal/mol
	Calor de combustión 217,2 Kcal/mol
	Calor de descomposición 10 Kcal/mol
	Solubilidad en Agua 0,02 Kg/m³

Sus propiedades fisicoquímicas más importantes (comercialmente hablando) se observan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Propiedades Fisicoquímicas de la Azodicarbonamida

Fuente: American Institute of Beak

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Pureza	99,0% mín.
Nitrógeno	47,2 – 48,7%
pH (2%)	5,0 mín.
Arsénico	3 ppm máx.
Plomo	10 ppm máx.

Ahora bien, estos aditivos necesitan ser agregados de forma adecuada a la harina sin tratamiento por medio de un sistema de dosificación, es por ello que la tecnología de dosificación forma parte de uno de los puntos a tratar en este capítulo.

2.2.5 TECNOLOGÍA DE DOSIFICACIÓN

La tecnología para fortificar la harina es simple. Primero se necesita una premezcla de aditivos que se desean agregar. La ventaja de utilizar una premezcla en lugar de agregar los aditivos de uno en uno, es que existen mayores posibilidades de asegurar:

- La concentración adecuada.
- Una distribución uniforme.

Más aún, la logística de agregar micro-nutrientes a la harina será más simple y existirán mayores probabilidades de que el sistema de aseguramiento de la calidad sea eficaz. El proceso de fortificación en sí se logra agregando micro-nutrientes a través de un alimentador volumétrico (Figura 2.12) ubicado hacia el final del proceso de molienda.

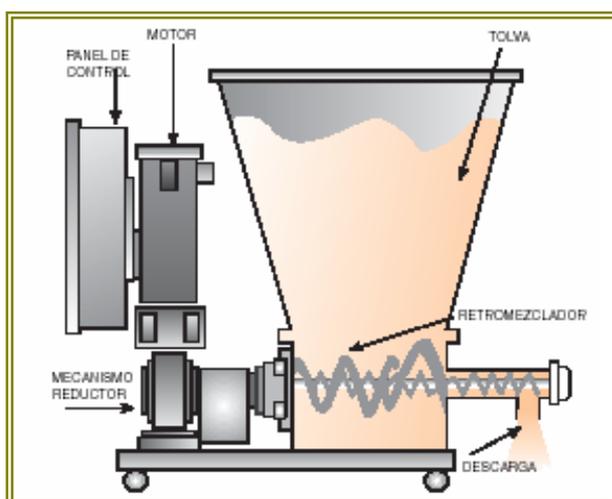


Figura 2.12 Alimentador volumétrico para micro-nutrientes.

Fuente: Molinería y panadería digital (2003)

El alimentador que se usa con mayor frecuencia está formado por un tornillo alimentador giratorio que es operado por un motor de velocidad variable. El tornillo gira dentro de una cámara que contiene la premezcla e impulsa esta premezcla a través de una descarga. La cantidad de premezcla que se agrega a la harina se puede modificar variando la velocidad del motor.

La concentración de la premezcla que se agrega a la harina se puede calcular pesando la cantidad de premezcla depositada por el alimentador en un minuto, dividido por el volumen del flujo que pasa por debajo durante el mismo período de tiempo.

La premezcla puede ser alimentada directamente a la harina por gravedad o por convección de aire usando un sistema neumático. La homogeneidad de los micro-nutrientes en la harina fortificada depende en gran medida de la ubicación del alimentador. Es muy importante que los micro-nutrientes se mezclen bien con la harina.

En el sistema que opera por gravedad, la experiencia ha demostrado que el lugar más apropiado para agregar los micro-nutrientes es alrededor del punto medio del transportador de tornillo sin fin que recoge la harina, justo antes del almacenamiento a granel o ensacado (Figura 2.7). Si el alimentador se coloca hacia el principio del tornillo sin fin, la cantidad de harina en el transportador será muy pequeña. Por otra parte, si se coloca el alimentador hacia el final del transportador de tornillo sin fin, no se logrará la homogeneización necesaria. (RUDD, 1982)

2.2.6 MEZCLADO

El mezclado es una de las operaciones unitarias de la ingeniería química más difíciles de someter a un análisis científico. Hasta el presente no se ha desarrollado

ninguna fórmula o ecuación aplicable al cálculo de grado de realización al que se verifica la mezcla, o la velocidad con que se realiza en determinadas condiciones.

Se dice a veces que sólo el consumo de energía eléctrica de un mezclador proporciona una medida real del grado en que se ha completado una mezcla, porque se necesita una cantidad definida de trabajo para mezclar las partículas. En la práctica esto no es cierto, debido a las interferencias imposibles de evaluar, tales como corrientes transversales o corrientes parásitas que se establecen. (PERRY, 1995)

Para diseñar o proyectar bien un mezclador hay que tener en cuenta no sólo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente. Un elemento mezclador muy bueno puede resultar inútil en un recipiente inadecuado.

El costo adicional que exige la capacidad más grande del mezclador es insignificante comparado con el costo de toda la instalación que interviene en el proceso. Puesto que la mezcla es una parte fundamental del proceso, es importante hacerla bien, un mezclador bien diseñado puede evitar un embotellamiento en la fabricación. (CASTILLO, 2006)

Los problemas con que se tropieza (el mezclado de sólidos) en la práctica dependen del tamaño relativo de las partículas, de su forma y de su densidad. Cuando hay que mezclar dos clases de partículas sólidas que son del mismo tamaño pero de diferente densidad, como es natural la más pesada cae hacia el fondo del recipiente. Cuando son de la misma densidad pero de diferentes tamaños, las partículas más pequeñas caen hacia el fondo. Cuando hay que mezclar sólidos, hay que vencer esas tendencias separadoras naturales, y eso se realiza invariablemente por algún medio que levante el material desde el fondo hasta la parte superior de la masa, llenándose por gravedad desde arriba, los huecos resultantes.

Al mismo tiempo, el mezclador tiene que producir también un transporte horizontal por lo menos en dos sentidos opuestos.

Los mezcladores que se adaptan a sólidos son los siguientes:

(a) Mezclador de Tambor: el mezclador de tambor o de volteo es sencillo pero útil. Consiste en un recipiente cilíndrico montado sobre un eje horizontal y que gira con él. Haciendo girar el cilindro o tambor se mezcla el contenido. Se usa mucho para mezclar polvos y hormigón o concreto. No tiene igual para los trabajos que implican dos o tres fases con materiales tan diferentes como piedras, polvos y agua. Existen varias modificaciones de este tipo, a veces el tambor está montado sobre el eje oblicuamente, para que el impulso irregular acelere y facilite la mezcla, otras veces, como sucede en el mezclador de hormigón, se construye con placas desviadoras, rascadores o aradores internos que desvían el contenido hacia la salida. También pudiera presentarse otra variante en la que gira el recipiente en un sentido y unas aletas interiores en el opuesto. Una modificación empleada (en la mezcla del fieltro de pelo) es colocar aletas desviadoras longitudinales, que poniéndolas en discos perpendiculares, el eje que divide al tambor en varios compartimientos puede adaptarse para funcionamiento continuo.

(b) Molino Coloidal: éste se usa cuando es necesario producir dispersiones sumamente finas. Casi todos los molinos coloidales se basan en el mismo principio, aunque pueden diferir en los detalles de su construcción. El rotor puede tener ranuras o no tenerlas y ser o no cónico. El material se somete a un intenso esfuerzo cortante y a una vigorosa fuerza centrífuga y esta combinación produce excelentes dispersiones. Se mezcla el material previamente en un mezclador ordinario y luego se perfecciona esta dispersión tosca pasándolo por el molino. Debido a la carga eléctrica comunicada a las partículas y al exiguo tamaño a que se reducen éstas, es posible de hacer de ordinario emulsiones con muy poco estabilizador. Los pigmentos pueden dispersarse en aceites con el tamaño inicial de las partículas molidas, pero es dudoso que en el

aparato tenga lugar una molienda efectiva. Los molinos coloidales tienen la ventaja de trabajar con circulación continua, pero presenta tres inconvenientes que son: su elevado costo inicial, su alto consumo de energía y calienta el material. Hasta la fecha no ha podido reemplazarse para algunos tipos de trabajos en los que es posible obtener un grado de dispersión máximo. (CASTILLO, 2006)

(c) Roscas dosificadoras: éste es el sistema que posee actualmente MONACA, consta de una hélice metálica montada sobre un eje, tubular o macizo, alojado en una caja metálica de fondo, por lo general, semicilíndrico. El acondicionamiento se logra mediante un conjunto motor-reductor ubicado en uno de los extremos del aparato en la figura que se muestra a continuación se aprecia la distribución de las roscas (Figura 2.13). (GOMEZ, 2004)



Figura 2.13 Roscas Dosificadoras
(Elaboración Propia)

Ahora bien, para los estudios relacionados sistemas donde entran y salen masas de diversos compuestos es necesario definir lo que es un balance de masa.

2.2.7 BALANCES DE MASA

Los balances de materia permiten conocer los caudales y las composiciones de todas las corrientes de un sistema. En un proceso en el que tienen lugar cambios el

balance de materia informa sobre el estado inicial y final del sistema. Los balances se plantean alrededor de un entorno, una determinada región del espacio perfectamente delimitada.

Según el caso ante el que nos encontremos este balance puede ser modificado, desapareciendo algunos de sus miembros. En un sistema en régimen no estacionario las variables físicas, químicas, mecánicas y termodinámicas del sistema no permanecen constantes con el tiempo.

La ley de conservación puede aplicarse a la masa total del sistema o a la de cualquier componente individual que pertenezca a éste. Partiendo de la ley de conservación:

$$\text{SALIDA} - \text{ENTRADA} + \text{ACUMULACIÓN} = \text{GENERACIÓN}$$

SALIDA - ENTRADA: cantidad de propiedad que cruza los límites del sistema en uno u otro sentido por unidad de tiempo.

ACUMULACIÓN: cantidad de propiedad existente en el sistema en un momento dado menos la que había en un instante inmediatamente anterior dividido entre el intervalo de tiempo. Puede ser positiva o negativa, según la cantidad de propiedad contenida en el sistema aumente o disminuya.

GENERACIÓN: cantidad de propiedad que aparece o desaparece dentro del sistema por unidad de tiempo, sin estar presente inicialmente en el sistema y no habiendo atravesado sus límites. Puede ser positiva o negativa según aparezca o desaparezca propiedad. Concretamente en nuestra experiencia la generación es nula. (FELDER, 2003)

Otro punto de importancia para el sistema estudiado (dosificación) es el control de proceso, ya que todo equipo que requiera operar en condiciones estables necesita de sistemas de control.

2.2.8 SISTEMAS DE CONTROL

La mayoría de los procesos industriales no son estáticos, por lo contrario, son muy dinámicos, cambian continuamente debido a los muchos tipos de perturbaciones y precisamente por eso se necesita que los sistemas de control vigilen continuamente y automáticamente las variables que se deben controlar.

El objetivo principal de un sistema de control es mantener en determinado valor de operación las variables del proceso. Como los procesos son de naturaleza dinámica, siempre ocurren cambios y sino se emprenden las acciones pertinentes, las variables importantes del proceso, es decir, aquellas que se relacionan con la seguridad, la calidad del producto y los índices de producción, no cumplirán con las condiciones de diseño. (CORRIPIO, 1991)

Para el caso particular de estudio, se tiene que uno de los equipos más importantes es el dosificador, ya que es la parte del proceso en la cual se le proporciona a la harina sin tratamiento los aditivos que van a hacer que se comporte de alguna forma específica (para panificación en este caso en particular de estudio).

Para obtener buenos resultados en la dosificación de aditivos, es necesario que el equipo trabaje adecuadamente, es decir, que los flujos tanto de aditivos como de harina sin tratamiento no oscilen de manera tal que no se tenga el producto deseado, es por ello que se debe mantener en control las variables más importantes, lo cual actualmente se realiza de forma manual, pero en la mayoría de las ocasiones en el control manual se cometen errores, debido a la imprecisión humana y otros factores que perturban el proceso.

Es por ello que para estos casos se requiere del control automático de procesos, debido a que se mantiene la variable controlada en el punto de control, además:

- Evita lesiones al personal de la planta o daños al equipo. La seguridad siempre debe estar en la mente de todos, esta es la consideración más importante.
- Mantiene la calidad del producto (composición, pureza, color, etc.) a un costo mínimo.
- Mantiene la tasa de producción de la planta al costo mínimo.(CORRIPIO, 1991)

Por tanto, se puede decir que la razón de la automatización del dosificador es proporcionar un entorno seguro y a la vez mantener la calidad deseada del producto y alta eficiencia del proceso de dosificación con reducción de la demanda de trabajo humano.

Para entender de forma más clara lo relacionado con los sistemas automáticos de control es importante conocer algunos conceptos claves, entre los que se encuentran:

- Set-Point o punto de control: Valor al cual se quiere mantener a la variable que se quiere controlar.
- Perturbaciones: Variables responsables de alejar a la variable de control de su punto de control (Set-Point).
- Variable Controlada: Variable la cual se quiere mantener en un valor determinado.
- Variable Manipulada: Variable que al modificar afecta directamente a la variable controlada.

- **Retroalimentación:** La retroalimentación es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables del sistema. Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, éste puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.
- **Variaciones externas:** Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.
- **Oscilación:** La oscilación es un período que se representa de acuerdo a la ecuación 1 cuyos parámetros están definidos en la Figura 2.14. (CORRIPIO, 1991)

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot \tau}{\sqrt{1 - \xi^2}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

ξ = Tasa de amortiguamiento (adm.)

T = Período de oscilación (tiempo/ciclo)

τ = Constante de tiempo característica (tiempo)

- **Razón de Asentamiento:** Es un término importante que sirve como criterio para establecer respuestas satisfactorias de los sistemas de control. La razón de asentamiento se define según la ecuación (2) y sus parámetros están definidos en la gráfica de la Figura 2.14.

$$\frac{C}{B} = e^{-2\pi\xi / \sqrt{1-\xi^2}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

ξ = Tasa de amortiguamiento (adm.)

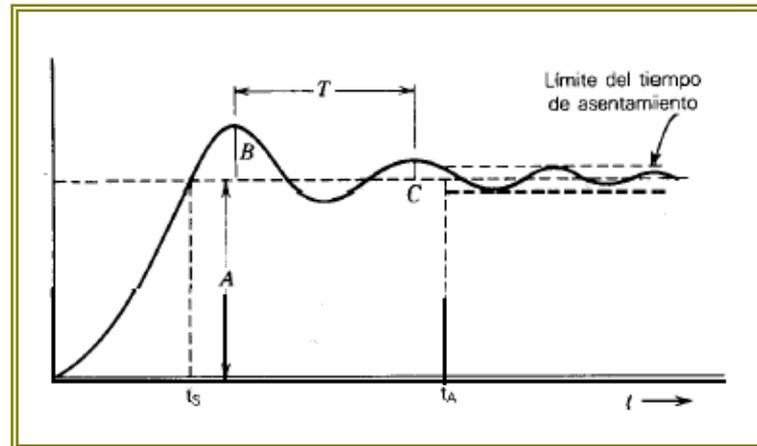


Figura 2.14 Respuesta de un proceso sub-amortiguado de segundo orden

Fuente: Corripio-Smith

Existen dos filosofías en control de procesos que son:

- Control Feedback.
- Control Feedforward.

2.2.8.1.- Control Feedback:

El control Feedback, consiste en mantener la salida del proceso continuamente en el valor de ajuste deseado en presencia de perturbaciones o cambios en el set-point (valor deseado), reaccionando al detectar una desviación del valor de la variable de salida respecto a su punto de control. La manera en que los controladores Feedback toman una decisión para mantener el punto de control, es mediante el cálculo de la salida con base en la diferencia entre la variable que se controla y el punto de control. (CORRIPIO, 1991)

Seguidamente, se abordarán los tipos más comunes de controladores que operan bajo esta forma.

1) Controlador Proporcional (P): El controlador proporcional es el tipo más simple de controlador, las ecuaciones 3 y 4 representan su comportamiento:

$$m(t) = \bar{m} + Kc(r(t) - c(t)) \quad (\text{Ec. 3})$$

$$m(t) = \bar{m} + Kc * e(t) \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

m(t): Salida del controlador

r(t): Punto de control

c(t): Variable que se controla

e(t): Señal de error; esta es la diferencia entre el punto de control (set-point) y la variable que se controla

Kc: Ganancia del controlador

\bar{m} : Valor base. El significado de este valor es la salida del controlador cuando el error es cero

En las ecuaciones 3 y 4 se puede observar que la salida del controlador es proporcional al error entre el punto de control y la variable que se controla, la proporcionalidad la da la ganancia del controlador Kc; con esta ganancia o sensibilidad del controlador se determina cuanto se modifica la salida del controlador con un cierto cambio de error.

Los controladores que son únicamente proporcionales tienen la ventaja de que sólo cuentan con un parámetro de ajuste, Kc, sin embargo adolecen de una gran desventaja, operan con una desviación o error de estado estacionario en la variable que se controla, es decir, el controlador lleva de nuevo la variable perturbada a un valor estacionario, pero este valor no es el punto de control requerido; la diferencia

entre el punto de control y el valor de estado estacionario de la variable que se controla es la desviación.(CORRIPIO, 1991)

2) Controlador Proporcional – Integral (PI): La mayoría de los procesos no se pueden controlar con una desviación, es decir, se deben controlar en el punto de control y en estos casos se debe añadir inteligencia al controlador proporcional, para eliminar la desviación. Esta nueva inteligencia o nuevo modo de control es la acción integral o de ajuste y en consecuencia, el controlador se convierte en un controlador proporcional – integral. La ecuación 5 representa su comportamiento:

$$m(t) = \bar{m} + K_c * e(t) + \frac{K_c}{\tau_i} \int e(t)dt \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

τ_i : Tiempo de integración o reajuste minutos/repetición. Por lo tanto, el controlador PI tiene dos parámetros, K_c y τ_i que se deben ajustar para obtener un control satisfactorio.

En la ecuación 5 se puede apreciar que cuando menor es el valor de τ_i , mayor es el término que se antepone a la integral (K_c / τ_i) y en consecuencia, se le da mayor relevancia a la acción integral o de ajuste. También se puede notar que mientras está presente el término de error, el controlador se mantiene cambiando su respuesta y por tanto, integrando el error para eliminarlo.

La ventaja de este controlador es que la acción de integración o de ajuste elimina la desviación pero en consecuencia afecta la estabilidad de los circuitos de control. (CORRIPIO, 1991)

3) Controlador Proporcional – Integral – Derivativo (PID): Algunas veces se añade otro modo de control al controlador PI, este nuevo modo de control es la acción

derivativa, que también se conoce como rapidez de derivación o preactuación; tiene como propósito anticipar hacia donde va el proceso, mediante la observación de la rapidez para el cambio de error, su derivada. La ecuación 6 representa su comportamiento:

$$m(t) = \bar{m} + K_c * e(t) + \frac{K_c}{a_i} \int e(t) dt + K_c * \tau_D \frac{de(t)}{dt} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

τ_D : Rapidez de derivación en minutos

Por lo tanto el controlador PID tiene tres parámetros, K_c , τ_i y τ_D , que se deben ajustar para obtener un control satisfactorio.

Hay que notar en la ecuación 6 que sólo existe un parámetro para ajuste de derivación, τ_D , el cual tiene las mismas unidades, minutos, para todos los fabricantes.

Con la acción derivativa se da al controlador la capacidad de anticipar hacia donde se dirige el proceso, mediante el cálculo de la derivada del error. La cantidad de anticipación se decide mediante el valor del parámetro de ajuste, τ_D . (CORRIPIO, 1991)

Los controladores PID se utilizan en procesos donde las constantes de tiempo son largas. Los procesos donde la constante de tiempo es larga, son generalmente amortiguados y en consecuencia, menos susceptibles al ruido, sin embargo, se debe estar alerta, ya que se puede tener un proceso con constante de tiempo larga en el que el transmisor sea ruidoso y en cuyo caso se debe reparar el transmisor antes de utilizar el control PID.

En la Tabla 2.5 se muestran las ventajas y desventajas de los sistemas de control Feedback.

Tabla 2.5. Ventajas y desventajas de los controles Feedback

Fuente: Corripio

Controlador Proporcional	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Buena razón de asentamiento ✓ Rápido alcance de condiciones estacionarias ✓ No es muy oscilatorio, buen alcance de estabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcanza condiciones estacionarias con un error añadido ✓ Presenta un sobrepico alto al presentarse la perturbación ✓ Su estabilidad depende del valor de la ganancia
Controlador Proporcional – Integral	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Buena razón de asentamiento ✓ Alcanza las condiciones estacionarias eliminando el error añadido 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sobrepico alto al generarse la perturbación ✓ Presenta oscilaciones decrecientes que tienden al estado estacionario durante un tiempo largo ✓ Su estabilidad depende de la ganancia y del tiempo de repetición de ajuste (τ_i)
Controlador Proporcional – Integral - Derivativo	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Buena razón de asentamiento ✓ Alcanza las condiciones estacionarias eliminando el error de la señal ✓ Sobrepico más bajo que en el controlador PI 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sensible, con oscilaciones pequeñas que tienden al estado estacionario por largo tiempo

En general, el utilizar el tipo de controlador feedback trae ventajas para el proceso, entre las cuales se nombran a continuación:

- La acción correctiva ocurre tan pronto como la variable controlada se desvía de su punto de ajuste, no importa la fuente o tipo de perturbación.
- Requiere un conocimiento mínimo del proceso que se va a controlar; en particular, no se requiere un modelo del proceso, a pesar de la utilidad del mismo para el diseño de control.

El controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) es versátil y robusto. Si las condiciones de proceso cambian, el reajuste del controlador usualmente produce un control satisfactorio. (CORRIPIO, 1991)

2.2.8.2- Control Feedforward:

El control Feedforward mide directamente la perturbación y toma acción de control para eliminar su impacto en la salida de proceso. Por lo tanto, estos controladores tienen un potencial teórico para ejecutar un control perfecto.

Para usar control Feedforward las perturbaciones deben ser medibles (o estimables) en línea. La idea, es medir las variables de perturbación y tomar acción correctiva antes de que afecten al proceso. (CORRIPIO, 1991)

Entre las estrategias de control Feedforward más utilizados en los procesos se tienen:

- Control de Relación.
- Control Selectivo.

- Control por Sobre-posición.
- Control Rango Dividido.
- Control en Cascada.

1) Control de Relación: el objeto de este esquema es mantener la relación entre dos o más variables.

El control de relación es un tipo de control de adelanto (Feedforward) ya que toma en cuenta la perturbación. (BLANCO, 1999)

Las aplicaciones típicas del control de relación incluyen:

- Operaciones de mezcla.
- Mantener la relación estequiométrica de reactantes en un reactor.
- Mantener la relación aire/combustible de un proceso de combustión en un valor óptimo.
- Mantener una relación de reflujo específica en una columna de destilación.

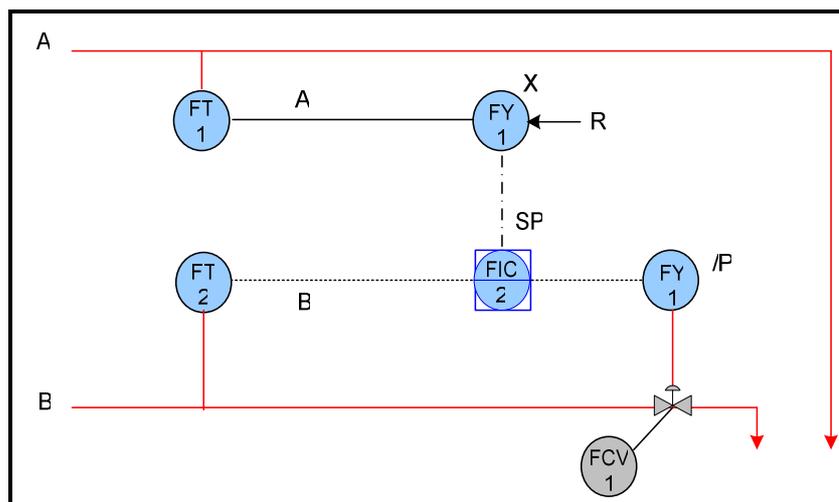


Figura 2.15 Control de relación para tanque de mezclado

Fuente: Blanco Berenice

Como ejemplo se muestra en la Figura 2.15 un control para un proceso de mezclado. En la figura señalada se puede apreciar que existen dos variables medidas con ayuda de sensores representados por las siglas (FT), la señal de una de las variables censadas es enviada a un convertidor (FY) donde se introduce la relación (R) que se quiere mantener, del cual sale una señal que actúa como set-point, al controlador representado por las siglas (FIC) que luego envía una señal al convertidor (FY), el cual transforma la señal del controlador en una señal que pueda recibir el elemento final de control representada por las siglas (FCV).

2) Control Selectivo: Cuando hay más variables controladas que manipuladas una solución común a este problema es usar un selector para escoger la variable de proceso (PV) apropiada de entre un número de mediciones disponibles. Los selectores pueden estar basados en múltiples puntos de medición, múltiples elementos finales de control o múltiples controladores. Los selectores se utilizan para mejorar el desempeño del sistema de control y también para proteger equipos de condiciones de operación inseguras.

Existen dos tipos de Control Selectivo, entre los cuales se tienen: subasta e instrumentación redundante.

La instrumentación redundante se usa cuando la falla de un instrumento puede provocar una condición peligrosa, duplicándose el instrumento. En este caso se debe propiciar una selección automática de la PV. La decisión del tipo de selector, de alta o baja depende de lo que se defina como más conveniente o seguro para el proceso.

El ejemplo más representativo de estos sistemas de control es el de subasta, que se usa para seleccionar la variable de proceso (PV) más alta o más baja entre un conjunto de señales, luego el valor seleccionado de acuerdo a la condición establecida es enviado al controlador, luego a un convertidor y por último al elemento final de control (TCV, para el ejemplo de la Figura 2.16). (BLANCO, 1999)

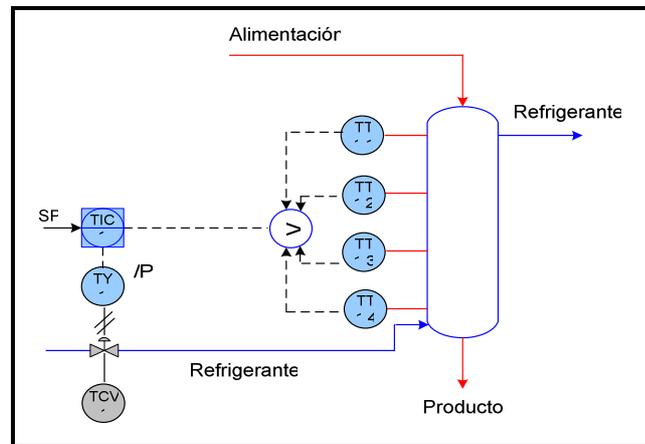


Figura 2.16 Control Selectivo en un reactor (Subasta)

Fuente: Blanco Berenice

3) Control de Sobreposición (Override): Se utiliza como un control de protección para mantener la variable del proceso dentro de ciertos límites. De manera más general, se utiliza cuando una variable manipulada puede o debe ser manejada por varias condiciones de proceso. El caso más común es por seguridad. (BLANCO, 1999)

El control de sobreposición por seguridad se utiliza cuando existen diferentes variables con límites de seguridad y se debe seleccionar una de ellas para manejar la variable manipulada (ver Figura 2.17). Para implantar esta estrategia de control se debe conocer:

- Condiciones normales y de seguridad de los controladores involucrados.
- Los set – point de seguridad.
- El tipo de selector (alta o baja). Esta selección depende de la acción de los controladores y de la posición del controlador de seguridad en condiciones normales.

En el ejemplo de la Figura 2.17 se puede apreciar que existe un sistema de control de nivel de tanque en el que se manipula el flujo de salida del mismo, pero a su vez

este flujo debe ser controlado, para evitar alteraciones en el proceso. El sistema mostrado en la figura señalada cuenta con dos sensores-transmisores, uno para el flujo y uno para el nivel del tanque, luego sus respectivas señales van a los controladores y las señales de los controladores coinciden en un selector, el cual toma la señal que tenga prioridad de acuerdo a lo que plantee y de allí va al elemento final de control que en este caso en particular es un bomba.

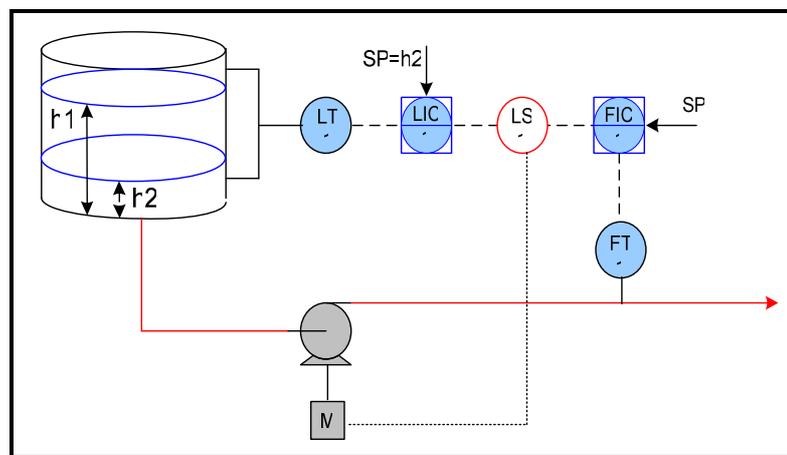


Figura 2.17 Control por Sobre-posición para el nivel del tanque

Fuente: Blanco Berenice

4) Control de Rango Dividido: La configuración del control de rango dividido tiene una sola medición (salida controlada) y más de una variable manipulada. Dado que sólo se tiene una variable controlada, sólo se dispone de una señal de control, la cual tiene que dividirse en varias partes, cada una afectando a una de las variables manipuladas disponibles. Se puede controlar la salida de un proceso sencillo por la acción coordinada de varias variables manipuladas, las cuales pueden tener o no el mismo efecto sobre la salida controlada. El control de rango dividido se usa principalmente en los siguientes casos: (BLANCO, 1999)

- Cuando el rango de la variable manipulada es muy amplio.

- Cuando se tienen dos variables manipuladas con diferentes efectos sobre la variable controlada.

En la Figura 2.18 observa el control de la concentración en un reactor, utilizando la configuración de rango dividido para el segundo caso. En la figura se puede apreciar el funcionamiento de este tipo de controlador, en el cual se censa el pH con ayuda del sensor-transmisor (AT), la señal que sale de aquí va a un controlador representado por las siglas (AIC) al cual entra el valor al cual se desea mantener el pH (set-point); del controlador sale una señal la cual es dividida hacia dos convertidores, los cuales mandan sus respectivas señales a dos elementos finales de control, que para el caso del ejemplo uno controla una válvula con flujo de una solución ácido y otra con una solución básica, dependiendo de la señal que emita el controlador, actuará la válvula que sea necesaria para mantener las condiciones deseadas.

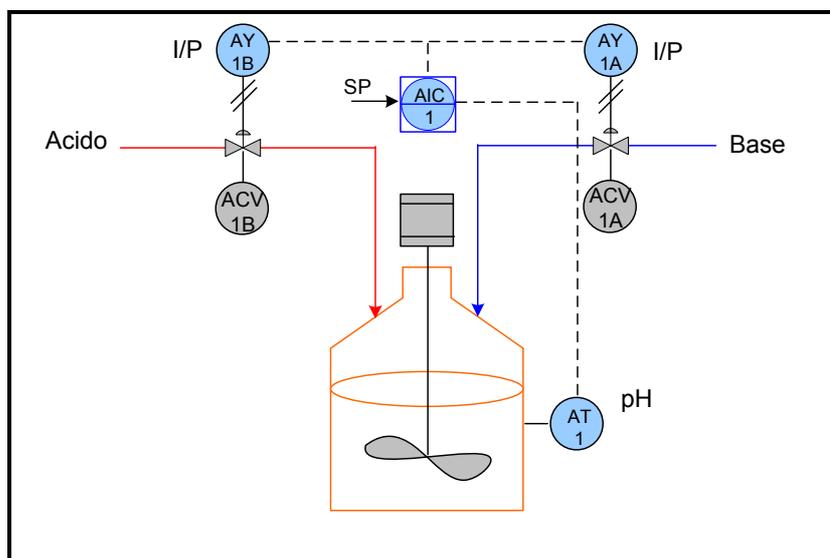


Figura 2.18 Control de Rango Dividido para concentración ácido – base

Fuente: Blanco Berenice

5) Control en Cascada: Un enfoque alternativo que mejora la respuesta dinámica para cambios en la perturbación de carga es usar una segunda medición y un controlador Feedback secundario. Esta segunda medición se localiza de manera que

reconozca la condición de disturbio más rápido que la variable controlada principal, pero la perturbación no es necesariamente medida. Este enfoque se conoce como Control en Cascada. Este esquema es particularmente útil cuando las perturbaciones están asociadas a la variable manipulada o cuando el elemento final de control exhibe un comportamiento no lineal.(BLANCO, 1999)

El control en cascada es ampliamente usado en la industria y tiene dos características distintivas:

- La señal de salida del controlador principal sirve como SP al controlador secundario.
- Los dos controladores están anidados, con el lazo de control secundario ubicado dentro del lazo de control primario.

El lazo de control secundario también se usa para disminuir oscilaciones en la variable de control principal y para una manipulación precisa del flujo de masa y energía, por medio del controlador primario.

Para que el desempeño del control en cascada sea el más apropiado deben cumplirse las siguientes condiciones:

- La constante de tiempo del proceso secundario debe ser mucho menor que la constante de tiempo del proceso primario, en el orden de cuatro veces.
- Ambas variables deben estar fuertemente relacionadas.
- Generalmente el controlador secundario es proporcional e integral (PI), sin embargo, en algunos casos podrá ser proporcional solamente y el controlador primario es PI o PID.

El controlador primario también se conoce como Maestro y el controlador secundario como Esclavo.

La consideración más importante al diseñar un sistema de control en cascada es que el circuito interno o secundario debe ser más rápido que el externo o primario, lo cual es un requisito lógico. Esta consideración se puede extender a cualquier cantidad de circuitos en cascada; en un sistema con tres circuitos en cascada, el circuito terciario debe ser más rápido que el secundario y éste debe ser más rápido que el primario.

En general, cuando el control en cascada se aplica correctamente, se logra que todo el lazo de control sea más estable y la respuesta más rápida. Como ejemplo se muestra en la Figura 2.19 un tanque al cual se le controla el nivel utilizando un control en cascada. En la figura se observa que se mantiene el nivel del tanque controlando el flujo de entrada, pero a su vez el mismo flujo es censado para tomar acciones correctivas antes que este altere el nivel del tanque, actuando éste como el Esclavo en este sistema de control.

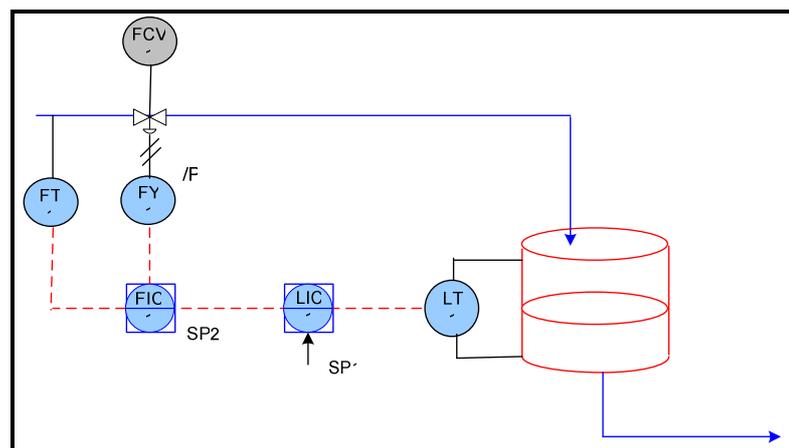


Figura 2.19 Control en Cascada para nivel de tanque

Fuente: Blanco Berenice

El control de las variables es vital para que el proceso sea más estable y se mantenga las características esperadas del producto, pero no sólo con ello se garantiza que los resultados sean más eficientes. Para lograr lo antes dicho, es necesario que se cumplan ciertos procedimientos los cuales suelen estar registrados en manuales que ayudan a obtener mejores resultados, como el ahorro de materia prima y tiempo entre otros.

Por otra parte, es necesario determinar las posibles causas de posibles defectos del proceso evaluado. Una de las formas de evaluar el proceso de dosificación es analizándolo con un diagrama de Causa-Efecto, siguiente punto a tratar.

2.2.9. DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO

El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado (ver Figura 2.20) y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de la causa. (GUTIÉRREZ, 2004)

2.2.9.1. Pasos para construir el diagrama Causa-Efecto

Identificar el problema: Identifique y defina con exactitud el problema, fenómeno, evento o situación que se quiere analizar. Éste debe plantearse de manera específica y concreta para que el análisis de las causas se oriente correctamente y se eviten confusiones.

Identificar las principales categorías dentro de las cuales pueden clasificarse las causas del problema: para identificar categorías en un diagrama causa-efecto, es necesario definir los factores o agentes generales que dan origen a la situación, evento, fenómeno o problema que se quiere analizar y que hacen que se presente de una manera determinada. Se asume que todas las causas del problema que se

identifiquen, pueden clasificarse dentro de una u otra categoría. Generalmente, la mejor estrategia para identificar la mayor cantidad de categorías posibles, es realizar una lluvia o tormenta de ideas.

Identificar las causas: mediante una lluvia de ideas y teniendo en cuenta las categorías encontradas, identifique las causas del problema. Éstas son por lo regular, aspectos específicos de cada una de las categorías que, al estar presentes de una u otra manera, generan el problema. Las causas que se identifiquen se deben ubicar en las espinas, que confluyen en las espinas principales del pescado. Si una o más de las causas identificadas son muy complejas, ésta puede descomponerse en sub-causas. Éstas últimas se ubican en nuevas espinas, espinas menores, que a su vez confluyen en la espina correspondiente de la causa principal.

Analizar y discutir el diagrama: cuando el diagrama ya esté concluido, se procede a discutirlo, analizarlo y, si se requiere, realizarle modificaciones, las cuales se hacen con la ayuda del diagrama de pareto, diagrama mediante el cual se pueden descartar posibles causas que no afecten tanto en el problema evaluado. (EDUTEKA, 2006)

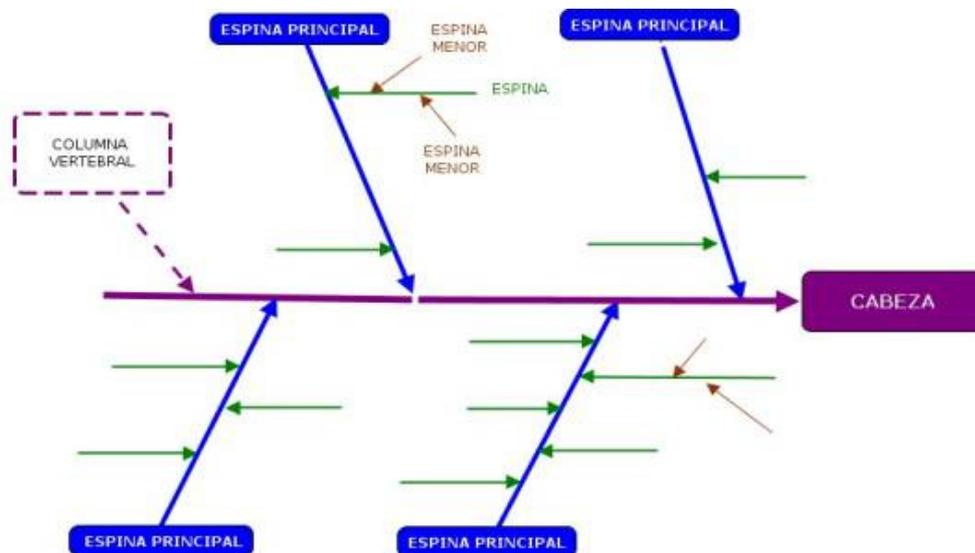


Figura 2.20 Esquema del diagrama de Ishikawa
Fuente: <http://www.eduteka.org/HerramientasVisuales.php>

2.2.9.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas sólo resuelven el 20% del problema. Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa donde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

Usando el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a sólo unos graves. Ver Figura 2.21. (PEREZ, 2006)

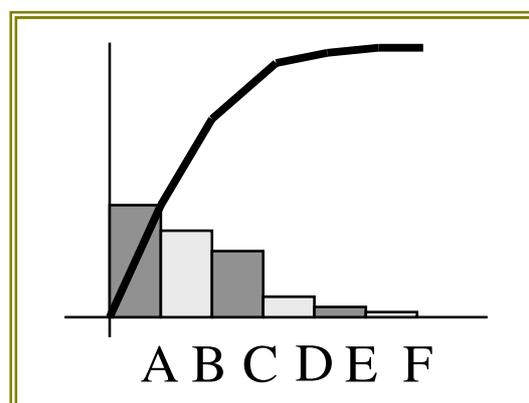


Figura 2.21 Esquema del diagrama de Pareto

Fuente: <http://www.eduteka.org/HerramientasVisuales.php>

Una vez determinadas las causas de las fallas del sistema evaluado, es necesario aplicar ingeniería al problema, es por ello que el conocimiento del desarrollo de proyectos, es fundamental en esta investigación.

2.2.10. DESARROLLO DE PROYECTOS

El desarrollo de un proyecto dentro de una empresa surge del deseo de llevar a la práctica una idea relacionada con mejoras en los sistemas de producción o con la implementación de nuevos sistemas. La puesta en operación de una idea tecnológica no se lleva a cabo en el mismo momento de su generación, sino por el contrario, requiere de la realización de una serie de estudios, análisis, evaluaciones y acciones tendientes a su implantación; las cuales involucran tiempo, dinero, y recursos humanos. Todo este conjunto de actividades cuyo objetivo es convertir una idea en una realidad, constituye el desarrollo del proyecto, que puesto en práctica genera los beneficios esperados a lo largo del tiempo. (GRABITECH, 2006)

En las primeras etapas del diseño de un proyecto, los estimados de costos tienen un alto grado de incertidumbre y al alcanzar las últimas etapas del proyecto, se trabaja con estimados de costos de una precisión del 5 al 10%. A medida que aumenta la precisión del estimado del costo, se reduce la incertidumbre. La ingeniería de proyectos se lleva a cabo en tres etapas que son las siguientes. (OROPEZA, 2004)

- a) Ingeniería Conceptual: se entiende por ingeniería conceptual el conjunto de actividades científicas, técnicas, económicas y financieras aplicadas a una idea, proveniente de una necesidad, que definen las características principales de un proyecto, así como su factibilidad técnica y económica.
- b) Ingeniería Básica: Es el punto del proyecto donde se puede garantizar que las instalaciones diseñadas generen el producto final con las

especificaciones deseadas y que a su vez operen de forma segura. En esta etapa se determina el potencial costo beneficio a partir de análisis y cálculos detallados. La ingeniería básica está constituida en 50% por el proceso, un 30% en instrumentación y un 20% en otros.

- c) Ingeniería de Detalle: Esta etapa inicia una vez conocidas las posibilidades de éxito de un proyecto, lo cual es determinado por la ingeniería básica. En esta etapa se determinan todas las especificaciones completas de todos los componentes la planta y se obtiene un estimado del costo. Esta etapa consta de un 10% es de proceso, un 10% de instrumentación y un 80% de otros.

Por último, se debe realizar un estudio económico con el fin de completar las propuestas que se establezcan en el desarrollo de este Trabajo de Especial de Grado.

2.2.11. ESTUDIO ECONÓMICO

El objetivo principal de este punto, es dar a conocer y demostrar la metodología para el análisis económico y la comparación de alternativas mutuamente excluyentes y de alternativas independientes.

Dicha metodología está basada en un conjunto de criterios de decisión. Un criterio de decisión es una regla o procedimiento que describe cómo seleccionar oportunidades de inversión de manera que puedan alcanzarse ciertos objetivos específicos. El grado en el cual se alcancen los objetivos depende de la eficacia del criterio escogido. (RAMOS, 2004)

Para efectos de este proyecto, se realizará un estudio económico general con el fin de tener un punto de comparación que indique si es prudente o realizar la inversión. Por otra parte se establecen los indicadores establecidos por MONACA, necesarios

para realizar una inversión, los cuales son: la tasa interna de retorno o (TIR o TREMA) y el tiempo de pago.

Tasa interna de retorno: La tasa interna de retorno es la tasa de referencia sobre la cual se basan las empresas para hacer el cálculo en las evaluaciones económicas de sus inversiones. Este parámetro expresa el beneficio neto anual que se obtiene en relación con la inversión pendiente por recuperar al comienzo de cada año. Esta relación, beneficio neto anual sobre inversión pendiente suele expresar un tanto por ciento y representa el interés anual que genera la inversión.

En otras palabras, un proyecto es rentable “Cuando los ingresos que deriva superan los costos y permite recuperar la inversión a la tasa mínima de rendimiento”. La TIR se obtiene igualando el valor presente neto a cero (0) y calculando el interés en la ecuación (Ver ecuación 7). (RAMOS, 2004)

$$VPN = \sum_{n=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0 \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

VPN: Valor presente neto.

Fn : Flujo correspondiente al período n .

i : Interés

La tasa de retorno suele ser una cuestión de la política del administrador principal de una organización de acuerdo con numerosas consideraciones. Entre éstas se encuentran las siguientes:

- (a) La cantidad de dinero disponible para la inversión, y la fuente y costo de estos fondos (es decir, fondos propios o fondos tomados en préstamos)

- (b) Número de buenos proyectos disponibles para inversión y su propósito (es decir, si sostiene las operaciones presentes y son esenciales, o amplían las operaciones presentes y son electivos)

- (c) La cantidad de riesgos percibidos, asociados con oportunidades de inversión disponibles para la empresa, el costo estimado de administrar proyectos en horizontes cortos de planeación en comparación con horizontes largos de planeación. (DE GARMO, 1997)

Tiempo de pago: Se define, en forma general, como la longitud de tiempo requerida para recuperar el costo inicial de una inversión, a partir de los flujos netos de caja producidos por ella, para una tasa de interés igual a cero. Es decir, si P es igual al costo inicial de una inversión, y F_t es igual al flujo neto de caja en un período t , entonces el período de recuperación se define como el valor n que satisface la ecuación 8. (DE GARMO, 1997)

$$P = \sum_{t=1}^n F_t \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

P : Costo inicial de inversión.

F_t : Flujo neto correspondiente a un período.

n : Período en el que se recupera la inversión

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

En el siguiente capítulo se presenta la forma en la que se desarrollaron las actividades que permitieron el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto, comenzando por la revisión de los antecedentes bibliográficos y documentales, tales como: investigaciones, manuales, artículos en revistas especializadas e Internet.

3.1 DISEÑO DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO QUE PERMITA DETERMINAR LA CANTIDAD DE ADA EN LAS PREMEZCLAS.

3.1.1 Revisión de manuales en general: inicialmente, se buscó información en textos, páginas de Internet y manuales de control de calidad para las industrias productoras de alimento, comenzando por el más empleado por la empresa que es el AACC (CEREAL LABORATORY METHODS) (MACMASTERS, 1962), en los cuales se encontraron indicios de métodos que se pudieran emplear para la determinación de Azodicarbonamida en premezclas.

3.1.2 Verificación y puesta en práctica del método: una vez que se obtuvo el método para la determinación del ADA en premezclas (producto de la revisión bibliográfica), se procedió a buscar todos los reactivos que eran necesarios para la ejecución del método, así como los equipos (termómetro, beacker, entre otros). Una vez obtenidos los reactivos y los equipos necesarios, se prepararon las soluciones a las concentraciones deseadas y se procedió a realizar veinte (20) repeticiones del método (corriendo el método sin agregar la premezcla evaluada, lo cual se denomina “corrida del blanco” empleado para estandarizar las soluciones), permitiendo con esto

verificar la viabilidad, rapidez, precisión y sensibilidad del método. Se debe acotar que es de carácter obligatorio por normas de la empresa, realizar estas veinte experiencias antes de dejar implantado el método en el laboratorio.

3.1.3 Revisión del manual técnico del departamento de laboratorio: posterior a la investigación y obtenido el método para la determinación de ADA en premezclas, se procedió a la revisión del MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD DEL TRIGO (MONACA, 2005), para establecer los formatos que se emplearon con el propósito de incluir este método en dicho manual, así como observar la enumeración de métodos y asignarle un número al de determinación de ADA.

En resumidas cuentas, lo que se hizo fue una revisión bibliográfica de las posibles formas de determinar la concentración de Azodicarbonamida en premezclas comerciales, comenzando por la revisión de manuales de la industria de alimentos, como el AACC y otros que contienen indicios de este tipo de ensayos (los manuales del laboratorio sólo se revisaron para observar el formato empleado por la empresa para dejar el nuevo método ajustado a sus parámetros). Una vez obtenido el procedimiento experimental, se procedió a ejecutar experiencias en laboratorio (con un mínimo de repeticiones para comprobar la eficiencia del método haciéndole a los resultados un tratamiento estadístico determinando las posibles desviaciones que pudiera tener y los posibles factores de sensibilidad) con previa revisión de la existencia de los reactivos necesarios. A la hora de la búsqueda del método se hicieron ciertas consideraciones limitantes para el cumplimiento de este objetivo y es que el procedimiento del método debía ser sencillo, práctico y de rápida ejecución.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ADA ENTRE LOS ADITIVOS.

3.2.1 Revisión de fórmulas: para la identificación de las fuentes de ADA lo primero es conocer qué aditivos contiene la premezcla M1 que es la empleada para la elaboración de la harina panadera, es decir, que hay que saber cuáles son los

componentes de esta mezcla. Para ello se buscó en el Departamento de Desarrollo de la empresa las formulas de los aditivos (específicamente del M1) y se habló con las personas a cargo para que suministraran la información necesaria.

3.2.2 Estudio de las fichas técnicas: una vez conocidos los componentes del M1 se llevó a cabo la búsqueda de las fichas técnicas de los aditivos que conforman la premezcla con lo cual se realizó un estudio, ubicando así los aditivos (distintos del ADA 99%) que contiene Azodicarbonamida en su contenido, de acuerdo a lo que indica el productor. En esta revisión se encontró que los aditivos que decían contener Azodicarbonamida no especificaban la cantidad de la misma sólo la mencionan en el contenido.

3.2.3 Verificación de las cantidades de ADA: una vez ubicados los aditivos que contienen ADA, se aplicó el método de laboratorio obtenido del objetivo uno (1) de este Trabajo Especial de Grado, determinando así la cantidad Azodicarbonamida contenida en ellos.

3.3 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ADA QUE SE DEBE AGREGAR A LA PREMEZCLA M1.

Para calcular la cantidad de Azodicarbonamida 99% (denominada así por los fabricantes), que debe ser agregada a la premezcla M1 se deben conocer tres cosas fundamentales:

- 1.- La cantidad de cada uno de los aditivos que conforman la premezcla M1, ya que pudiera existir algún cambio en cuanto a la cantidad de cada uno de ellos ya sea un aumento o disminución, producto de las propiedades con las que se esté recibiendo el trigo.

2.- Qué aditivos contienen Azodicarbonamida en su composición y en que cantidad, lo cual se conocerá una vez que se cumpla el objetivo 2.

3.- El porcentaje máximo permitido o deseado de Azodicarbonamida en las harinas terminadas.

Una vez que se dio por conocidos estos tres puntos se procedió a calcular la cantidad de ADA que ya contiene la premezcla (en ppm) antes de ser agregada el Azodicarbonamida (99%), lo cual se obtiene con la ecuación (9), haciendo cero (0) la masa de ADA (99%).

$$M_{M1} \cdot C_{M1}^{ADA} = M_{ADA} \cdot C_{ADA} + \sum_i M_i C_i^{ADA} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

C_{M1}^{ADA} = Concentración de ADA deseada en la premezcla M1 (ppm)

M_{M1} = Masa de M1 (Kg)

M_{ADA} = Masa de ADA en la premezcla (Kg)

C_{ADA} = Concentración de ADA pura (ppm)

M_i = Masa de cada aditivo en la premezcla (Kg)

C_i^{ADA} = Concentración de ADA de cada aditivo (ppm)

Después de haber calculado la masa de ADA que ya contiene la premezcla, se procedió a calcular la cantidad de ADA 99% que se debe agregar (en porcentaje) despejando de la ecuación 9 la masa de Azodicarbonamida (esta vez sin hacerla igual a cero (0)), obteniendo así la ecuación 10.

$$M_{ADA} = \frac{(C_{M1}^{ADA} \cdot M_{M1}) - \sum_i M_i C_i^{ADA}}{C_{ADA}} \quad (\text{Ec. 10})$$

Todo esto se hace con la finalidad de asegurar que no existan cambios en la dosificación en planta del M1, para no modificar la relación (harina-premezcla), evitando confusión en los operarios de la planta. Además de esto, se tiene que para una respuesta rápida en casos de cambios, se dejó establecida una hoja de Microsoft Excel que permite hacer un cálculo rápido y fácil de lo que hay que agregar (por diferencia de concentraciones).

3.4 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ADITIVOS AGREGADOS A LA HARINA PANADERA.

3.4.1 Establecimiento de la relación entre ADA con el resto de los aditivos: una vez estandarizada la cantidad de Azodicarbonamida que contiene la premezcla (objetivo anterior), se realizó el cálculo de la fracción másica de ADA para obtener así la relación entre ADA-M1, lo cual se hizo con la aplicación de los conceptos básicos de principios de ingeniería química (con ayuda de ecuación 11), quedando así establecido la relación existente entre la concentración de Azodicarbonamida con el resto de los aditivos.

$$X_{ADA} = \frac{M_{ADA}}{M_{ADA} + \sum_i M_i} \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

X_{ADA} = Fracción másica de ADA en la premezcla (Adm.)

M_{ADA} = Masa de ADA en la premezcla (Kg.)

M_i = Masa de cada uno de los aditivos menos de ADA (Kg.)

3.4.2 Aplicación del método para determinar ADA en premezclas: se aplicó el método obtenido en el primer objetivo de este Trabajo Especial de Grado, directo a la harina panadera terminada (listo para empaque), esto se realizó con varios lotes de producción para hacer un perfil del comportamiento de la cantidad de ADA contenida

en las harinas y así tener bases para el estudio del sistema de dosificación, que será objeto de evaluación en los siguientes objetivos por cumplir.

3.4.3 Cálculo de la cantidad de aditivos en las harinas panaderas: una vez obtenida la relación ADA-M1 y obtenida la cantidad de ADA que contiene la harina panadera, se procedió a calcular la cantidad de premezcla M1 en el producto final, para lo cual se aplicó la ecuación 12.

$$M_{\text{Aditivos}} = \frac{M_{\text{ADA}}}{X_{\text{ADA}}} \quad (\text{Ec. 12})$$

3.5 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA ENFOCADO AL SISTEMA DE ELABORACIÓN DE HARINA PANADERA.

3.5.1 Reconocimiento del proceso para la elaboración de harina: para el reconocimiento físico del proceso de producción se realizaron varios recorridos en los seis (6) pisos del Molino y mezanine, completando la visión adquirida con la lectura del Manual de Operación de Procesos.

3.5.2 Compresión detallada del proceso de molienda: en este punto fueron fundamentales las entrevistas sostenidas con el Jefe de Molino y personal que labora en este departamento, ya que permitieron una mejor comprensión de los procesos claves para el desarrollo de esta investigación.

3.5.3 Evaluación del proceso de dosificación y mezclado: para el inicio de esta identificación de fallas, se realizaron inspecciones a los equipos en el campo, para lo cual se verificó el estado de los equipos como el mezclador, esto se hizo de forma

cualitativa ya que no existe forma alguna de cuantificar los daños existentes en este equipo, es decir, sólo se verificó (por apariencia) que el mezclador no tuviera óxido, capas formadas de aditivos (formadas por la mezcla de humedad con los aditivos), que no esté en mal estado de alguna de las paletas, que no tenga aberturas indeseadas, entre otras; se tomaron muestras de los flujos tanto de M1 como de harina sin tratamiento para evaluar el comportamiento del sistema en forma global y se determinó la importancia del producto estudiado dentro de la gama de productos de la empresa.

3.6 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL FLUJO DE ALIMENTACIÓN DE HARINAS Y DE M1.

3.6.1 Toma de datos: para iniciar con este punto, se solicitó al Departamento del Molino los datos que maneja la empresa de los flujos de la sección de la planta que es objeto de estudio.

3.6.2 Verificación de los datos: para estar seguros de los datos suministrados por la empresa de los flujos de la sección de interés, se hizo un seguimiento en planta del comportamiento real de la operación del mezclador-dosificador; para lo que se tomaron muestras de los flujos de la premezcla, en un intervalo de tiempo determinado y posteriormente tomando el peso de la muestra, para obtener así el flujo mediante la ecuación 13.

$$F = \frac{m}{t} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

F = Flujo de harina (Kg./s)

m = Masa recolectada (Kg.)

t = Tiempo de la recolección de la muestra (s)

Para ello, se tomaron 7 muestras, cantidad que fue determinada durante la recolección de los datos y que fue producto de la variación que presentaron los datos obtenidos con los suministrados por la empresa. De esta forma se obtuvo un perfil de los flujos manejados para hacer así un estudio más completo del sistema

3.6.3 Balance de masa: para poder hacer la evaluación de las condiciones de operación del sistema de alimentación de harina-M1 actual de la planta, lo primero que se realizó fue un balance de masa con los datos de producción, para así conocer los flujos que se manejan en la sección de estudio y las variaciones que existen en el sistema.

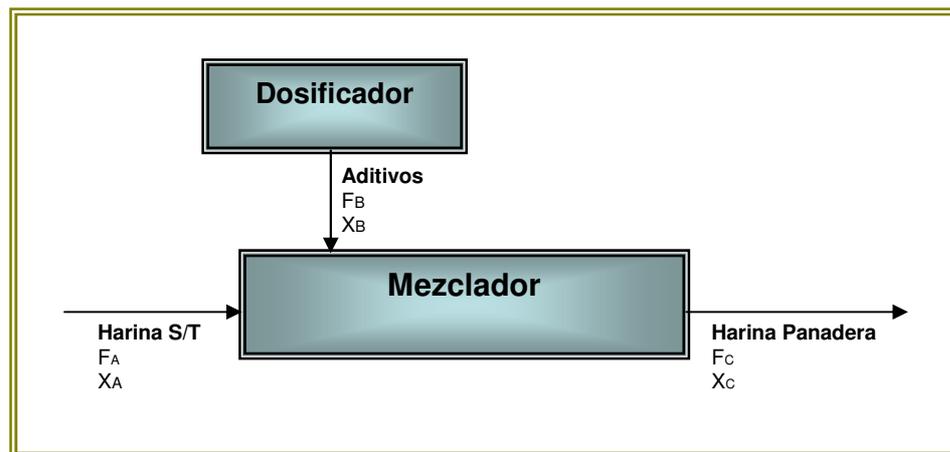


Figura 3.1 Balance de masa en el mezclador-dosificador.
(Elaboración Propia)

Una vez realizados estos balances (Ver diagrama del balance de masa del dosificador, figura 3.1), se determinó cualitativa y cuantitativamente el estado del sistema de forma global, estableciendo así, si el o los equipos involucrados en la dosificación de harina-M1 operan adecuadamente y si existen posibles fallas, estableciendo las causas de las mismas.

3.7 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES FALLAS EN EL SISTEMA DE MEZCLADO Y DOSIFICACIÓN (HARINAS - M1).

3.7.1 Identificación de las posibles variables que afecten el sistema de dosificación y mezclado del proceso de molienda: en este punto, el Jefe del Molino, los molineros y auxiliares, fueron de vital importancia en la recopilación de información para la elaboración de la tormenta de ideas acerca de las posibles variables que afecten el sistema de evaluado, además de las observaciones realizadas. Para la aplicación de la tormenta de ideas se elaboró una tabla con las observaciones generadas por las inspecciones y las observaciones facilitadas por el personal de Departamento del Molino.

Uno de los puntos fundamentales de estudio en esta sección es el sistema de preparación de la premezcla, la cual tiene un tratamiento especial por no formar parte del proceso de molienda como tal, a pesar de ser uno de los puntos fundamentales y más delicados de la dosificación. Para esta evaluación se discutió con el operario de esta sección, para ver y analizar las condiciones de trabajo, los instrumentos con los que cuenta y por último se evaluó el grado de responsabilidad que recae sobre esta persona.

Para examinar los datos de operación, se tomaron muestras (con fines estadísticos) para poder determinar el error o desviación que existe en la dosificación de cada uno de los aditivos. Para tomar este muestreo se utilizó un formato sencillo (tabla N° 2: formato empleado para recolectar datos preparación de M1) donde se ubicaron cada uno de los aditivos, la cantidad que fue agregada y el porcentaje que representa el ADA en la preparación total.

Por último, se tomaron muestras de los lotes de M1 que se sometieron a estudio, con la finalidad de determinar en el laboratorio con el método de determinación de ADA, la cantidad en ppm que se le fue suministrada, determinando una vez más

eficiencia del método obtenido y poder también tener una idea del estado del mezclador de esta etapa.

Tabla N° 3.1. Formato empleado para recolectar preparación de M1.
(Elaboración Propia)

Observación N°	ADA	Aditivo que contenga ADA	Masa total de M1
1			
2			
.			
.			
.			
n			

3.7.2 Desarrollo del Diagrama Causa –Efecto: todas las variables recopiladas en la tormenta de ideas se clasificaron y ordenaron a través del diagrama de Causa-Efecto o diagrama de Ishikawa. Ésta es una forma de presentar las variables que afectan al sistema, lo cual permitió de una forma más práctica determinar preliminarmente (en conjunto con la experiencia de los trabajadores) cuáles son las causas de mayor peso o influencia sobre el efecto en cuestión.

3.7.3 Desarrollo del Diagrama de Pareto: después de haber realizado el diagrama de Ishikawa, se procedió a analizar las causas evaluadas, para luego descartar las de menor influencia sobre el efecto, mediante la aplicación del Diagrama de Pareto. Para la elaboración de este diagrama se siguieron los siguientes pasos:

- Ordenamiento de las sub-causas, en forma descendente, según el número de apariciones en el Diagrama de Ishikawa.
- Identificación de las sub-causas generadas, con letras, acompañadas con su frecuencia de aparición en el Diagrama de Ishikawa.

- Determinación del porcentaje de frecuencias acumulado como la suma progresiva de los porcentajes de frecuencias.
- Cálculo del porcentaje de frecuencia de aparición. Para ello, se divide el número de veces de aparición de la sub-causa entre la sumatoria de las del número de veces de apariciones de todas las sub-causas y se multiplica por 100.

3.7.4 Selección de las variables más influyentes: en el Diagrama de Pareto, las barras representan el porcentaje de frecuencia y la línea curva el porcentaje de frecuencia acumulado. Las causas de mayor influencia sobre el efecto son las que suman hasta un 80% de porcentaje de frecuencia acumulado, descartándose así las variables de menor importancia.

3.8 MEJORAS DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO.

3.8.1 Elaboración de alternativas para la mejora del sistema de dosificación y mezclado: una vez identificadas las fallas del sistema y con apoyo en la bibliografía consultada, se propusieron alternativas para la mejora del sistema tales como se mencionaron en el Capítulo I de este trabajo; posterior a ello, en reuniones con el personal del Molino y el ingeniero de proyectos de la empresa, se evaluaron las opciones son viables para hacer un estudio más detallado.

3.8.2 Análisis de los requerimientos y disponibilidad de espacio: de acuerdo a los equipos reflejados en el diagrama de flujo, se verificó si el espacio en planta es adecuado para cualquier cambio que se quiera realizar, lo cual se hizo mediante el levantamiento de planos de planta.

3.8.3 Desarrollo del diagrama de flujo: tomando en cuenta los equipos activos existentes lo primero que se realizó fue el DFP actual de la planta, enfocado al área de estudio, descartando los que se encuentran fuera de servicio, así como los accesorios que son innecesarios. Luego se realizó un nuevo diagrama de flujo, el cual refleja el

nuevo sistema así como los equipos propuestos según el objetivo anteriormente señalado.

3.9 ESTUDIO TECNICO-ECONÓMICO.

3.9.1 Determinación de la rentabilidad: para la determinación de la rentabilidad de este proyecto, se evaluó lo que representa no hacer la inversión (lo que implica sanciones de carácter administrativos a la empresa por el incumplimiento de normas), esto se hace debido a que por el tipo de propuestas realizadas, no es posible hacer una evaluación económica a fondo, debido a la falta de información. A pesar de ello, se van a dejar planteados dos parámetros fundamentales para un estudio económico a futuro, como lo son: el modelo de la tasa interna de retorno (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión, los cuales están reseñados en el capítulo anterior de este Trabajo Especial de Grado y considerados por recomendaciones de la propia empresa. Cabe resaltar que estos valores para esta investigación no son posibles de calcular, como se dijo anteriormente, ya que por ser propuestas de mejoras en general y en virtud de la investigación realizada, no estuvo en los alcances de esta tesis el diseño detallado de las mejoras planteadas.

3.9.2 Establecimiento de criterios y ponderaciones: luego de las consideraciones económicas realizadas, donde se refleja que es necesario realizar esta inversión, se establecieron los criterios para la selección de la alternativa que debería tener mayor prioridad de implantación.

3.9.3 Selección de la alternativa más adecuada: luego de establecer los criterios y dándoles la ponderación en orden creciente según su importancia, se procedió a determinar el orden en que se deberían aplicar las mejoras propuestas, para que así la empresa le de prioridad de desarrollo a la alternativa que beneficie de una forma más rápida el sistema evaluado.

3.10 EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA OPERACIÓN DE LA PLANTA.

Para el cumplimiento de este objetivo se tomaron en cuenta tres consideraciones globales tales como:

3.10.1 Aditivos gastados: se estableció la cantidad de aditivos gastados, tanto para la preparación de la premezcla como para la elaboración de la harina panadera (en campo) y luego con los puntos de control y mejoras establecidas, se estimó cuántos aditivos se gastarán una vez aplicada la mejora y por diferencia se estableció el ahorro y/o beneficio que la propuesta ocasiona.

3.10.2 Confiabilidad: la planta actualmente no puede, en sus reuniones de calidad, hablar de algún valor de ADA agregado en la mezcla panadera, por lo cual no tienen una confiabilidad total del producto, otro de los beneficios de esta investigación, es que le dio al departamento de calidad una evaluación de la operación del sistema antes y después de aplicado los puntos de calidad, para que pueda establecer las diferencias, generando así una seguridad y tranquilidad absoluta de que nunca este producto estará fuera de los parámetros establecidos y por ende jamás será nocivo para los consumidores.

3.10.3 Producto: para este caso en particular, se evaluó el comportamiento del pan mediante pruebas funcionales realizadas a harinas con diferentes cantidades de aditivos, estas muestras fueron preparadas a nivel del Departamento de Panadería con harina sin tratamiento y premezcla de M1. Luego se analizaron los datos que el departamento tiene de los meses estudiados en este Trabajo Especial de Grado, haciendo las respectivas observaciones.

**CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales fueron alcanzados gracias al cumplimiento de la metodología planteada en la sección anterior de este Trabajo Especial de Grado.

4.1. DISEÑO DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE ADA.

De la revisión bibliográfica realizada para la obtención del análisis de laboratorio que ayude a determinar la cantidad de ADA que contienen las harinas, se consiguió un método en el AACC denominado “AZODICARBONAMIDE IN PREMIX”, el cual fue imposible de aplicar debido a la falta de equipos señalados y de reactivos no existentes en la planta. El primero de estos dos inconvenientes, fue solucionado mediante la adaptación de otros equipos en sustitución de los requeridos y el segundo inconveniente fue solventado por MONACA, que en vista de la ausencia de los reactivos procedió a la búsqueda de los mismos.

Una vez superados estos inconvenientes, se procedió a aplicar el método (pero antes se consultó la ficha de seguridad del ADA —por tratarse de una sustancia peligrosa— cuyos datos se pueden apreciar en el apéndice A.2), el cual resultó ser muy largo debido a los cambios de temperaturas sugeridos, tiempos de espera señalados y preparación de las soluciones; esto fue mejorando en la medida que se fue aplicando dicho método, ya que se modificaron pequeños factores que favorecieron el tiempo de ejecución, sin alterar los resultados.

Cabe destacar que para poder realizar las experiencias anteriormente señaladas, a parte de ubicar los instrumentos necesarios (frasco de yodo 1000 ml, termómetro, pipetas de (5 y 20) ml, bureta de 50 ml, pera de succión, entre otros), se prepararon las soluciones requeridas como el Thiosulfato de Sodio, el cual se estandarizó, obteniéndose una normalidad de 0.098N proveniente del promedio de cinco titulaciones como se muestra en el apéndice C.1. Se estandarizó también el Yodo, obtenido a través de la corrida del “blanco del método”, es decir, la corrida del método sin agregar muestra de harina o premezcla. De donde se obtuvo que la normalidad del Yodo es de 0.095N en promedio con una desviación estándar de 0.001, cuyos cálculos están reflejados en los apéndices C.3 y C.4. respectivamente. Estos resultados se obtuvieron de veinte experiencias realizadas, en las cuales se estudió la sensibilidad del análisis que llevó a la reducción del tiempo por mejoras en el desarrollo del método como las indicadas en el párrafo anterior. Estos resultados están sustentados en el Gráfico 4.1.

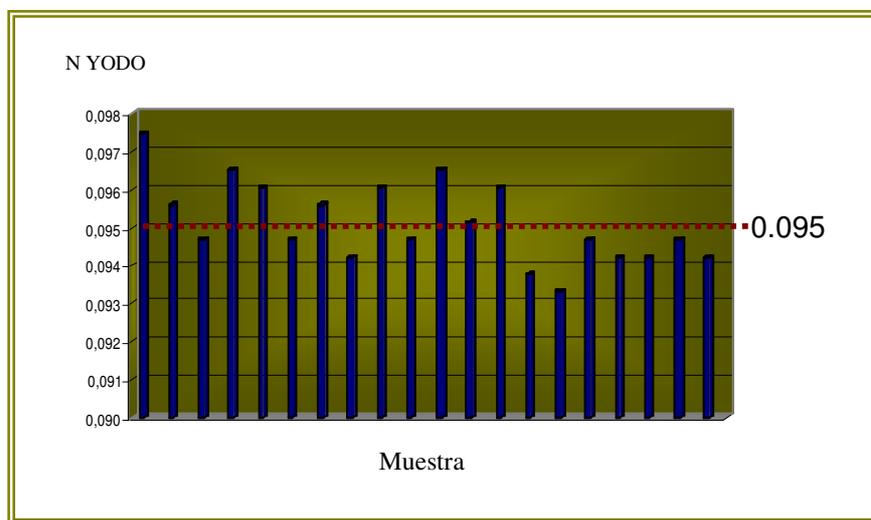


Gráfico 4.1. Valores de normalidad de Yodo de las experiencias realizadas.

(Elaboración propia)

Ahora bien, de las veinte prácticas realizadas, se aprecia que el método se puede realizar en un tiempo promedio de veintidós (22) minutos, cálculo que se puede apreciar en el apéndice C.2. Ver la Figura 4.1. donde se observa la puesta en práctica del método.



Figura 4.1. Puesta en práctica del método.
(Elaboración Propia)

Una vez obtenido el método de laboratorio definitivo, producto de las modificaciones realizadas al análisis sugerido por el AACC, se procedió a llevar la metodología planteada al formato establecido por la empresa, colocándole el nombre correspondiente al método que siguiera según la codificación de MONACA resultando ser ME-LAB-044 y se le asignó “determinación de ADA en Harinas Panaderas” por nombre.

Por otra parte, una vez evaluado el comportamiento del método, se procedió a repetir el proceso con una muestra de la premezcla M1, a la cual se le conocía la cantidad de ADA previamente, con la finalidad de evaluar al ensayo de laboratorio en cuanto a su precisión y desviación real de lo que se desea obtener que es el porcentaje de ADA. De la puesta en práctica de este método, con la muestra señalada se obtuvo que la precisión del método es tolerable, ya que los valores obtenidos con el ensayo

son muy cercanos a los valores obtenidos teóricamente, con un porcentaje de variación promedio de 0.098% y una desviación estándar de 0.049. Valores producto de diez (10) muestras de M1 estudiadas, cantidad que se determinó una vez que se verificó que los valores se mantenían constantes en cuanto a la variación de los resultados teóricos comparado con los experimentales. Estos cálculos están reflejados en los apéndices C.5 y C.6 respectivamente.

Los valores de las diez prácticas realizadas se muestran en el Gráfico 4.2, donde se aprecian también los valores teóricos correspondientes a cada muestra evaluada.

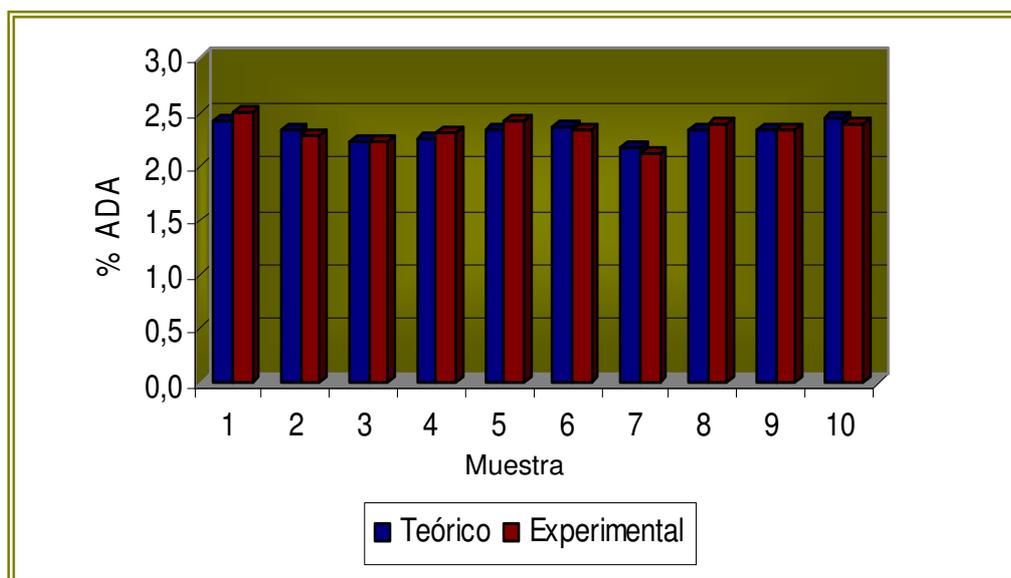


Gráfico 4.2. Porcentajes de Azodicarbonamida teóricos Vs. experimentales.
(Elaboración propia)

En el Gráfico 4.2 se puede observar que de las diez muestras estudiadas ninguna presentó diferencia notable del valor obtenido por el método con respecto al valor teórico de la misma, lo que indica que el mismo es confiable y que las modificaciones realizadas no alteran el resultado final.

En este sentido, hay que acotar que este método se practica con la ayuda de equipos rudimentarios, lo cual no ayuda a un tiempo de respuesta favorable, por ejemplo en el proceso de enfriar la muestra antes de añadir el ácido sulfúrico, se hace en un vaso de precipitado con agua y hielo, el cual es preparado de forma convencional, ocasionando un retraso que pudiera ser solventado con una chaqueta de enfriamiento. Así como este inconveniente, se tienen varios por falta de equipos que automaticen el proceso.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ADA.

Para la identificación de las fuentes de ADA dentro de la premezcla M1 se sostuvieron conversaciones con el personal del Departamento de Desarrollo, quienes suministraron la información acerca de los porcentajes de cada aditivo que contiene la premezcla de aditivos (M1), la cual se puede apreciar en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Composición de la premezcla M1.

(Elaboración Propia)

ADITIVO	PORCENTAJE DE FORMULACIÓN (%)
Enzimas	1.0
Fortalecedor de harina	44.0
Estabilizante/Emulsionante	33.6
Fosfato tricalcico	2.0
Azodicarbonamida (99%)	2.1
Harina sin tratamiento (base)	17.3

De la revisión de las fichas técnicas de cada aditivo señalado en la Tabla 4.1., se determinó que el único aditivo (distinto del ADA 99%) que contiene Azodicarbonamida es el Fortalecedor de Harina, apreciable en los apéndices del A.3 al A.6. De igual manera, se observa que no señala la cantidad de ADA que éste posee. Para determinar la cantidad de ADA que contiene el Fortificador de Harina, se aplicó

el ME-LAB-044, en el cual se determinó que la cantidad de este aditivo dentro de el Fortificador de Harina es de aproximadamente 0.718% de su masa, valor obtenido del promedio de los resultados de cinco muestras tomadas, cuyo cálculo se puede apreciar en el apéndice C.7.

Una vez obtenido este porcentaje (ADA en el fortificador), se procedió a calcular el porcentaje dentro de la premezcla M1 que representa esta cantidad de Azodicarbonamida. Para este cálculo se tomó una base de 100 Kg. de premezcla, lo que representa 44 Kg. de Fortificador y se consideró cero (0) el valor de la masa de ADA (99%) de la ecuación (9), obteniéndose un resultado de 0.316% de ADA en el M1 aportado por el Fortificador. Este cálculo se puede apreciar en el apéndice C.8. En el Gráfico 4.3. se representan los porcentajes de cada uno de los aditivos que conforman la premezcla M1, incluyendo el porcentaje de ADA aportado por el Fortificador.

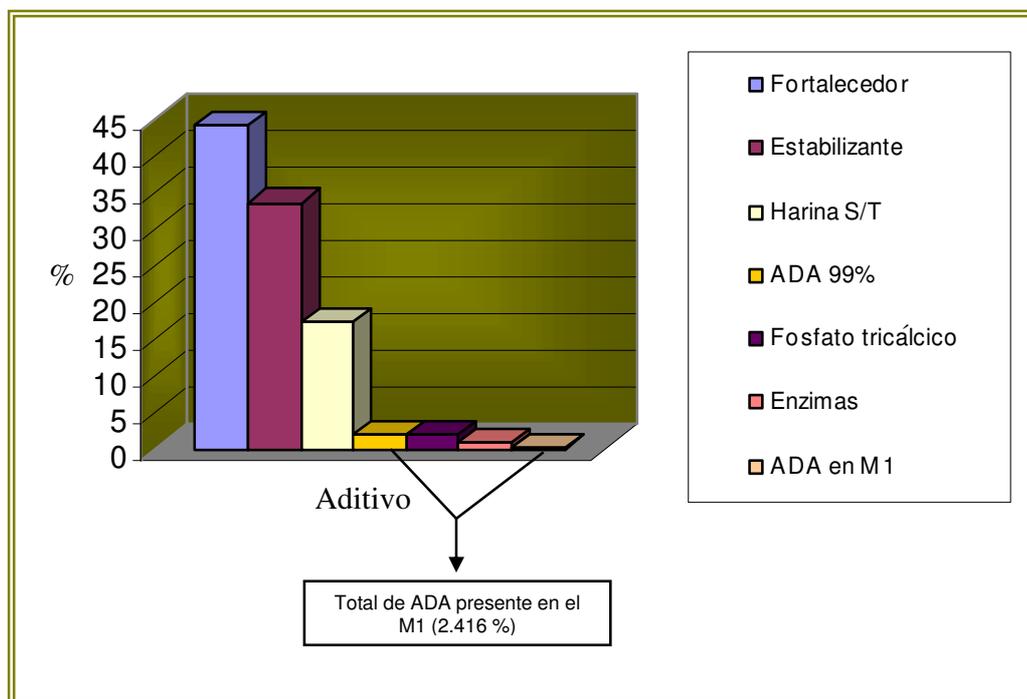


Gráfico 4.3. Porcentajes de los aditivos del M1.
(Elaboración Propia)

Una vez determinada la cantidad de ADA aportada por el Fortificador y conocida la cantidad de ADA 99% que contiene la premezcla, se sabe la cantidad total de ADA dentro del M1, el cual representa el 2.416% de su masa. En el Gráfico 4.3, está señalado el total obtenido de la suma de los porcentajes señalados.

4.3. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE ADA QUE SE DEBE AGREGAR A LA PREMEZCLA.

Una vez conocidos los tres puntos fundamentales para este cálculo, como lo son: los aditivos que conforman la premezcla (determinando en este punto que sólo por deficiencia de proteína se altera la formulación de la premezcla y es agregando Gluten, el cual no contiene ADA, por lo que no afecta para los cálculos), que sólo el Fortificador de Harina contiene ADA en un 0.718% de su masa y que el máximo permitido de ADA en la Harina Panadera terminada es de 45 ppm., se procedió a calcular la cantidad de ADA (99%) que se debe agregar a la premezcla para que al dosificarla en la harina, a razón de doscientos cincuenta (250) gramos de M1 por cada cien (100) Kg. de harina, de manera que ésta posea una concentración de 45 ppm de ADA en su producto terminado.

Para el cálculo de la cantidad de ADA (99%) a agregar en la premezcla, se determinó en primer lugar, el porcentaje que representan los 45 ppm. de ADA (en la harina terminada), a razón de la dosificación establecida. Para este cálculo, se tomó una base 500 Kg. de premezcla, de los cuales se obtienen 200000 Kg. de harina (asumiendo una correcta dosificación), luego con la concentración deseada de ADA en la harina, se determinó que la misma debe contener 9 Kg. de ADA para cumplir la norma, lo que representa que en la premezcla deben estar estos 9 Kg., ya que es la única fuente de este aditivo, lo que representa un 1.8% de la masa del M1, cálculo que se puede observar en el apéndice C.9.

Aquí queda demostrado que la cantidad dosificada actualmente por la empresa MONACA es mayor a la exigida por las normas, ya que en la premezcla según su formulación, se están agregando 2.416% de ADA cuando se debe agregar un 1.8%, lo que representa un exceso de 3.08 Kg. de ADA en la premezcla. Para visualizar mejor esta diferencia, se expresa el valor de la cantidad de ADA en partes por millón (obtenidas con la dosificación actual), la cual es de 60 ppm., comparado con la establecida por el CODEX que es de 45 ppm, ver el Gráfico 4.4.

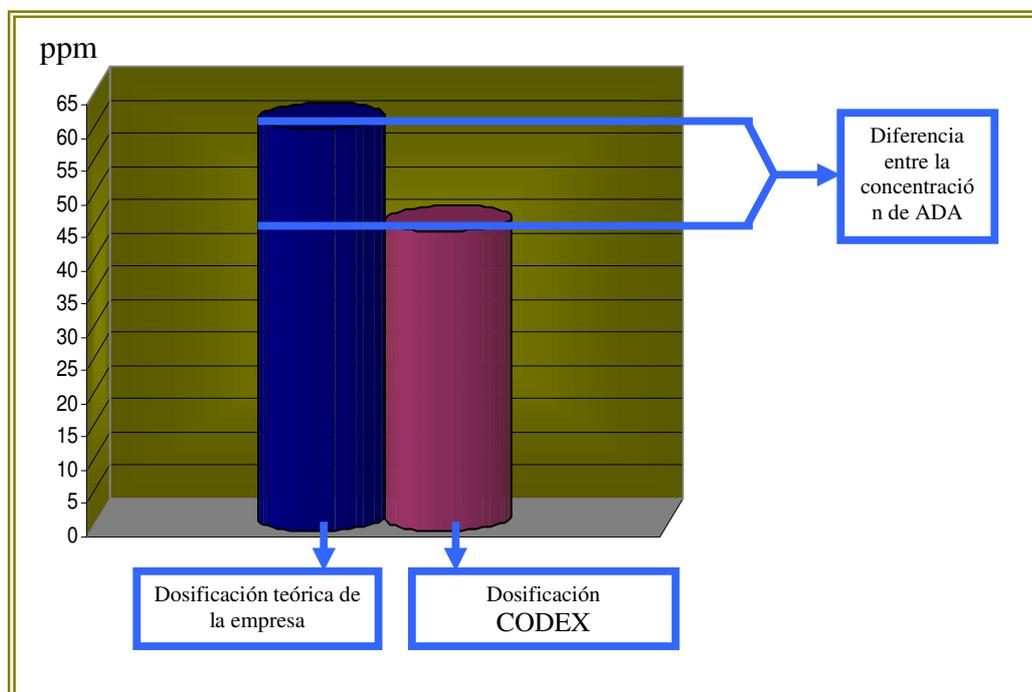


Gráfico 4.4. Concentración de ADA teórica Vs. CODEX.
(Elaboración propia)

En el gráfico 4.4 se puede apreciar que la diferencia de concentraciones es de 15 ppm. Uno de los factores que generan este exceso es que la empresa no consideraba que el Fortificador con la formulación actual, está aportando 1.58 Kg. de Azodicarbonamida, es por ello que se recalcula la cantidad de ADA (99%) que hay

que agregar para no afectar la relación establecida de (250g de M1 - 100Kg de harina) y a su vez cumplir con las normas.

Para este cálculo, se emplea la ecuación (10) reseñada en el Capítulo III, esta vez sin hacer igual a cero (0) la masa de ADA 99%. De donde se obtuvo que se debe agregar 7.42 Kg. de ADA 99%, representando esto un 1.48 % de la premezcla M1, lo que implica una reestructuración de la formulación de dicha premezcla. De esta forma se derivó la formulación presentada en la Tabla 4.2. Para los cálculos mostrados en este punto en particular, remitirse al apéndice C.10.

Tabla 4.2. Composición modificada de la premezcla M1.
(Elaboración propia)

ADITIVO	PORCENTAJE DE FORMULACIÓN (%)
Enzimas	1.00
Fortalecedor de harina	44.00
Estabilizante/Emulsionante	33.60
Fosfato tricalcico	2.00
Azodicarbonamida (99%)	1.48
Harina sin tratamiento (base)	17.92

En la Tabla 4.2 se puede apreciar que se compensó lo retirado de ADA con la adición de harina sin tratamiento, lo cual no afecta el resultado o producto final, debido a que el resto de los aditivos mantendrá su relación o concentración en la Harina Panadera terminada.

Todo esto se hace con la finalidad de asegurar que no existan cambios en la dosificación en planta del M1, para no modificar la relación (harina-premezcla), evitando confusión en los operarios de la planta. Además de esto, se tiene que para una respuesta rápida en casos de cambios, se dejó establecida una hoja de Microsoft

Excel (cuyo formato se puede apreciar en el apéndice D.2), la cual establece la cantidad o porcentaje de ADA que se debe agregar a una premezcla a la cual se le desee cambiar la cantidad de cualquier aditivo y que la misma mantenga la restricción de una concentración de ADA en la Harina Panadera de 45 ppm manteniendo como ya se dijo la relación Harina - M1.

4.4. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ADITIVOS AGREGADOS A LA HARINA PANADERA.

En este punto se pretende establecer una relación, para que cuando se determine la cantidad de ADA (experimentalmente por el método de laboratorio obtenido) y por medio de un cálculo sencillo, se determine la cantidad total de aditivos gastada.

Lo primero que se debe realizar, es el establecimiento de la relación en sí, el cual se realiza una vez que se estandariza la cantidad de Azodicarbonamida que contiene la premezcla obtenido del cumplimiento del objetivo anterior. Para el establecimiento de la relación, se calculó la fracción másica de ADA, obteniendo así la relación entre ADA-M1, gracias a la aplicación de la ecuación (11) reseñada en la metodología. Para este cálculo se tomó también como base los 500 Kg. de preparación M1, obteniéndose el valor de 0.018, dato que se puede ver en el apéndice C.11.

Una vez obtenida la relación, se procedió a tomar cinco muestras de Harina Panadera para hacer la evaluación, aplicando el método obtenido en el primer objetivo de este Trabajo Especial de Grado. Cabe destacar que para aplicar el método a la Harina Panadera terminada, se empleó una bureta de mayor precisión ya que los valores de mililitros de Thiosulfato y de Yodo eran similares y por ello al aplicar la ecuación de este análisis, no se obtenían valores coherentes ya que se anula el numerador. Corregido este inconveniente y determinados los valores de los

porcentajes de Azodicarbonamida, se obtuvo que el promedio de los mismos es de 0.005%, lo que representa 50 ppm., es decir, fuera de especificación.

Luego de la aplicación del ME-LAB-044 y obtenidos los valores de porcentajes de ADA de cada muestra, se procedió a calcular la cantidad de aditivos totales gastados con ayuda de la relación que se obtuvo de ADA-M1. Estos valores resultaron ser fluctuantes, obteniéndose una variación promedio 34.21 g. por cada 100 Kg. de harina. En el Gráfico 4.5 se puede ver la variación de cada una de las muestras tomadas con respecto a la cantidad teórica de dosificación (250 gr. M1/ 100 Kg. Harina). Para los cálculos individuales y de la variación promedio, ver los apéndices C.12 y C.13 respectivamente.

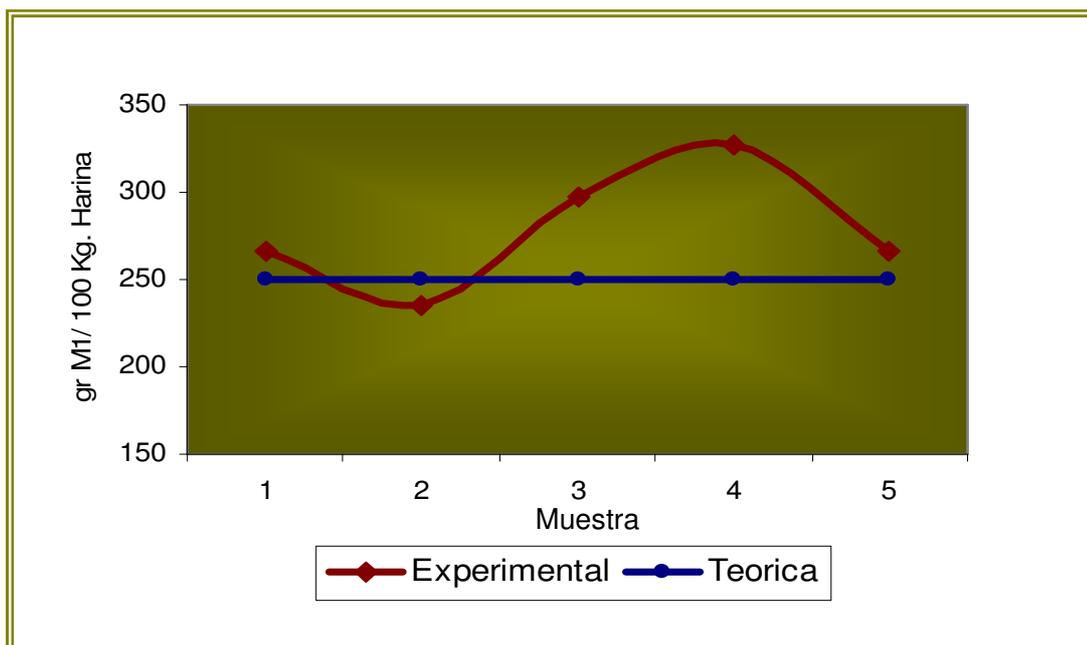


Gráfico 4.5. Cantidad de aditivos gastados (relación)
(Elaboración propia)

En el Gráfico 4.5, se puede apreciar que la dosificación de aditivos no se hace de forma regular o adecuada, ya que existen variaciones, con tendencia a ser mayor que

la dosificación establecida por la empresa, lo que se debe en gran parte a la dificultad de controlar o regular el flujo de entrada de harina al sistema. En este caso, no fue necesario la toma de muchas muestras para llegar a esta determinación, además observando el proceso como tal, se puede deducir fácilmente que este flujo de harina es “salvaje”.

4.5. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA ENFOCADO AL SISTEMA DE ELABORACIÓN DE HARINA PANADERA.

Para la identificación del proceso se realizó una revisión del Manual de Operación de Procesos del Molino (área evaluada), donde se encuentran documentadas todas las actividades productivas que allí se desarrollan, lo que permitió en primera instancia adquirir una visión global del proceso de elaboración de harina de trigo. Por otra parte, gracias a los recorridos realizados y a las reuniones sostenidas con el personal que labora en este departamento, fue posible la comprensión detallada del proceso tanto de producción de harina de trigo como del sistema de dosificación y mezclado que éste posee, cuya finalidad es darle a la harina sin tratamiento los aditivos necesarios para convertirla en Harina Panadera. Esta visión generada por el Manual de Operación señalado y ampliada con la visita a los seis pisos que conforman la planta, permitió el desarrollo de otras actividades señaladas en los próximos puntos, tal como la elaboración de los DFP de la planta, debido a que la empresa carece de ellos y al estudio de la disponibilidad de espacio para posibles modificaciones.

El sistema de dosificación y mezclado del molino de producción de Harina Panadera (molino A) se encuentra en el piso tres. El mismo, está constituido por un equipo (DOS-01 A), que fue evaluado debido al carácter de importancia que tiene éste en el estudio realizado. Otro equipo involucrado es el sistema de preparación de la premezcla, a pesar de no estar reflejado en los diagramas, ya que no está acoplado al proceso de molienda como tal y consta de dos balanzas, un mezclador y una tolva

de llenado, equipos que serán estudiados en el punto siete (7), para la identificación de las fallas del sistema.

Seguidamente se presenta un análisis del comportamiento de la producción de Harina Panadera en la empresa en los últimos ejercicios económicos (a los cuales se tuvo acceso). La cantidad de harina producida en el molino obedece a la carga de trigo que se esté incorporando y a como se encuentre la extracción para ese momento. Para los datos mostrados en la Tabla 4.3 se aprecia que la producción de la Harina Panadera representa un promedio del 63%, con una carga de harina aproximadamente de 12 t/h. partiendo de una producción de 22 horas al día y 28 días al mes y un promedio de 30.84 Kg./hora de aditivos. Ver cálculos de estos valores en los apéndices C.14, C.15 y C.16 respectivamente.

Tabla 4.3. Producción de Harina Panadera año 2006.
(Elaboración propia)

Mes	Producción neta de harina (t)	Producción de H. panadera (t)	Porcentaje de producción total (%)	Gasto teórico de aditivos (t)
Ene	13,700.0	8,220.0	60	20.6
Feb	9,100.0	5,642.0	62	14.1
Mar	14,000.0	9,380.0	67	23.5
Abr	10,200.0	6,528.0	64	16.3
May	12,300.0	7,503.0	61	18.8
Jun	12,400.0	7,688.0	62	19.2
Jul	12,300.0	8,241.0	67	20.6

En la Tabla 4.3 se puede apreciar la importancia que tiene la Harina Panadera para la empresa, debido al porcentaje que esta producción ocupa cuando se habla de una empresa con una gama de productos muy amplia. También se puede apreciar en la Tabla 4.3 que el gasto de aditivos en cantidad pudiera creerse pequeña, lo cual no es del todo cierto, debido a los costos que representan. Para una mejor visualización del porcentaje de producción de la Harina Panadera se muestra el Gráfico 4.6, en donde se puede apreciar la producción total de harina y qué cantidad de la misma es destinada a la producción de la harina sometida a estudio y la cantidad de aditivos gastados para cada mes.

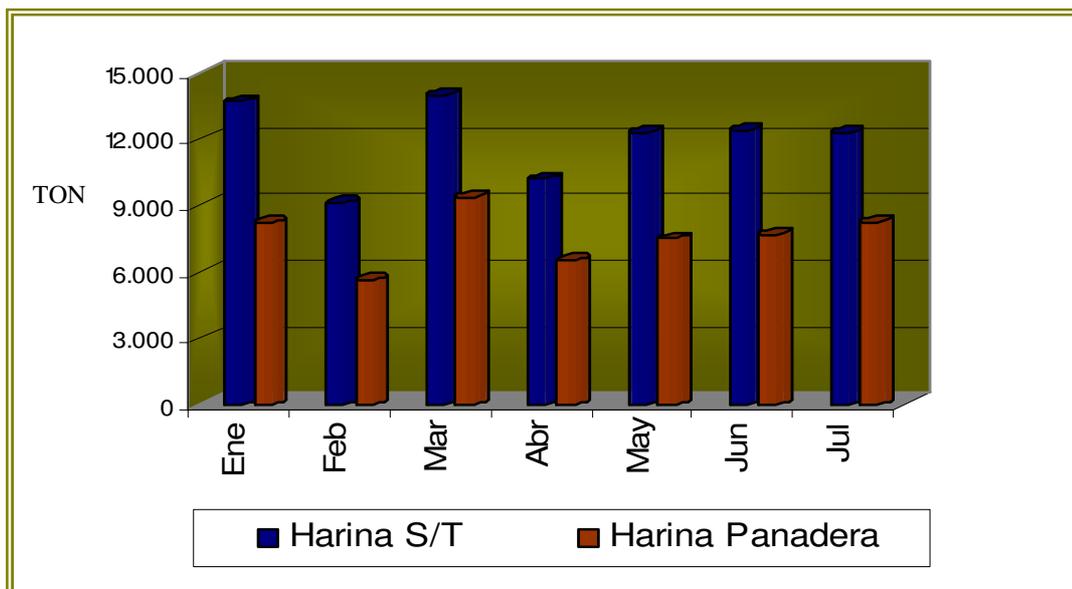


Gráfico 4.6. Kg. De Harina Panadera Vs. Kg. De harina neta producida.
(Elaboración propia)

Como quedó demostrado, la Harina Panadera es uno de los principales productos de MONACA, por lo que es de vital importancia hacer un seguimiento a su comportamiento, relacionándola directamente con la cantidad de aditivos gastados, a fin de poder establecer el comportamiento y la eficiencia del sistema de dosificación y mezclado.

Aunque la cantidad de aditivos gastada teóricamente es muy pequeña (relación teórica de 250g – 100Kg Harina) el gasto económico no resulta despreciable y cuando se requieren grandes cantidades, éste representa un costo considerable que va asociado claramente al costo final del producto acabado.

Al observar este comportamiento en el Gráfico 4.6, se puede inferir que la tendencia al consumo de Harina Panadera va creciendo, lo que representa mayor gasto de aditivos y si los mismos no se realizan adecuadamente se obtendrá un consumo mayor, ocasionando mayores gastos y pérdidas en esta sección de la planta.

4.6. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL FLUJO DE ALIMENTACIÓN DE HARINAS Y DE M1 EN EL DOSIFICADOR.

La dosificación de aditivos a la Harina Panadera se realiza en la última etapa del proceso de molienda, antes de que la harina sea enviada a los arcones del empaque y antes de pasar por la balanza de harina terminada. Esta dosificación se realiza por medio de un sistema, como el que se describió en el Capítulo II, el cual no posee control alguno.

Para el momento de esta evaluación se estaba dosificando 250g de M1 por cada 100 Kg. de harina (teóricamente), lo cual de acuerdo a los datos suministrados por el Departamento del Molino no es cierto (ver apéndice B.7), ya que existen picos y variaciones que se aprecian en el Gráfico 4.7. De los datos evaluados en el Gráfico 4.7, se observa una tendencia centrada en 248.39g, con una varianza igual a 31.12, la cual es significativamente elevada, más aún cuando se considera que cualquier desviación aleja al producto final de su condición de seguridad. Los cálculos pueden ser detallados en los apéndices C.17 y C.18, en el orden presentado.

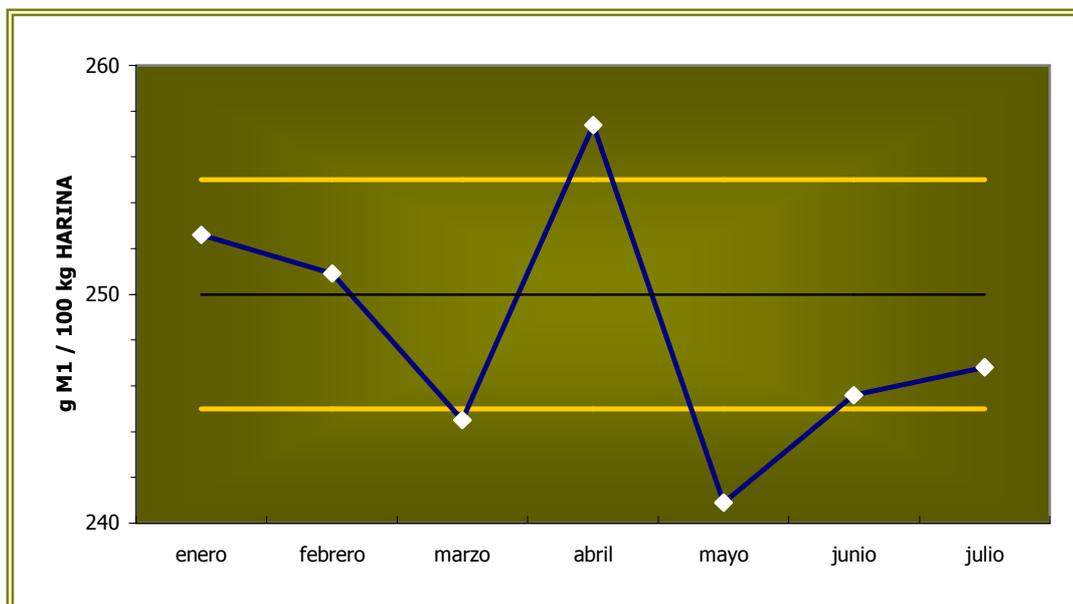


Gráfico 4.7. Flujos de premezcla M1.
(Elaboración propia)

Por otra parte, se tiene que los puntos de alta dosificación (14.29 % de los valores), observados en el Gráfico 4.7, coinciden con arranques de molino o cambios de molienda. De igual manera, se tiene que los puntos de baja dosificación observados (28.57 % de los valores), corresponden a períodos donde se comienza a vaciar el alimentador volumétrico del dosificador. En definitiva, el 42.86% de los valores están fuera de los parámetros establecidos como límites superiores e inferiores respectivamente. Los cálculos de estos porcentajes se aprecian en los apéndices C.19, C.20 y C.21.

Posteriormente, se comparan los flujos promedios de harina de los meses evaluados con los flujos de aditivos, lo que se observa en el Gráfico 4.8.

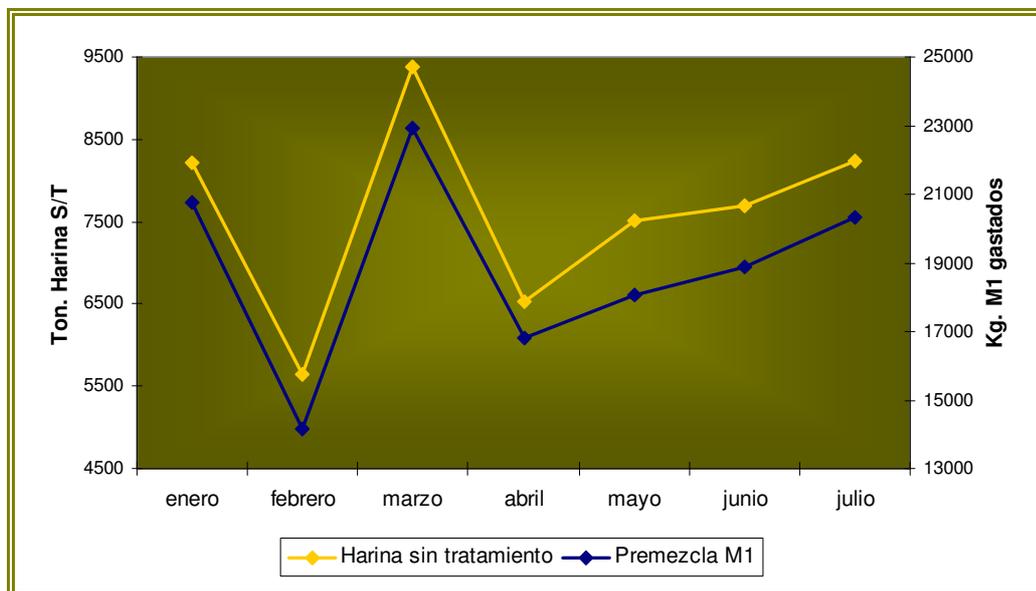


Gráfico 4.8. Flujos de Harina sin tratamiento Vs. M1.
(Elaboración Propia)

En el Gráfico 4.8, se puede observar que en los de meses mayo y junio hubo un incremento de los flujos de harina sin un correspondiente incremento del flujo de aditivos.

Hay que acotar que los valores presentados en estos gráficos son producto de los promedios diarios de cada uno de los meses, es decir, que no son valores puntuales, ni una constante de cada mes, ya que dentro de cada mes existen variaciones considerables. Pudiera darse el caso de meses donde el promedio se tiene un valor dentro del estándar, cuando en realidad son grupos de datos de valores altos y bajos cuyo promedio dan valores que entran dentro de las restricciones. Para una mejor visualización, se presentan los flujos de un día cualquiera de la semana, los cuales son fluctuantes (ver apéndice B.8), lo que ocasiona una mala dosificación, debido a la variación indistinta de los flujo de aditivos.

Ahora bien, el segundo paso para el estudio de los flujos manejados por el sistema dosificador fue la verificación de los datos, lo cual se realiza por la necesidad de tener confiabilidad de los mismos. Para ello, se tomaron 10 muestras del flujo de premezcla cantidad que se determinó con la apreciación de la poca variación existente entre éstos valores y los reportados por la empresa la cual resultó ser de 0.064. De esta forma, se obtuvo un perfil de los flujos manejados en un día de operación cualquiera no correspondientes a ningún valor de harina aquí estudiada. El cálculo de la variación se puede observar en el apéndice C.22.

Por otra parte, se revisó el Manual de Operación en la sección de las máquinas dosificadoras y se encontraron las especificaciones de las revoluciones por minuto (RPM) de las poleas que forman parte del equipo según el fabricante. Se procedió a chequear si las RPM actuales coincidían con las indicadas en el manual, las cuales se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Revoluciones por minuto de la polea de la máquina dosificadora.

% Dosificación	RPM especificaciones	RPM	Máxima dosificación
100	450 ± 2%	436	36,87 Kg./h
10	45 ± 2%	43	-

De aquí se comprobó la falta de calibración de la máquina dosificadora, ya que estos valores no corresponden con lo observado en planta. Las RPM se encontraban fuera de especificación, por lo tanto las cantidades dosificadas por la máquina era distinta y esto influye directamente también en la mala dosificación.

También se realizó un balance de masa en el sistema dosificador para poder hacer la evaluación de las condiciones de operación del sistema de alimentación de harina-M1 actual de la planta. El balance fue realizado al sistema mostrado en la figura 3.1 del Capítulo III y sus resultados se muestran en la Tabla 4.5

Tabla 4.5. Balances de masa.

(Elaboración Propia)

Hora	Entrada (Kg. /min.)	Salida (Kg. /min.)	Acumulación (Kg. /min.)
09 am	224.6	222.9	1.7
10 am	237.3	240.8	(3.5)
11 am	238.7	233.4	5.3
12 pm	173.5	167.7	5.8
01 pm	250.7	244.3	6.4
02 pm	265.7	267.0	(1.3)
03 pm	236.6	233.7	2.9

Una vez realizado los balances, cuyos cálculos se observan en el apéndice C.23, se determinó cualitativa y cuantitativamente el estado del sistema de forma global, estableciendo así, si el(los) equipo(s) involucrado(s) en la dosificación de harina-M1 operan adecuadamente y si existen posibles fallas, estableciendo las causas de las mismas. Se puede observar en la Tabla 4.5 que el término de acumulación no es cero (0), lo cual indica dos cosas fundamentales: la primera que se está quedando producto en el recipiente y la segunda, que existen pérdidas por fugas en el sistema.

En este balance se puede apreciar que no se están cumpliendo las condiciones establecidas de la relación entre la harina y el M1, lo cual es producto de todas las situaciones señaladas anteriormente, tales como:

- a) Fallas del sistema dosificador debido a una mala calibración.
- b) Paradas de planta sin medidas correctivas a tiempo.
- c) Descuido en la alimentación del “alimentador volumétrico” del dosificador.
- d) Variaciones indistintas de ambos flujos, tanto de aditivos como de harina sin tratamiento.

4.7. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS FALLAS DEL SISTEMA DE MEZCLADO Y DOSIFICACIÓN.

Una vez identificadas las variables que afectan el sistema de dosificación y mezclado, se procedió a evaluarlas por categorías, tales como: materia prima, medio ambiente, premezcla M1, máquinas empleadas, mano de obra, ausencia de sistemas de control, medición y procedimiento. Éstas son explicadas a continuación:

MATERIA PRIMA:

Aditivos: en cuanto a la premezcla M1 se determinó que la densidad era una variable fundamental en este estudio, debido a que se está trabajando con dosificadores volumétricos y la variable a controlar es el flujo másico de aditivo. La densidad sólo se evaluó para ver si se mantenía constante, quedando comprobado que las variaciones de este parámetro son mínimas.

Trigo: el tipo y la mezcla de trigo determinan la cantidad de aditivo que tiene que llevar la Harina Panadera para cumplir con las especificaciones de la panificación. Durante el desarrollo de este trabajo esta variable no influyó, ya que se dosificaron 250 g de M1 por cada 100 Kg. de harina (valor teórico).

MEDIO AMBIENTE: como el estudio realizado se efectuó en un lugar donde la humedad relativa es alta (Puerto Cabello), se consideró la evaluación del medio ambiente como una posible variable, aunque después se comprobó que la misma no tenía influencia sobre el proceso de dosificación de aditivos a la Harina Panadera, lo cual se pudo apreciar durante el lapso de estos estudios, ya que la dosificación y mezclado permanecía con las mismas fluctuaciones, indistintamente de cómo se variaba la humedad en el ambiente.

MÁQUINA (sistema de dosificación y mezclado):

Máquina Dosificadora: éste resultó ser uno de los equipos más estudiados en esta evaluación, ya que es causa inmediata de variación de la dosificación. Aquí se detectó el desgaste del tornillo sin fin, la descalibración y la falta de mantenimiento general de las máquinas.

Flujos de Entrada: la variación existente de los flujos de entrada al sistema de dosificación y mezclado altera también este proceso, ya que estos ocurren de forma indistinta y no se mantiene relación alguna del cambio de flujo de harina con el de aditivos y viceversa. Esto se debe a que el flujo de harina sin tratamiento y el flujo del dosificador no responde a los cambios que el flujo de harina presenta.

Máquina Mezcladora: este equipo opera en conjunto con la dosificadora, se evaluó por separado para un análisis más detallado. Para este punto, se considera el desgaste de la rosca, la falta de mantenimiento general (lo cual se aprecia en la Figura 4.2) y por último se evaluó la capacidad del equipo, quedando demostrado que éste último no posee el tamaño adecuado, puesto que no ofrece un buen mezclado, esto se evidencia al notar que la Harina Panadera no sale homogénea, lo cual se comprobó con muestras tomadas de la misma en la salida del mezclador y evaluándolas con el ME-LAB-044. Esta evaluación es importante ya que si no se realiza bien la dosificación, no se obtienen los resultados deseados, pero también se tiene que si se dosifica bien, pero el sistema de mezclado no opera adecuadamente, los problemas resultan ser mayores, ya que se pudiera estar concentrando gran cantidad de aditivos en una sola sección del producto terminado y por otra parte quedaría la mayor cantidad del producto sin nada de la premezcla M1.



Figura 4.2. Capas de aditivos y harina en el mezclador.
(Elaboración Propia)

MEDICIÓN: en esta sección se incluyen todas las mediciones de las variables que se realizan en el sistema de dosificación de aditivos a la Harina Panadera. El control de la dosificación se realiza midiendo el flujo de aditivo a la salida de las máquinas dosificadoras, esto con la ayuda de un cronómetro y una balanza digital que se encuentra en el laboratorio. Además se toman datos de carga de harina suministrada por la balanza que se indicó en el proceso (BAL-01 A). Todos estos equipos estaban calibrados.

MANO DE OBRA:

Motivación: se tomó en cuenta al personal involucrado en el control de la dosificación y elaboración de la premezcla, ya que son fundamentales en el estudio del sistema, por ser ellos quienes cuentan con la experiencia y quienes se tendrán que adaptar a los cambios sugeridos después de esta evaluación.

Entrenamiento del Personal: la falta de un procedimiento estándar de un control de la dosificación de la Harina Panadera y poco adiestramiento del personal origina un producto final fuera de especificaciones, por lo tanto ésta es una causa potencial de la desviación de la dosificación.

PROCEDIMIENTO:

Dosificación: el proceso de control de la dosificación de aditivos a la Harina Panadera carece de un procedimiento estándar, lo que trae como consecuencia que cada operario realice el control a su criterio. Además, al no existir una clara definición de las especificaciones de la cantidad de aditivo en la harina final, se estaba realizando un control ficticio donde sólo se medía el flujo y no se sabía si estaba dentro o fuera de especificaciones. Por otra parte, la falta de rigurosidad en el muestreo, ocasiona una toma arbitraria de medidas. Es por esto que el procedimiento resulta ser una variable crítica en la dosificación de aditivos.

Prueba de Panificación: la prueba de panificación es una de las evaluaciones más importantes de una harina, ya que actualmente no se cuenta con un método de laboratorio que permita la evaluación de la producción en lo que la adición de los aditivos se refiere. En el sistema actual de evaluación de la Harina Panadera no es del todo eficiente, ya que en éste se revela una mala calidad del producto terminado, impidiendo correcciones oportunas en el sistema para evitar pérdidas económicas que representan esta situación.

PREMEZCLA M1:

Aditivos: La calidad de los aditivos es una variable importante en el proceso de dosificación y mezclado, ya que por ejemplo, si el Fortificador de Harina se recibe con una cantidad de Azodicarbonamida mayor a la estipulada y no se toman acciones

correctivas, se estaría alejando el producto de sus condiciones de seguridad. Otro caso particular es cuando el ADA 99% viene con una granulometría inapropiada para un buen mezclado, dejando puntos concentrados en la premezcla. En la Figura 4.3, se pueden apreciar los “grumos” de la Azodicarbonamida después de un cernido ejecutado de una forma inadecuada.

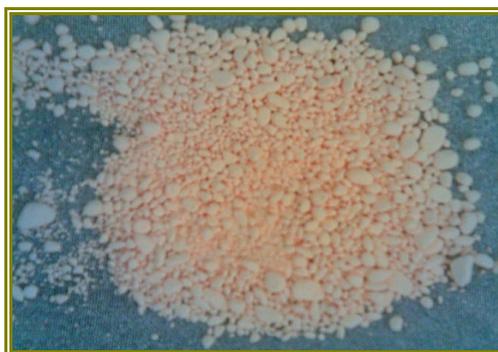


Figura 4.3. Granulometría inadecuada de ADA.

(Elaboración Propia)

Máquina Mezcladora: éste es un equipo fundamental en el proceso de elaboración de la premezcla M1, por ende para la elaboración de Harina Panadera. Éste, al igual que el resto de los equipos evaluados en esta sección, carecen de buen mantenimiento, tiene óxido, capas de aditivos en las paredes y en las paletas. Esto puede observarse en la Figura 4.4.

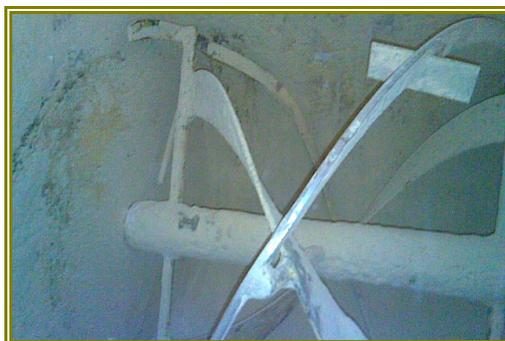


Figura 4.4. Mezclador para premezcla M1.

(Elaboración Propia)

Tiempo de Mezclado: este parámetro es de vital importancia, ya que si no se cumple a cabalidad, el proceso de mezclado del M1 no se lleva a cabo de forma adecuada. El tiempo establecido por la empresa, para un buen mezclado es de 17 minutos. Este proceso es vigilado por el operario de la sección con ayuda de un cronómetro, el cual no se encuentra operativo actualmente, lo que impide un buen control de este parámetro. Ver Figura 4.5 donde se observa el estado del cronómetro.



Figura 4.5. Reloj para elaboración de premezcla.
(Elaboración Propia)

Mano de Obra: en esta sección sólo se cuenta con un operario, encargado de hacer todas las premezclas empleadas para todos los productos que elabora MONACA, no sólo en la ciudad de Puerto Cabello, sino de todas las sucursales de la empresa a nivel nacional. Sobre esta persona recae una responsabilidad enorme y la falta de tiempo, de operario, cansancio, entre otros factores, pasan a formar parte de una de las variables críticas de esta evaluación. Para evaluar el desempeño de este operario, se procedió a determinar el error o desviación estándar que existe en la dosificación de los aditivos de la premezcla, resultando ésta de 0.006. Ésta fue calculada con las muestras de M1 recolectadas para la verificación de la eficiencia del ME-LAB-044. Para ver el cálculo de esta desviación, remitirse al apéndice C.24.

Una vez planteadas todas estas propuestas, ya sea producto de la información suministrada por el personal o por las observaciones realizadas, se procedió a realizar una extracción de las ideas principales de las variables evaluadas. Producto de esto se obtuvo la Tabla 4.6 donde se visualizan las fallas del sistema.

Tabla 4.6. Formato para la aplicación de la tormenta de ideas.
(Elaboración Propia)

Observaciones generadas por el personal	Observaciones realizadas producto de la investigación
Derrames de harinas.	Variación indistinta de los flujos que maneja el sistema dosificador.
Desgastes en los dosificadores.	Ausencia de medidores de flujo.
Deficiencia de personal para el mantenimiento del sistema dosificador.	Falta de mantenimiento al sistema repararación de la premezcla M1.
Falla mecánica en los equipos.	Equipos dañados o desgastados.
Fisuras de las tuberías.	Variación de la materia prima.
La capacidad del mezclador no es la adecuada.	Sobrecarga de trabajo del operador del área de premezcla.
Falta de tiempo.	Falta de sistemas de control.
Pocos operarios	Calibración de los equipos

Una vez definidas las variables críticas se procede a construir el Diagrama Causa-Efecto del sistema de dosificación y mezclado, el cual se puede apreciar en la Figura 4.6. Dicho diagrama, se presenta como un paso intermedio para el cumplimiento del objetivo 7.

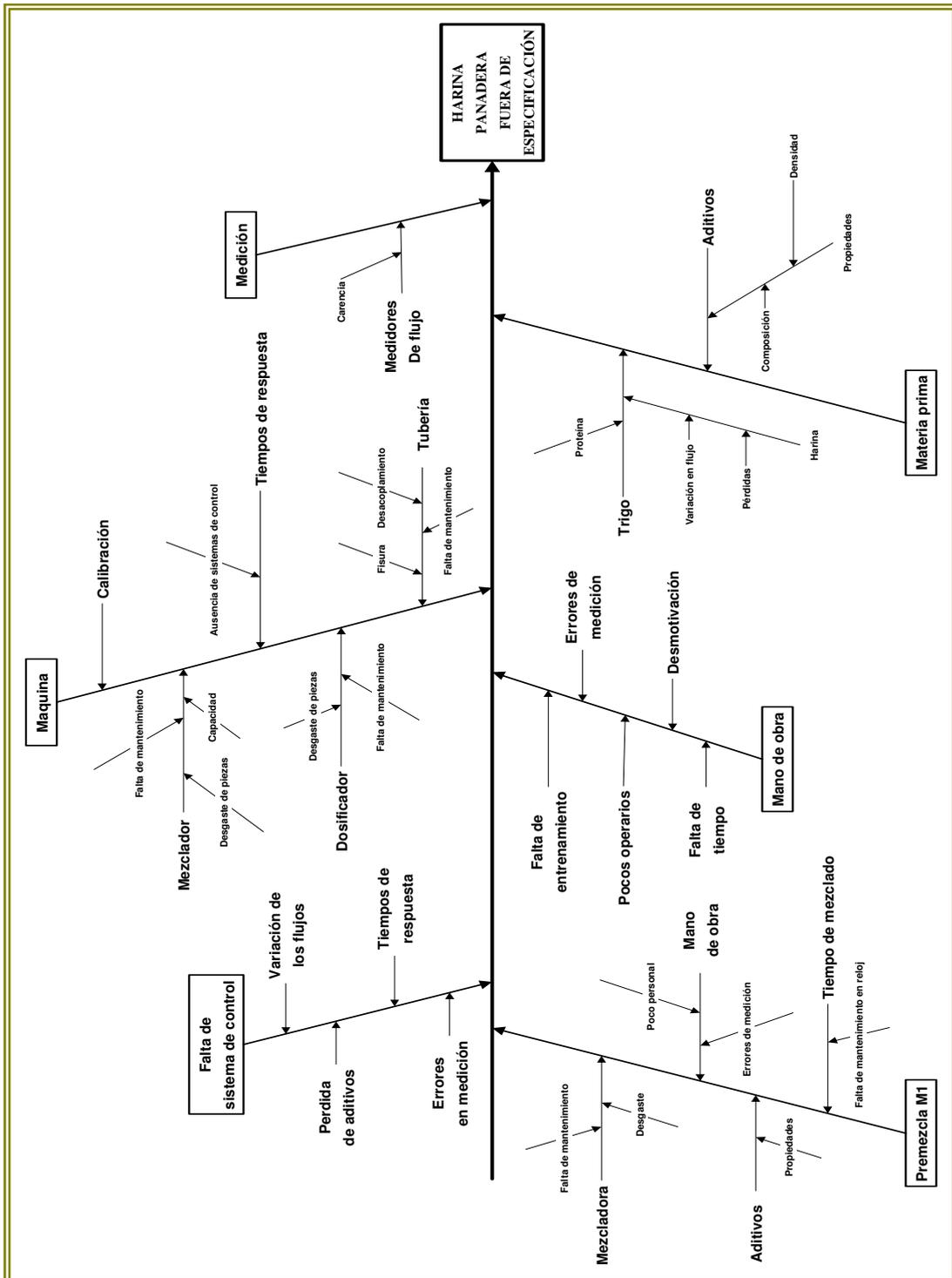


Figura 4.6. Diagrama Causa-Efecto.
(Elaboración Propia)

Una vez desarrollado el Diagrama Causa-Efecto se procede a su depuración con la aplicación del Diagrama de Pareto, para lo que se realizó una clasificación de las fallas generadas en la Figura 4.6, obteniéndose como resultado la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Identificación de las variables del Diagrama Causa-Efecto.
(Elaboración Propia)

Causa	Código	Causa	Código
Ausencia de sistema de control.	A	Desgastes de los equipos de la Premezcla.	H
Alteración indistinta de los flujos del sistema de mezclado.	B	Fallas mecánicas de los equipos.	I
Capacidad del mezclador no adecuada.	C	Falta de mantenimiento de los Equipos.	J
Falta de control del proceso durante la producción.	D	Descuido del personal.	K
Variación en a materia prima.	E	Desmotivación del personal.	L
Mala formulación del M1.	F	Pocos operarios.	M
Malas prácticas en elaboración del M1.	G	Falta de tiempo.	N

Del estudio y cuantificación de cada una de estas variables, se obtuvo el Gráfico 4.9. En cuanto a las fallas, éstas fueron clasificadas por importancia, cantidad de repeticiones dentro del Diagrama Causa-Efecto por sugerencia del personal y observación propia, determinando la frecuencia o repetición de cada una de ellas.

Ahora bien, para la evaluación de alguna de las fallas fue necesaria una evaluación cuantitativa de las causas seleccionadas, como es el caso de la alteración indistinta de los flujos, para lo cual se emplearon los datos y gráficos del desarrollo del punto (4.6) de este capítulo y para la evaluación de la materia prima se emplearon los datos obtenidos en el punto (4.2), también de este capítulo. En lo que respecta al desgaste de los equipos de la premezcla, se determinó que no tenía incidencia directa en el sistema de dosificación y mezclado del M1, puesto que el operador del área se adaptaba a las circunstancias, terminando siempre por hacer una premezcla uniforme

(quedando demostrado con las muestras de M1 tomadas y analizadas en el laboratorio). La capacidad del mezclador, quedó también como una falla de poca importancia, ya que se demostró que a pesar de éste no tener las dimensiones adecuadas para mezclar la premezcla M1 con la harina sin tratamiento lo suficientemente bien, con el simple hecho de ponerlos en contacto con una distribución relativamente razonable, el sistema neumático de transporte (que va desde la balanza BAL-01 A hasta los arcones) terminaba de mezclar bien los aditivos, aunque esta deficiencia será evaluada en las propuestas de mejoras al sistema.

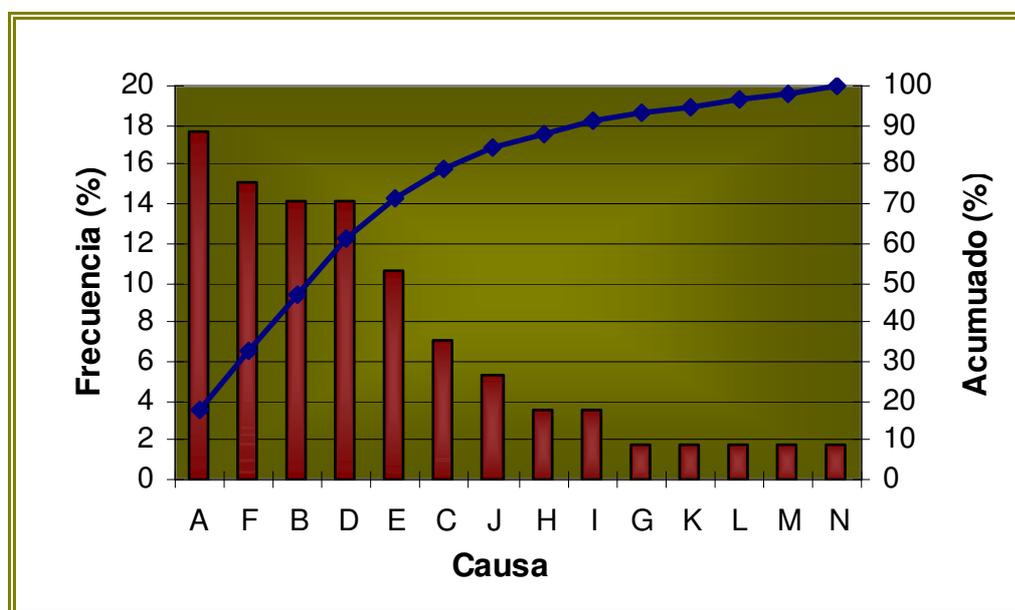


Gráfico 4.9. Diagrama de Pareto.
(Elaboración Propia)

En el Gráfico 4.9 se observa que las variables de menor importancia son: fallas mecánicas en los equipos, desgaste en los equipos de la premezcla, capacidad del mezclador, descuido del personal, desmotivación del personal, pocos operarios y falta de tiempo. Mientras que las variables consideradas críticas en el sistema evaluado, son: la ausencia de un sistema automático de control (A), mala formulación del M1

(F), alteración indistinta de los flujos (B), falta de control en la producción (D), variación en la materia prima (E) y por último la capacidad del mezclador (C).

4.8 MEJORAS DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN Y MEZCLADO.

Con el propósito de atacar las variables que realmente son influyentes para el desarrollo de las propuestas de mejoras al sistema, fue utilizada la información arrojada en el tópico anterior. De allí surgen las siguientes propuestas:

Sistema Automático de Control

De acuerdo a las variables estudiadas anteriormente, responsables de la mala dosificación, la que resultó más relevante fue la ausencia de un sistema automático de control de procesos, por lo que la primera alternativa de mejora a plantear es el establecimiento de un sistema de control en el dosificador de premezcla M1. Otra de las variables que resultó ser influyente y que también está relacionada con el establecimiento de un sistema de control es: la variación indistinta de los flujos (variable C del diagrama de Pareto).

En el sistema de dosificación de aditivos existen dos variables de suma importancia para la buena operación del proceso, entre las cuales se están:

- Flujo de las corrientes.
- Concentración de salida del producto final.

Aunque lo que se desea controlar es directamente la concentración de aditivos en la Harina Panadera, el calcular la misma es muy complicado, de hecho es casi imposible realizarlo de forma instantánea para tomar decisiones oportunas. Una de las variables

que se necesita controlar para mantener la concentración deseada sin medirla, es la relación entre los flujos que se están mezclando.

Ahora bien, partiendo del hecho de que la dosificación inapropiada causa problemas de gran magnitud y, que una desviación de los valores de la proporción de los aditivos con respecto a la harina sin tratamiento puede llegar a ser perjudicial para la salud de los consumidores, se hace necesaria la aplicación de un control Feedforward, debido a la rigurosidad de esta filosofía de control.

Para el sistema de control de los flujos del sistema evaluado, se propone una estrategia de Control de Relación ya que es la estrategia se adapta de mejor forma a la dinámica del sistema evaluado. Para llegar a esta determinación, se evaluaron las distintas estrategias señaladas en el Capítulo II de este Trabajo Especial de Grado partiendo del hecho que se desea mantener constante la relación de los flujos harina- y premezcla, con la finalidad de evitar variaciones en la calidad del producto terminado, lo cual asegura que el producto no estará fuera de los límites de seguridad en cuanto al ADA, por esta razón, además se sugirió este sistema porque:

- Se puede medir y controlar en el mismo sistema el flujo de la harina sin tratamiento como de la premezcla de aditivos (M1).
- Se requiere un conocimiento mínimo del proceso de molienda para la implementación de este sistema de control.
- El Set-Point del controlador depende de la variable más crítica.
- Establecer un sistema de control en el que fuera necesario la medición de la concentración de aditivos para tomar una acción correctiva retrasaría la respuesta del sistema.
- No es necesario esperar que a la salida del sistema ocurra una perturbación, es decir, que el producto no contenga la cantidad de M1

requerida, para tomar la acción correctiva, ya que el sistema actúa antes de que ocurra esta perturbación.

- Disminuye la inversión en instrumentación debido a que se instalará un sistema de control para dos variables y no uno para cada variable.

En la figura 4.7 se muestra el sistema de Control de Relación propuesto, donde se pueden observar las variables controladas y manipuladas y el elemento final de control, que para este caso en particular es el motor de velocidad variable acoplado al dosificador.

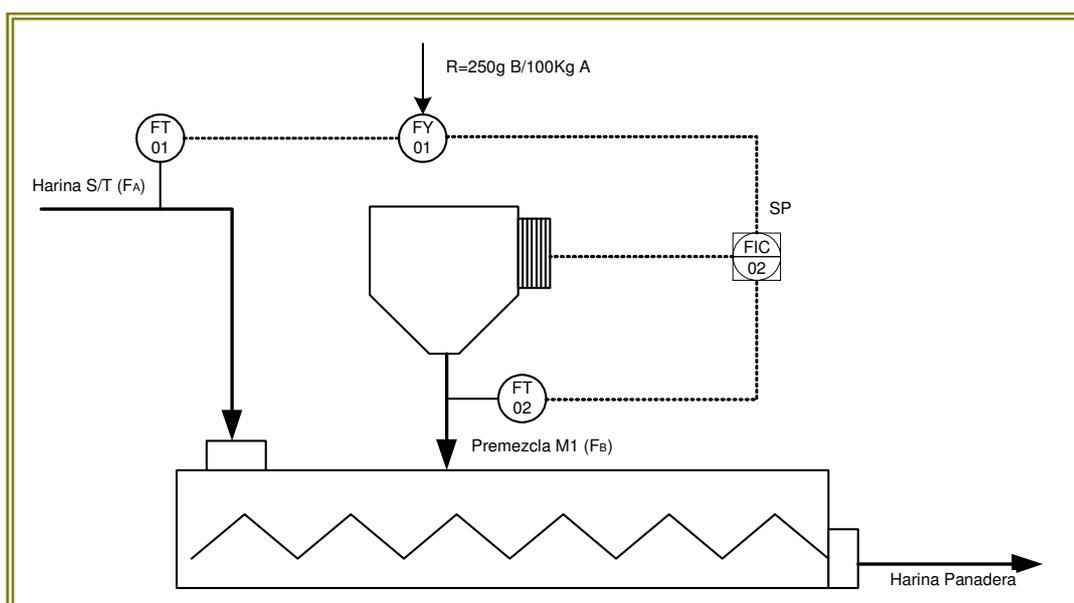


Figura 4.7. Control de Relación propuesto.
(Elaboración Propia)

Para el proceso de molienda, el área de dosificación y mezclado es donde se le adiciona a la harina sin tratamiento los aditivos para darle a la harina las características que se desean obtener. Si la dosificación de aditivos es inadecuada, genera la salida del producto de su condición de seguridad, lo que produce dos cosas importantes: la primera que no se obtiene una Harina Panadera con las características

de un producto de MONACA (alteración en la calidad del producto terminado) y la segunda, que el producto quede fuera de los límites de seguridad y cumplimiento de normas que aplican para la Azodicarbonamida. Cualquier cambio en el flujo de harina sin tratamiento, afecta a la concentración de M1 a la salida del sistema por no ser correspondientes, lo cual conlleva a una mala dosificación.

Al implementar el sistema de Control de Relación señalado en la Figura 4.7, con F_A (flujo de harina) como variable salvaje y F_B (flujo de M1) como variable manipulada, se pueden reconocer las perturbaciones y ser controlada antes de que éstas afecten a la variable primaria que es la concentración de salida del sistema la cual no puede ser medida por el sistema de control.

Por ejemplo, si en el equipo se introduce alguna perturbación como el cambio en F_A (información que suministra FT-01), se cambiará automáticamente el Set-Point (ya que este proviene de la relación que calcula el FY-01 con la relación establecida y este flujo de harina), generando una acción correctiva por parte del controlador FIC-02 antes que cambie la concentración considerablemente de la Harina Panadera. Esta acción se traduce en un cambio inmediato de la velocidad del motor del dosificador, lo que hace que cambie F_B de forma casi instantánea, con la finalidad de mantener la relación establecida. Si por el contrario, se detecta directamente un cambio en F_B , el controlador FIC-02 comparará esta señal suministrada por FT-02 con el Set-Point, haciendo posterior a ello los cambios que sean necesarios.

Con el sistema de Control Automático propuesto, el proceso de dosificación resulta más eficiente debido a que disminuyen los errores que se obtienen cuando se trata de controlar las variables manualmente, además de mantener a las mismas en el punto de control requerido.

Cambio de Formulación en la Premezcla (M1)

De acuerdo a lo establecido en las variables estudiadas y siguiendo el orden de prioridad, se tiene que la segunda variable más influyente en la mala dosificación de aditivos es la formulación inadecuada de esta premezcla, lo cual quedó demostrado en el punto 4.3 de este capítulo, donde se manifestó que con la relación existente de harina-premezcla actual y con la formulación empleada por la empresa, se estaba consiguiendo una Harina Panadera fuera de los límites de seguridad en cuanto al porcentaje de Azodicarbonamida contenida, obteniéndose los porcentajes de aditivo mostrados en la Tabla 4.1. Hay que acotar que este es un cambio que a simple vista puede parecer insignificante, sin embargo de acuerdo con el Diagrama de Pareto, se trata de un factor que influye considerablemente en una buena dosificación.

Ahora bien, si hay algo que está directamente relacionado con la premezcla M1 es el área de elaboración de premezcla, la cual se evaluó ya que allí existen factores que inciden en la elaboración de la premezcla, como inconformidades por parte del operario de esta sección, ya que no se están asegurando buenas condiciones y medio ambiente de trabajo. Alguno de estos parámetros fueron evaluados en la sección anterior, para lo que se recomienda hacer los ajustes respectivos, tales como:

- Comprar un cronómetro que asegure el tiempo de mezclado, para que este proceso por carga se lleve a cabo de forma adecuada.
- Hacerle el mantenimiento correspondiente a los equipos de esta sección.

Implementación del ME-LAB-044

La próxima variable crítica evaluada es la falta de control de procesos durante la producción, la cual figura en la cuarta posición del Diagrama de Pareto, para lo que se establece la implementación del método de laboratorio obtenido en el primer punto

evaluado de este capítulo (ME-LAB-044). Para dejar implantado este método, se debe establecer primero la importancia que éste tiene sobre la aprobación del producto final, partiendo del hecho, que actualmente este producto se aprueba sólo por pruebas funcionales en panadería. La aplicación de este análisis de laboratorio contribuye a llevar un control de la cantidad de aditivos gastados en la planta, sirviendo como un monitoreo del sistema de control propuesto y por otra parte, la más importante, es que se conoce la cantidad de Azodicarbonamida que contienen las mezclas panaderas que salen de MONACA, lo cual es de suma importancia ya que este valor debe ser manejado por las restricciones que existen sobre este aditivo, lo cual de no cumplirse o de ser comprobado que no se cumple, puede desencadenar una serie de problemas a la empresa. Para ello, se estima que se debería realizar este análisis a cada lote (caso ideal) de producción de Harina Panadera en un principio lo cual no es posible debido a la deficiencia de personal que posee el laboratorio.

Para determinar la cantidad de muestras que se deben analizar, se consideran dos factores: el primero, que se tiene una producción promedio de ocho lotes diarios de Harina Panadera y el segundo, que el tiempo de ejecución del análisis es de veintidós (22) minutos. Si se realizara un ensayo a cada muestra, se tiene que se debería invertir un tiempo de tres (3) horas aproximadamente, una carga que no puede asumir el laboratorio actualmente, por lo que se debe hacer una reducción de la cantidad de lotes al día que se les debe aplicar el análisis, llegando a la determinación de aplicar este método a solo dos lotes por día, lo que se traduce en analizar cada cuatro lotes, invirtiendo sólo cuarenta y cuatro (44) minutos al día, que es un tiempo razonable. Luego, en virtud al comportamiento del sistema y a la variación de los resultados se ve si es necesario aumentar la cantidad de lotes analizados por día. Esto, se hace en base a los resultados obtenidos, que serán llevados en un formato que se deja establecido y que puede ser apreciado en el apéndice D.3.

Por otra parte, se debe entrenar al personal que se va a encargar de desarrollar este análisis y saber cuál de los integrantes actuales del laboratorio es el indicado para el desarrollo del mismo. En este caso, la única limitante es el tiempo disponible.

Otra de las variables que resultó ser influyente, son los niveles de ADA con los cuales se recibe el Fortalecedor de Harina, para lo cual se establece la aplicación del ME-LAB-044 a dicho aditivo. Allí, de cada cien (100) lotes de Fortificador de Harina recibidos, se van a tomar veinte (20) muestras al azar, para preparar cinco (5) muestras compuestas, siendo aprobadas aquellas que al aplicarle el análisis resulten con un porcentaje de ADA aproximado de 0.718% de su masa.

Cambios en el Proceso

La última variable influyente de las estudiadas es la capacidad del mezclador, variable que sólo puede ser atacada con modificaciones en el proceso como tal; aquí es cuando entra una limitante de gran importancia como lo es el espacio disponible, por lo que es necesario saber si existe en la planta el área necesaria para realizar un cambio en el proceso (como la inclusión de un nuevo equipo). Para ello, se realizó un levantamiento del piso tres (3) de la planta, ya que en éste se encuentran los equipos fundamentales del proceso de dosificación y mezclado. En la Figura 4.8, se puede apreciar que sólo existen 39 m² destinados a la dosificación y mezclado, lo cual representa un 9.7 % del total del piso (3).

Ahora bien, de estos 39 metros cuadrados hay que acotar que no se trata de un área 100% disponible para realizar mejoras con la incorporación de nuevos equipos, ya que actualmente allí se encuentran ubicados diversos equipos (del sistema actual de dosificación) y tuberías de todo el sistema que inhabilitan ciertos espacios.

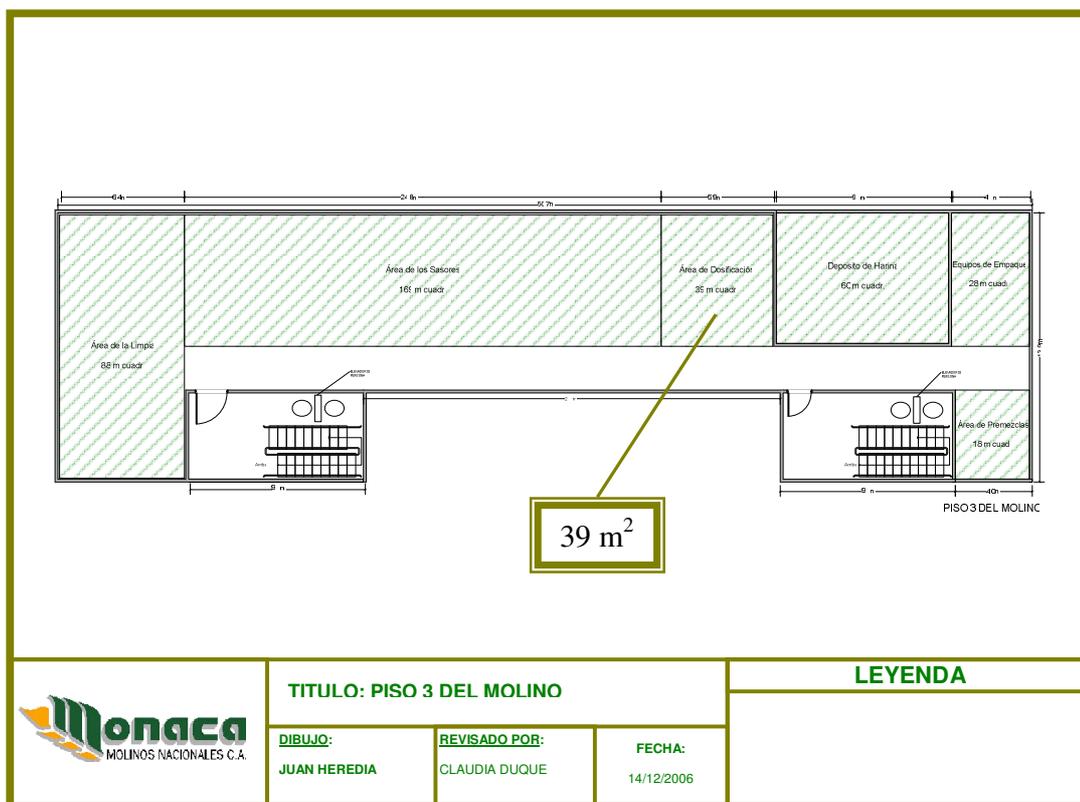


Figura 4.8. Plano de planta del piso 3.
(Elaboración Propia)

Ahora bien, del levantamiento detallado del área reflejada en el plano de la Figura 4.8, se obtiene el plano de la Figura 4.9. En este segundo plano se observa a detalle todos los elementos presentes en el área de mezclado y/o dosificación. Se observa que existen menos de 15 metros cuadrados que actualmente no se encuentran ocupados por equipos o tubería; si aunado a eso, se considera que se tiene que dejar espacio para la circulación del personal que allí labora, se tiene que menos de un 15% (ver cálculos en apéndice C.25) del área de dosificación está disponible para modificaciones, a no ser de que se elimine por completo el sistema actual, lo cual no está planteado. Por este motivo, cualquier modificación que se desee realizar debe ajustarse a la poca área disponible. Esto se observa en la Figura 4.10.

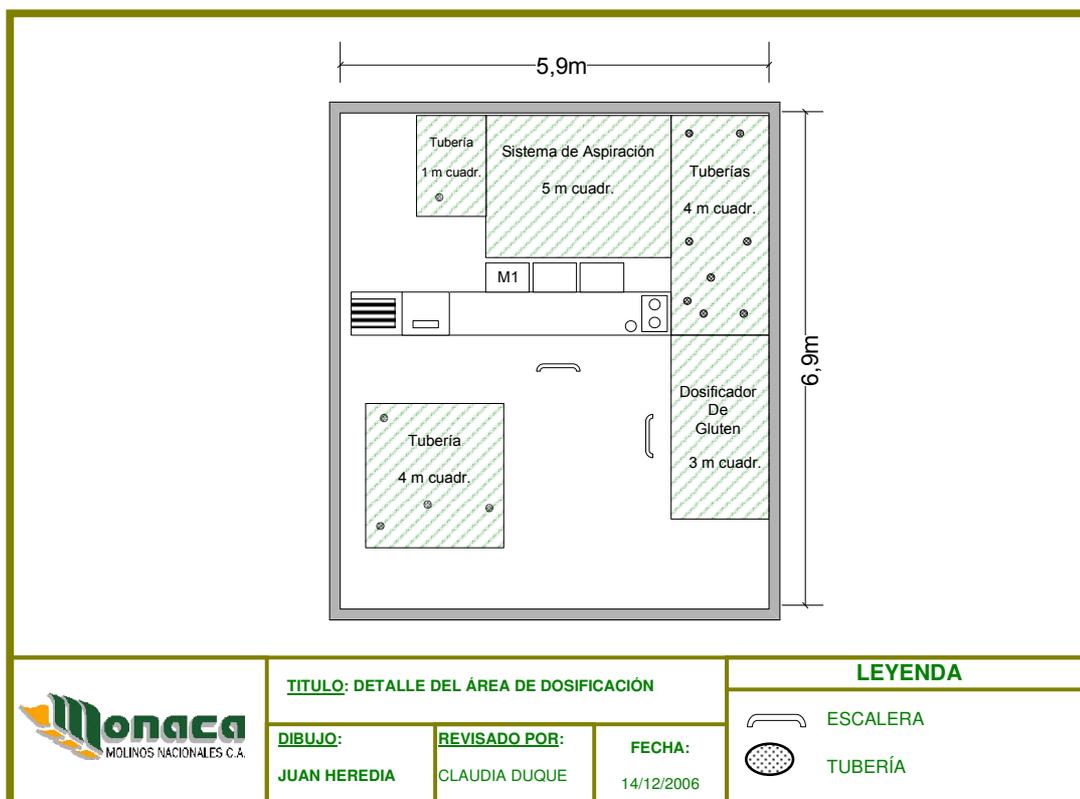


Figura 4.9. Plano del detalle del área de dosificación
(Elaboración Propia)



Figura 4.10. Área destinada a la dosificación.
(Elaboración Propia)

Debido a este inconveniente se pensó en emplear un molino coloidal después de la rosca mezcladora existente, ya que de hacer esto, se emplearía dos de los cilindros del primer piso de la planta que no se esté usando, aprovechando además el conocimiento y familiaridad que tiene el personal de la empresa con este equipo. Como se reflejó en el marco teórico este tipo de equipos se usan para producir dispersiones sumamente finas, que es lo que se está trabajando aquí.

La ventaja que se tiene es que económicamente es muy factible ya que sólo se necesitaría la inversión de instalación de 5.4 m de tubería de acero galvanizado de tres pulgadas. No se necesitan ni sistemas de transporte adicionales, pues se acoplarían al que poseía el sistema antes de esta modificación y de la balanza al molino de repaso se transporta por gravedad. Ahora bien, esta modificación y la del sistema de control se ven reflejados en el DFP modificado.

Lo que se debe considerar es la carga eléctrica, debido al alto consumo de energía. Por otra parte, para calcular la cantidad de molinos de la empresa que son necesarios para tratar todo el flujo proveniente de la balanza (BAL-01 A) se revisan los manuales de los equipos en el apéndice A.7. donde se observa que se necesitan dos cilindros para cubrir el flujo máximo de Harina Panadera alcanzado en los meses de estudio (15.3 t/h).

Una vez planteadas las mejoras al sistema, se procede a la elaboración del DFP del área que se vea modificada por la implementación de estos cambios, tomando en cuenta los equipos que estas propuestas generen como lo son el sistema de control y del uso de dos cilindros para mejorar el proceso de mezclado. Ver figura 4.11 del DFP modificado.

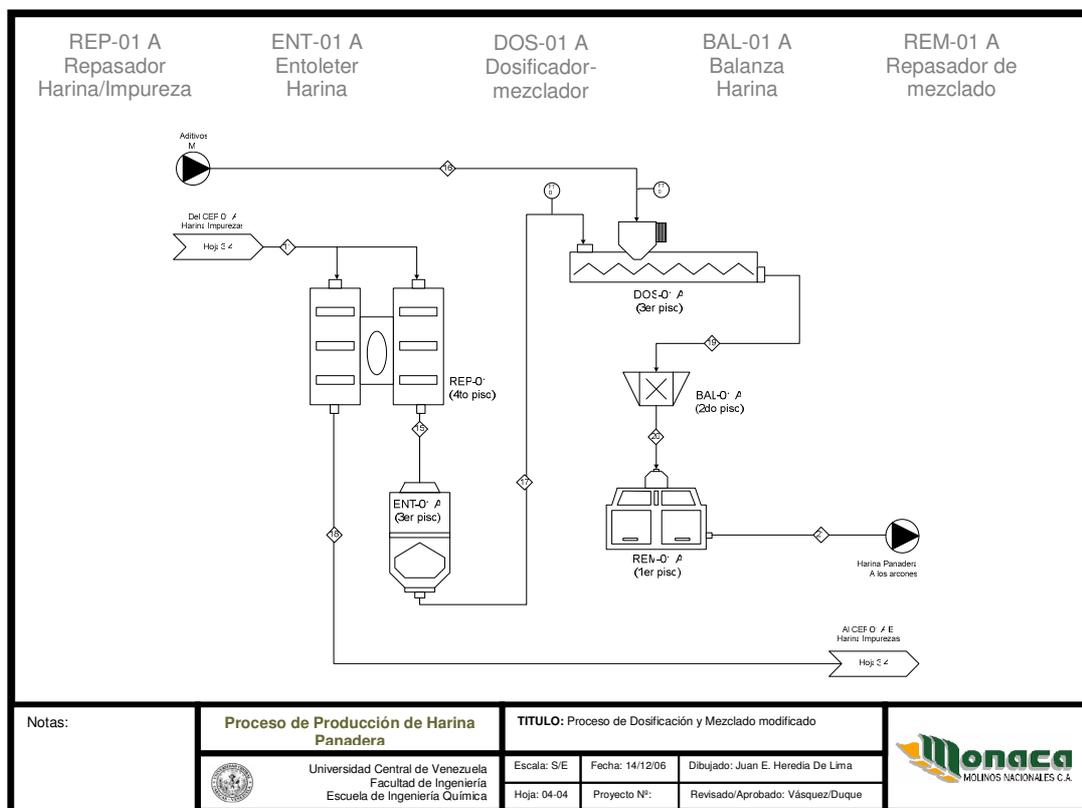


Figura 4.11. DFP modificado del proceso de Dosificación y Mezclado (Elaboración Propia)

Aquí se puede apreciar que los cambios más radicales constan de la implementación del sistema de control automatizado de procesos y la inclusión de un cilindro en el proceso de mezclado; ambos cambios en el área de Dosificación y Mezclado del proceso de molienda lo que representa sólo variaciones en la hoja 4/4.

4.9. ESTUDIO TECNICO-ECONÓMICA.

Para el cumplimiento de este objetivo, lo primero que se debe realizar es un análisis de lo que representa no hacer la inversión de mejoras propuestas en este Trabajo Especial de Grado. Para ello, se parte del hecho que al no cumplir con las restricciones impuestas por el CODEX en cuanto a la cantidad máxima permitida de

Azodicarbonamida en las harinas panaderas, MONACA corre riesgo de caer en sanciones administrativas, las cuales representarían una gran pérdida monetaria para la empresa; además se perdería el prestigio que se ha logrado hasta ahora.

Entre las sanciones establecidas por el CODEX, se tienen cierres parciales de la empresa, multas en dinero y plazos para solventar el problema presentado. Dependiendo de la gravedad del caso, se tiene por ejemplo que las suspensiones van de 3 a 10 días de cierre y que las multas dependerán de los daños ocasionados.

Si se considera que MONACA (Puerto Cabello) posee un ingreso neto de 530 millones de bolívares diarios, se tiene que por cierres parciales de la planta se estarían perdiendo de 1590 a 5300 millones de bolívares, sin incluir ni la multa, ni el dinero que se perdería en pago al personal, ya que éste seguiría percibiendo su sueldo a pesar del cierre de la planta. Además al entrar en esta sanción administrativa, MONACA se vería en la necesidad de tomar acciones correctivas para evitar llegar a sanciones más fuertes.

Por otra parte, se tiene que la inversión a realizar no alcanza ni siquiera a lo que representa un solo día de sanción (trabajando con los gruesos de los costos), que vienen representados por el sistema de control (60 millones) el cual representa el 40% del costo de un sistema de dosificación y mezclado, la tubería para la mejora del mezclado (8 millones) y por último la compra de reactivos y equipos para mejorar el ME-LAB-044 (30 millones).

Ahora bien, es recomendado realizar un estudio económico más completo, como se recomendó en la metodología, para ver la rentabilidad de las propuestas de mejoras planteadas.

Para facilitar un posible estudio económico más detallado, se dejó el orden en que se deberían ir implantando las mejoras al sistema evaluado, para así atacar el problema de la dosificación por orden de prioridad. Para ello, se establecen las siguientes consideraciones: tiempo de aplicación, inversión inicial, variables que mejoran (mezclado, dosificación) y la posibilidad de implantarse ya. Todo esto, con la finalidad de ser evaluadas en una matriz donde se reflejen cada una de las propuestas realizadas y qué soluciones aporta cada una de ellas a las variables críticas las cuales se observan en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8. Matriz de las propuestas realizadas.

(Elaboración Propia)

Propuesta	Tiempo aplicación	Inversión	Variables mejoran	Posibilidad implantarse ya
Sistema de control automático de proceso	L	A	D	N
Reformulación de la premezcla M1	C	B	D	S
Implementación del ME-LAB-044	C	B	M/D	S
Cambios en el proceso de mezclado	M	M	M'	S

En la matriz de la Tabla 4.8 se señalan una serie de parámetros los cuales deben ser definidos y darles un valor numérico con la finalidad de poder realizar una ponderación global de cada propuesta. El significado de cada sigla y su valor se observan en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9. Significado y ponderación de las variables de la matriz.
(Elaboración Propia)

Sigla de la matriz	Significado	Ponderación
L	Largo	1
C	Corto	3
M	Medio	2
A	Alto	1
B	Bajo	3
D	Dosificado	3
M'	Mezclado	3
S	Si	3
N	No	1

Ahora de la conversión de la matriz presentada en la Tabla 4.8, con los valores de la Tabla 4.9, se obtiene la ponderación de cada una de las propuestas realizadas, lo que se puede apreciar en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10. Matriz con los resultados
(Elaboración Propia)

Propuesta	Tiempo	Inversión	VARIABLES	Implement YA	TOTAL
Sistema de control automático de proceso	1	1	3	1	6
Reformulación de la premezcla M1	3	3	3	3	12
Implementación del ME-LAB-044	3	3	6	3	15
Cambios en el proceso de mezclado	2	2	3	3	10

En esta tabla se puede apreciar que el orden de ser aplicadas las mejoras propuestas es el siguiente:

1. Aplicación del ME-LAB-044.
2. Reformulación del M1.
3. Cambios en el proceso de mezclado.
4. Sistema automatizado de control.

De acuerdo con los resultados, prácticamente las dos primeras propuestas se deberían aplicar casi simultáneamente, debido a la facilidad que tienen las mismas en cuanto a la inversión, tiempo de aplicación y conocimiento completo de las herramientas necesarias para su aplicación. Ahora bien, en el caso de la propuesta de cambios en el sistema de mezclado ésta necesita mayor inversión y su aplicación no es tan sencilla, como las dos anteriores. Y la última de las propuestas es la implementación de un sistema automático de control, lo que resultó ser contradictorio debido a que fue la propuesta que nació de las variables que se consideraron de mayor importancia en el Diagrama de Pareto, esto se debe a que el costo de esta inversión resulta ser el más elevado de las propuestas realizadas, además amerita un mayor desarrollo en la investigación, lo que dificulta su rápida aplicación.

Es importante señalar que absolutamente todas estas propuestas se deberían aplicar para obtener un sistema confiable ya que todas tienen la misma importancia y repercusión sobre el sistema. Esta selección se hace sólo con la intención de ayudar a MONACA a establecer el orden en que las mejoras se deben ir realizando ya que como es razonable, no se pueden hacer todas las mejoras a la vez ya que esto ocasionaría un caos en la producción de la empresa.

4.10 EVALUACIÓN COMPARATIVA

Aditivos

Para la evaluación comparativa de los aditivos gastados, se van a emplear los datos de que proporciona el Departamento del Molino para los meses de estudio (enero-julio 2006), los cuales ya han sido empleados en esta discusión. Por otra parte, para comprender la importancia que tienen los aditivos, se va a traducir el gasto de cantidades a dinero, donde se podrá darle un carácter, que a la empresa impacte de forma más contundente. En la Tabla 4.11 se muestran los valores reales (suministrado por el Departamento de Molino) y los valores teóricos.

Tabla 4.11. Aditivos gastados Vs. Aditivos teóricos.

(Elaboración Propia)

Mes	Carga neta de Harina Panadera (t)	Aditivos gastados (Kg.)	Aditivos teóricos (Kg.)	Diferencia Aditivos (Kg.)
Enero	8220.0	20762.1	20550,0	212.1
Febrero	5642.0	14153.4	14105,0	48.4
Marzo	9380.0	22930.8	23450,0	(519.2)
Abril	6528.0	16803.1	16320,0	483.1
Mayo	7503.0	18074.7	18757,5	(682.8)
Junio	7688.0	18881.7	19220,0	(338.3)
Julio	8241.0	20338.8	20602,5	(263.7)

En la Tabla 4.11 se puede observar que la dosificación teórica en promedio fue negativa, es decir, que se dosificó menos de la cantidad de aditivos que la requerida, lo cual no sirve para un ejemplo representativo de la comparación que se quiere realizar, ya que esto acarrea pérdidas desde otro punto de vista (producto terminado),

el cual es evaluado más adelante. Debido a esta situación, se estableció una comparación con el mes de abril, mes en el que se tuvo un gasto considerablemente superior al teórico, ya que en él se puede representar los gastos que ocasiona dosificar mal cuando es por exceso de aditivos. Para el caso particular del mes estudiado, se dosificó 483.1 Kg. más de aditivos, masa la cual multiplicada por sus porcentajes de masa según la formulación vigente en la planta y la formulación del M1 propuesta se tienen los siguientes gastos de aditivos individuales, los cuales son mostrados en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Cantidad gastada de aditivos.

(Elaboración Propia)

Aditivo	Cantidad real gastada (Kg.)	Gastaría (reformulación) (Kg.)
Enzimas	4.83	4.83
Fortalecedor de harina	212.55	212.55
Estabilizante/Emulsionante	162.31	162.31
Fosfato tricalcico	9.66	9.66
Azodicarbonamida 99%	10.14	6.19
Harina sin tratamiento (base)	83.57	87.58

Ahora bien, al multiplicar estos valores por los costos de los aditivos mostrados en la tabla 4.13, se obtiene el costo adicional que se tuvo el mes de abril sólo por no dosificar de forma adecuada la premezcla M1, pérdidas que se aproximan a los diez millones de bolívares, (Tabla 4.14). Otra de las cosas que se puede observar en la Tabla 4.14, es que la modificación de la formulación propuesta no afecta económicamente, más bien se obtiene un saldo positivo, que aunque éste sea despreciable, ya que no es representativo para la cantidad de la que se está hablando, refleja que no se va a perder dinero por la reformulación. Para el caso específico de este ejemplo, cuando se calculan las pérdidas que hubiese ocasionado esta mala

dosificación si la formulación del M1 fuera la propuesta, éstas dan menores en casi 7.000,00 mil bolívares, que como se dijo ya no es representativo, pero con esto se demuestra que no se va a tener pérdida alguna empleando la reformulación establecida.

Tabla 4.13. Costos de los Aditivos.

(Elaboración Propia)

Aditivo	Costos (Bs/Kg.)
Enzimas	6,728.13
Fortalecedor de harina	17,302.91
Estabilizante/Emulsionante	36,149.11
Fosfato tricálcico	3,469.44
Azodicarbonamida 99%	17,757.51
Harina sin tratamiento (base)	600.00

Tabla 4.14. Pérdidas por exceso de aditivos mes de abril.

(Elaboración Propia)

Aditivo	Pérdidas reales (Bs.)	Pérdidas con la reformulación (Bs.)
Enzimas	50.142,87	52.548,57
Fortalecedor de harina	3.677.762,59	3.677.762,59
Estabilizante/Emulsionante	180.141,27	171.563,12
Fosfato tricálcico	32.501,71	32.501,71
Azodicarbonamida 99%	33.519,79	33.519,79
Harina sin tratamiento (base)	5.867.441,28	5.867.441,28
	9.841.509,52	9.835.337,06

Confiabilidad

Para el caso de la confiabilidad, no se puede establecer una comparación cuantitativa. En este punto, se parte del hecho de que la planta actualmente no puede, en sus reuniones de calidad, hablar de algún valor de ADA agregado en la mezcla panadera. Actualmente, la planta cuenta con indicadores de los aditivos consumidos por día, lo cual no refleja directamente la cantidad de ADA consumida, ya que: la cantidad de ADA en la premezcla M1 no es siempre la misma, no consideran el hecho de que el Fortalecedor posee una cantidad de ADA, el sistema dosificador no opera adecuadamente, entre otros. En general, era una incertidumbre el valor de Azodicarbonamida que contenía el producto final, siendo este un valor que acarrea grandes responsabilidades por el carácter cancerígeno de este aditivo.

Producto de las mejoras en el sistema de dosificación y mezclado propuestas y producto del análisis de laboratorio establecido, se puede llevar un control estricto en la producción de Harina Panadera, permitiendo esto generar seguridad y tranquilidad en lo que a la adición de ADA se refiere, lo cual representa el punto más crítico en cuanto a cumplimiento de normas, es decir, que la implantación de estas mejoras garantiza que la Harina Panadera no estará fuera de los parámetros establecidos y por ende tampoco será nocivo para los consumidores.

Producto Terminado

Para el caso en particular del producto terminado, como se mencionó en la metodología, este punto se evaluó el producto terminado, con datos reportados por el departamento de la panadería, pero antes para ver el impacto de una inadecuada dosificación sobre el producto se realizaron muestras aisladas de la harina sin tratamiento con diferentes cantidades de aditivos, es decir, alterando la relación establecida por la empresa.

La prueba se realizó tomando 3 muestras de 500g de Harina Panadera sin tratamiento y se les añadió M1 en las proporciones mostradas en la Tabla 4.15. Estas muestras fueron preparadas con la cantidad específica de agua, levadura y sal indicadas por la panadería. Luego se obtiene una mezcla, a la cual se le tomó la temperatura y se procede al proceso de boleado. Una vez realizado esto, las muestras fueron llevadas a los gabinetes de fermentación por unos 20 minutos, se sacan y se procede a la elaboración del pan. De aquí van de nuevo a fermentación para luego ser horneados por 20 minutos a una temperatura de 400 °F. Durante este proceso se apreciaron la acción de masa, apariencia física, elasticidad y dureza, entre otros. Al finalizar se realizaron chequeos de volumen, apariencia y panes cerrados (parámetro evaluado en el Departamento de Panadería que determina cuando un pan no crece) obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 4.16.

Tabla 4.15. Prueba de panificación.
(Elaboración Propia)

Muestras	Cantidad de M1 (g)	Dosificación que representa (g/100kg harina)
Patrón	1,25	250
Defecto	0,2	40
Exceso	2,0	400

Masa de las muestras: 500g

Tabla 4.16. Resultados de la panificación de pan francés.

(Elaboración Propia)

Muestra	Volumen (cm ³)	Panes cerrados	Apariencia
1	3100	2	Mejor STD
2	2450	8	Inferior STD
3	2550	8	Inferior STD

Para el caso de la muestra patrón o muestra (1) se obtuvo un resultado igual que el estándar; la muestra 2 resultó una masa suave y elástica debido a su poca cantidad de M1 y por último la muestra 3 tuvo en acción de masa corta (se rompía al tratarla de estirar), gomosa y débil para el momento de hacer los panes, esto se debe al exceso de aditivo que hace que la masa se rompa.

Luego de la segunda fermentación y, antes del horneado se notó que la muestra 2 presentaba unos panes suaves y largos (por esa misma suavidad) y la muestra 3 presentó unos panes bastante deformes. Ver Figura 4.12.

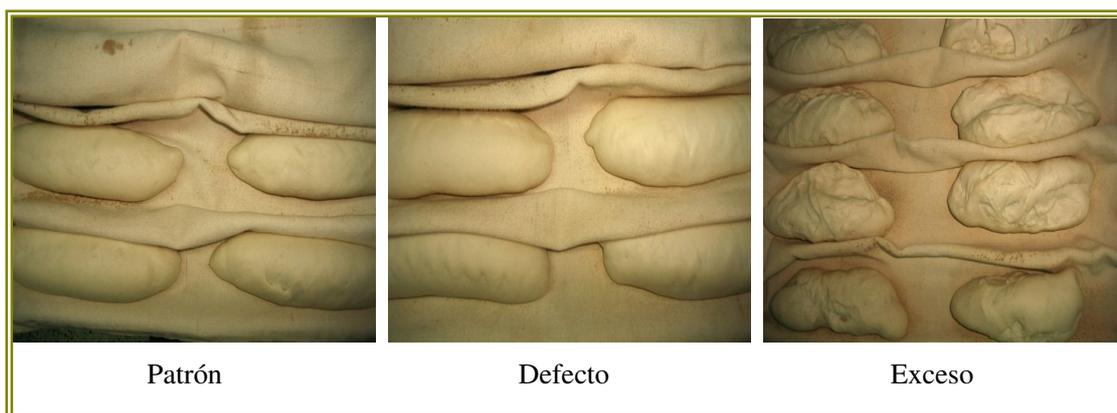


Figura 4.12. Aspecto de los panes después de la fermentación.

(Elaboración Propia)

Después del horneado se evidenció lo ya apreciado después de la fermentación. En la Figura 4.13, se observa claramente que los panes 2 y 3 no abrieron, que el 3 tiene una forma poco común, mientras que al que se le agregó la cantidad de aditivos apropiada (muestra patrón), posee una forma regular.

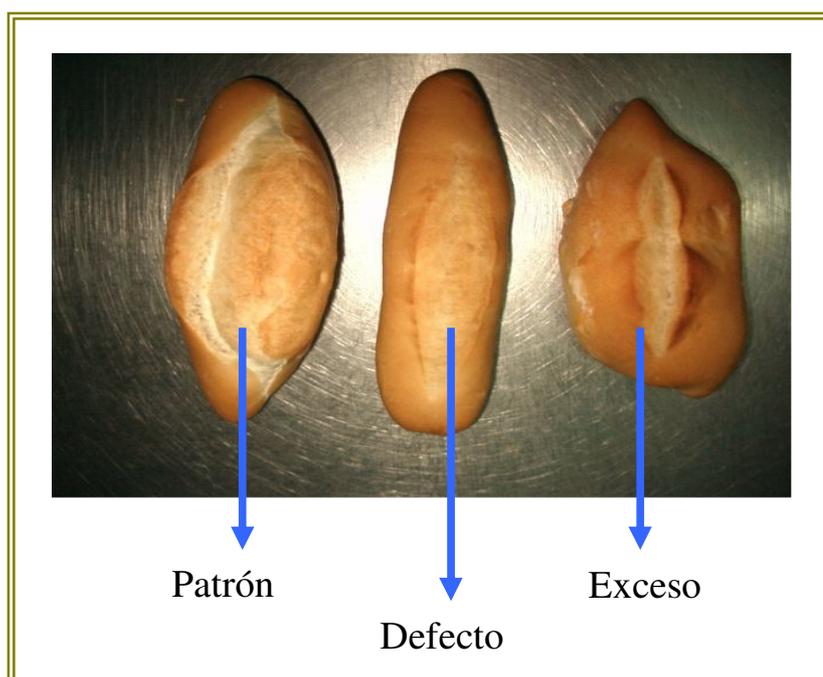


Figura 4.13. Aspecto final de los panes.
(Elaboración Propia)

Con respecto al volumen, se tiene que la base de las harinas panificadas es 3100 cm³ (valor presentado por la muestra patrón), el cual no fue alcanzado por las muestras 2 y 3. Con esto se demuestra que los aditivos adicionados a la Harina Panadera, tienen efecto sobre el proceso de la panificación y que si la dosificación se encuentra fuera de estándares se obtienen panes de mala calidad.

Una vez evidenciado lo que puede ocasionar una mala dosificación en el producto final (pan), se procedió a la toma de datos de los registros de la panadería en los cuales se evaluaron los parámetros de volumen de pan y panes cerrados, desde enero

hasta julio de 2006 (ver datos en apéndice B.11), de los cuales se obtuvieron los gráficos 4.10 y 4.11.

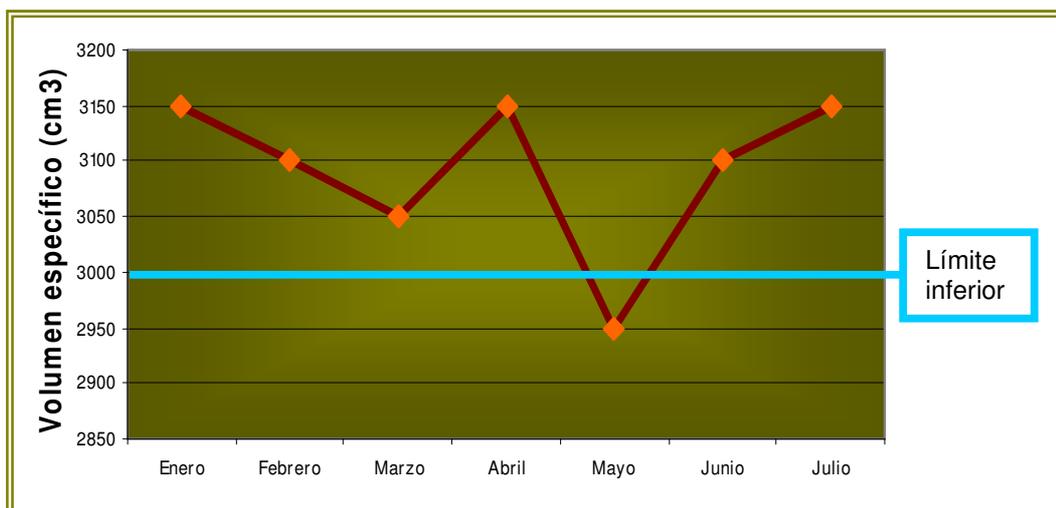


Gráfico 4.10. Valores críticos de volumen de pan presentados en la panificación (Período enero-julio 2006). (Elaboración Propia)

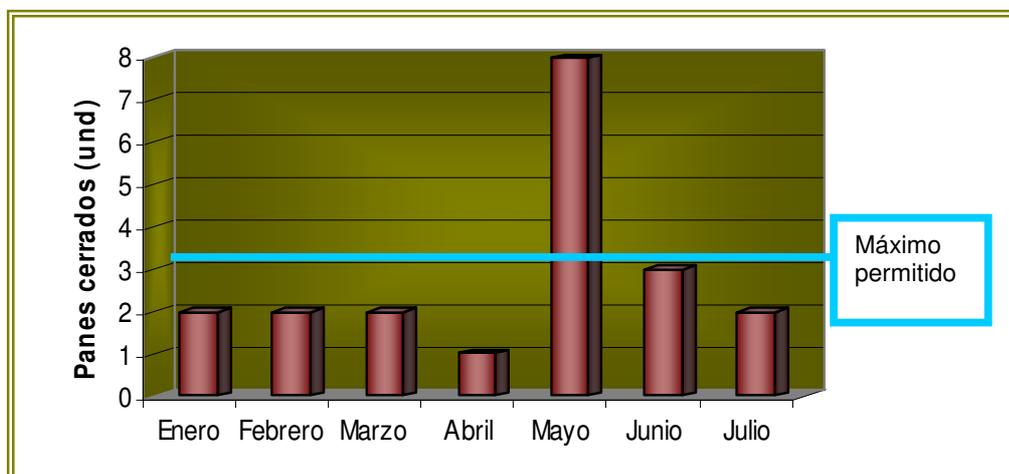


Gráfico 4.11. Valores críticos de panes cerrados presentados en la panificación (Período enero-julio 2006). (Elaboración Propia)

En el Gráfico 4.10 se puede apreciar que para el mes de mayo se tiene un punto crítico en cuanto al volumen del pan, que corresponde con una mala dosificación del

M1 o premezcla, lo cual se puede corroborar observando el Gráfico 4.8 de flujo de harina sin tratamiento Vs. M1, en donde se aprecia un pico de aumento en el flujo de harina sin cambio significativo del flujo de M1.

Ahora bien, producto de ese mismo pico de dosificación presentado el mes de mayo se produjo una cantidad de panes cerrados no apta para ser aprobada la harina, ya que rebasó el límite superior en cinco puntos, casi triplicando el valor estándar. Cabe resaltar que los datos de puntos críticos en las dos últimas gráficas son correspondientes al mismo día.

En este punto, se está en la capacidad de establecer la comparación con bases en los estudios realizados, indicando que la mala dosificación produce pérdidas de producto, lo que se traduce en pérdidas monetarias para la empresa, en el sentido de que al estar mal dosificada la Harina Panadera pueden llevar al producto a condiciones de no aprobación, siendo rechazados. Claro está, este producto no se pierde del todo, puesto que es reprocesado para llevarlo a sus puntos estándares de aprobación, pero ello implica gastos de reprocesamiento que aumentan directamente el costo de producción. Esto no ocurriría si se controlara el sistema de dosificación como se plantea en este Trabajo Especial de Grado, manteniéndose así los valores estándar como los mostrados entre los meses de enero a abril de los gráficos 4.10 y 4.11.

**CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación se presentan las conclusiones más resaltantes durante el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado, así como las recomendaciones que permiten mejorar las condiciones actuales de operación.

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis de laboratorio obtenido para la determinación de ADA en las Harina Panadera (ME-LAB-044), es confiable y posee una desviación estándar tan sólo de 0.049.
- La única fuente de Azodicarbonamida (distinta del ADA mix 99%) es el Fortalecedor de Harina, el cual posee una concentración promedio de 0.718% de su masa.
- La cantidad de ADA dosificada a la Harina Panadera actualmente es 15 ppm. superior a la permitida.
- Se disminuyó en 29.5% la cantidad anteriormente añadida de ADA a la premezcla.
- Se determinó que el cambio de la dosificación no era paralelo al cambio en la carga de harina.
- Las variables críticas que causan influencia sobre la dosificación de aditivo a la harina panadera son la ausencia de sistemas de control, mala formulación de la premezcla, la variación indistinta de los flujos, falta de mecanismos de control durante la dosificación, variaciones en la materia prima y la capacidad del mezclador.

- Se requiere la implantación de un Sistema de Control Automático para la dosificación del M1.
- Se requiere implementar el ME-LAB-044 a cada cuatro lotes de producción de harina panadera.
- Se demostró que es recomendable efectuar la inversión, ya que de no realizarse, las pérdidas ocasionadas por las sanciones son superiores en más de 1000% en el caso de aplicarse la menor de las sanciones.
- Todas las comparaciones realizadas resultaron favorables desde todo punto de vista.

5.2. RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las recomendaciones relacionadas con el sistema de dosificación y mezclado de la empresa MONACA resultantes del estudio realizado durante el período junio 2006 – febrero 2007:

- Adquirir equipos para mejorar la eficiencia del análisis de laboratorio y así disminuir el tiempo de ejecución del método, tales como termómetro digital, chaqueta de enfriamiento y agitador magnético.
- Realizar periódicamente una revisión de la calibración de los equipos que forman parte del sistema de dosificación de aditivos a la harina panadera, tales como las máquinas dosificadoras, balanzas, entre otros.
- Considerar el impacto en la vida útil de la Harina Panadera, que ocasionaría el calentamiento de este producto, al pasar por el molino coloidal empleado como repasador del mezclado.
- Realizar el mantenimiento mecánico continuo de todos los equipos que forman parte del sistema.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

- Actualizar los procedimientos ante cambios o modificaciones en el proceso, o en las condiciones impuestas sobre el uso del ADA, para este caso en particular.
- Colocar un medidor de flujo para la harina que entra al sistema de dosificación y mezclado para así evaluar la dinámica del sistema para prevenir posibles fallas que pudieran presentarse, incluso después de haberse instalado el sistema de control.
- No dejar el trabajo de preparación de premezcla a una sola persona, de manera tal que ésta no se vea expuesta de forma continua a altas concentraciones de ADA, lo cual pudiera ocasionar daños irreversibles en su salud.
- Suministrar implementos de protección a todo personal que este involucrado con la premezcla o aquellas personas que tengan contacto directo con el ADA, como es el caso del receptor de materia prima.
- Acondicionar el área de preparación de la premezcla, ya que la misma carece de sistemas de ventilación, lo cual agrava la exposición del operario de esta sección a todos aquellos aditivos nocivos para la salud.
- Capacitar y educar a todos el personal involucrado en el proceso de dosificación, tanto a nivel del Laboratorio como en el Departamento de Molino, para que conozcan las propuestas aquí realizadas.
- Divulgar esta evaluación entre el personal del molino y todos los departamentos encargados del aseguramiento de la calidad para que pueda servir de ayuda a investigaciones futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **AMERICAN INSTITUTE OF BEAK** Research and Education. Maniatan 1919.
2. **ASSOCIATION OF OPERATIVE MILLERS** (2000). Curso de molinería por correspondencia.
3. **BIOQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS**. (Online). Disponible en <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/tema22.html> [Consulta: 2006, octubre 13]
4. BLANCO B. **GUÍA DE CONTROL DE PROCESOS**. Escuela de Ingeniería Química. Universidad Central de Venezuela. Control de Procesos. Caracas – Venezuela 1999.
5. CASTILLO JORGE. **INTRODUCCIÓN AL MEZCLADO** (2006). (Online). Disponible en <http://www.monografias.com> [Consulta: 2006, septiembre 16]
6. CORRIPIO, ARMANDO Y SMITH, CARLOS. **CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESO, TEORÍA Y PRÁCTICA**. Editorial. Limusa. México, 1991.
7. COUNSELL, J. **VITAMINS AS FOOD ADDITIVES**. Editorial Berry Ottaway, Blackie Academic & Professional. Glasgow. 1993.
8. **CURSO DE MOLINERÍA**, Unidad I Lección 11, 1995.

9. DE GARMO. **INGENIERÍA ECONÓMICA**. Décima Edición. Prentice Hall. México 1997.
10. FELDER, ROUSSEAU. **PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS PROCESOS QUÍMICOS**. Tercera Edición. Editorial Limusa. 2003.
11. FIGUEREDO y VÁSQUEZ. Trabajo Especial de Grado titulado “**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS PARA LA HARINA PANADERA EN UNA EMPRESA MOLINERA**” Universidad de Carabobo. Valencia – Venezuela 2004.
12. GÓMEZ E., RACHADELL F. **MANEJO DE MATERIALES**. Guía de la Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Métodos. Edición 2004.
13. GRABITECH. **PROCESS OPTIMIZATION**, [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.grabitech.com/optimization.htm>. [Consulta: 2006, julio, 01].
14. GUTIÉRREZ G., DE LA VARA R. **CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SUS SIGMA**. Primera Edición. McGraw Hill. 2004.
15. HENRICH BÜSKENS “**LIBRO CURSO PROFESIONAL DE REPOSTERÍA ALEMANA**”, La Gran Enciclopedia para la civilización de la imagen, Fascículo N°4, Editorial Hyspamerica, 1982.
16. HOWTHORN, JONH. **FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS**. Editorial Acribia. Zaragoza España 1983.

17. LUGO. Trabajo Especial de Grado titulado “**DESARROLLO DE UN MODELO DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS PARA EL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS DE LA HARINA DE TRIGO LEUDANTE**” Universidad de Carabobo. Valencia – Venezuela 2003.
18. MACMASTERS M. **CEREAL LABORATORY METHODS** Publicado por AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, INC. Séptima Edición. USA 1962.
19. MATOS H y NÚÑEZ D. Trabajo Especial de Grado titulado “**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE LA SECCIÓN DE MOLIENDA EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN DE HARINA PANADERA DE MOLINOS NACIONALES C.A.**” Universidad de Carabobo. Valencia – Venezuela 2006.
20. **MOLINERÍA Y PANADERÍA DIGITAL** (2003). (Online). Disponible en <http://www.molineriaypanaderiadigital.com>. [Consulta: 2006, Agosto 15]
21. **MOLINOS MATILDE** (2006). (Online). Disponible en <http://www.molinosmatilde.com> [Consulta: 2006, septiembre 26]
22. **MOLINOS NACIONALES, C.A.** (2006). **MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD DEL TRIGO**. Departamento de Control de Calidad (Laboratorio).
23. **NORMAS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE TRIGO**. Norma 217-2001. Comisión Venezolana De Normas Industriales (COVENIN).
24. OROPEZA L., BLANCO B. **DESARROLLO DE PROYECTOS DE PROCESOS QUÍMICOS**. Procesos Químicos. EIQ-UCV. Caracas 2004.

25. PEREZ M. **DIAGRAMA DE PARETO** (Online). Disponible en <http://www.gestiopolis.com>. [Consulta: 2006, Noviembre 12]
26. PERRY, R. **MANUAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**. Editorial McGraw - Hill Volumen 2 y 4. México 1995.
27. RAMÍREZ M., ZAMORA V. **“FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA BLANQUEADORA DE AFRECHO DE TRIGO”** 2004.
28. RAMOS A. **INGENIERÍA ECONÓMICA**. EIQUCV, Edición semestre 3-2004.
29. RAMOS. Trabajo Especial de Grado titulado **“EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INCIDEN EN LA DESVIACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE LA HARINA DE TRIGO PARA PANIFICACIÓN”** Universidad de Carabobo. Valencia – Venezuela 2003.
30. RUDD, D.F. y WATSON C.C, **ESTRATEGIA EN INGENIERÍA DE PROCESOS**, USA, Editorial Alhambra Universidad, 1982.
31. SALVADOR B. **QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS** Editorial Pearson. Cuarta edición. México 2006.
32. **TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN PARA ENSEÑANZAS BÁSICAS Y MEDIAS**. (Online). Disponible en <http://www.eduteka.com>. [Consulta: 2006, Noviembre 04]

Apéndice A.1. Normas CODEX para la harina de trigo

CODEX STAN 152

Página 1 de 7

NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE TRIGO
CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1 - 1995)

El Apéndice de esta norma contiene disposiciones que no habrán de aplicarse conforme al sentido de las disposiciones sobre aceptación que figuran en la sección 4.A I) b) de los Principios Generales del Codex Alimentarius.

1. **AMBITO DE APLICACION**

1.1 La presente Norma se aplica a la harina de trigo para el consumo humano, elaborada con trigo común, *Triticum aestivum* L. o con trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos, que ha sido preenvasada y está lista para la venta al consumidor o está destinada para utilizarla en la elaboración de otros productos alimenticios.

1.2 No se aplica:

- a ningún producto elaborado con trigo duro, *Triticum durum* Desf., solamente o en combinación con otros trigos;
- a la harina integral, a la harina o sémola de trigo entero, a la harina fina de trigo común *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos;
- a la harina de trigo destinada a utilizarse como aditivo en la elaboración de la cerveza o para la elaboración del almidón y/o el gluten;
- a la harina de trigo destinada a la industria no alimentaria;
- a las harinas cuyo contenido de proteínas se haya reducido o a las que, después del proceso de molienda, hayan sido sometidas a un tratamiento especial que no sea el de secado o blanqueado, y/o a las cuales se les hayan agregado otros ingredientes distintos de los mencionados en las secciones 3.2.2 y 4.

2. **DESCRIPCION**

2.1 **Definición del producto**

Por harina de trigo se entiende el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura.

3. **COMPOSICION ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD**

3.1 **Factores de calidad - generales**

3.1.1 La harina de trigo, así como todos los ingredientes que se agreguen, deberán ser inocuos y apropiados para el consumo humano.

3.1.2 La harina de trigo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.

3.1.3 La harina de trigo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos

3.2 **Factores de calidad - específicos**

3.2.1 **Contenido de humedad** **15,5% m/m máximo**

Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

3.2.2 **Ingredientes facultativos**

Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:

- productos malteados con actividad enzimática, fabricado con trigo, centeno o cebada;
- gluten vital de trigo;
- harina de soja y harina de leguminosas.

4. **ADITIVOS ALIMENTARIOS** Nivel máximo en el producto terminado

4.1 **Enzimas**

4.1.1 Amilasa fúngica de *Aspergillus niger* BPF

4.1.2 Amilasa fúngica de *Aspergillus oryzae* BPF

4.1.3 Enzima proteolítica de *Bacillus subtilis* BPF

4.1.4 Enzima proteolítica de *Aspergillus oryzae* BPF

4.2 **Agentes para el tratamiento de las harinas**

Nivel máximo en el producto terminado

4.2.1 Acido ascórbico L. y sus sales de sodio y potasio 300 mg/kg

4.2.2 Hidrocloruro de L.-cisteína 90 mg/kg

4.2.3 Dióxido de azufre (en harinas utilizadas únicamente para la fabricación de bizcochos y pastas) 200 mg/kg

4.2.4 Fosfato monocálcico 2500 mg/kg

4.2.5 Lecitina 2000 mg/kg

4.2.6 Cloro 2500 mg/kg en tortas de alto porcentaje

4.2.7	Dióxido de cloro	30 mg/kg para productos de panadería crecidos con levadura
4.2.8	Peróxido benzoílico	60 mg/kg
4.2.9	Azodicarbonamida	45 mg/kg para pan con levadura

5. CONTAMINANTES

5.1 Metales pesados

La Harina de trigo deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

5.2 Residuos de plaguicidas

La harina de trigo se deberá ajustar a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

5.3 Micotoxinas

La harina de trigo deberá ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

6. HIGIENE

6.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de esta Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional de Prácticas Recomendado - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969, Rev. 2-1985, Codex Alimentarius Volumen 1B) y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.

6.2 En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.

6.3 Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:

- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y
- no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

7. ENVASADO

7.1 La harina de trigo deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

Apéndice A.2. Ficha de Seguridad del ADA

Fichas Internacionales de Seguridad Química

C,C'-AZODI(FORMAMIDA)

ICSC: 0380

<p>C,C'-AZODI(FORMAMIDA) Azodicarbonamida 1,1'-Azobisformamida $C_2H_4N_4O_2/NH_2CON=NCONH_2$ Masa molecular: 116.1</p> <p>Nº CAS 123-77-3 Nº RTECS LQ1040000 Nº ICSC 0380 Nº NU 3242</p>			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Espuma, polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	
• INHALACION	Tos, dolor de cabeza, sudoración, fatiga, jadeo, dolor de garganta, sibilancia, calambres.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Enrojecimiento.	Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.

• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca, dar a beber agua abundante, reposo y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).		Clasificación de Peligros NU: 4.1 Grupo de Envasado NU: II	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0380		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

C,C'-AZODI(FORMAMIDA)

ICSC: 0380

D	ESTADO FISICO; ASPECTO Cristales rojo anaranjados o polvo amarillo.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol.
A		
T	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.
O		
S	PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder, produciendo humos tóxicos de óxidos de nitrógeno.	
I		EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION

M P O R T A N T E S	<p>LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación del polvo puede originar reacciones asmáticas (véanse Notas). El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La inhalación prolongada o repetida puede originar asma.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de fusión (se descompone): 225°C Solubilidad en agua: Ninguna. Densidad relativa (agua = 1): 1.65</p>
DATOS AMBIENTALES	
NOTAS	
<p>Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Toda persona que haya mostrado síntomas de asma, no debe entrar en contacto con esta sustancia. Nombres Comerciales: Genitron AC, Kempore 125, Porofor LK1074, Unifoam AZ.</p>	
INFORMACION ADICIONAL	
<p>FISQ: 5-025 C,C'-AZODI(FORMAMIDA)</p>	
<p>ICSC: 0380 C,C'-AZODI(FORMAMIDA)</p> <p>© CCE, IPCS, 1994</p>	
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).</p>

Apêndice A.3. Ficha técnica del Emulsificante.

DANISCO

PANODAN G 80 – 20 FM DATEM

Quantidade líquido	Número do material	Número lote	Data de fabricação	Válido até
20,0 KG	511324	1020368046	18 Fev. 2006	12 Ago. 2007

Esquecer ao abrir da luz em local seco e fresco, recomenda-se máximo 30°C e máx. 80% de umidade relativa.

BR – 13052: ESTABILIZANTE PARA FINS ALIMENTÍCIOS
 INGREDIENTES: estabilizante diacetil tartarato de mono e diglicéridos e antiumedecantes carbonatado de cálcio e dióxido de silício.
 MODO DE USO: Nos alimentos estabelecidos pela Resolução 04/88 – CNS/MS e demais regulamentos. Conforme Decreto No. : 986/69 art. 54 e Decreto No. : 55.871/65 art. 23.
 " Produto destinado a exportação, não podendo ser vendido no território nacional" #

B – 003 GZPBS PT 20/97/45 18022006 0082 of 00280

Produzido no Brasil – Danisco Brasil LTDA., Rua João de Abreu, 166 – Cep 19200 – 000/Pirapozinho – SP Brasil
 C. N. P. J. 46.278.016/0002 – 42 – INSCR. EST. 541.007.281.110 – Indústria Brasileira.

Apéndice A.4. Ficha técnica del Fortalecedor de Harina.

Descripción:
Fortalecedor de harinas.
Mejora las características de las harinas en las diferentes aplicaciones que se hagan durante la elaboración del pan.

Dosis recomendada:
0.1% base harina

Conservación:
Almacene en un lugar fresco y seco

Vida útil:
1 año a partir de su fecha de fabricación

Ingredientes:
Carbonato de calcio, complejo enzimático, ácido ascórbico y ADA

Modo de empleo:
Agregar directamente a la harina

Saf Mill®
H502
Fortalecedor de harinas


SAF MEX

Km. 57.5 Carr. México-Toluca, Toluca, Edo. de México
50200 MEXICO
Tels. 01(722)216 56 00 01(722)211 98 78



PESO NETO 25 Kg.

Apéndice A.5. Ficha técnica del Fosfato Tricálcico.

Anti cáries
Granofos FTC

Granofos **FICHA TÉCNICA** Mayo 2005

PRODUCTO	Fosfato Tricálcico, Grado Alimenticio purificado.								
FORMULA	10 CaO. 3P ₂ O ₅ H ₂ O								
PESO MOLECULAR	1004,7 g/mol								
DESCRIPCION	Polvo de color blanco.								
APLICACIÓN	Es utilizado como aporte de calcio en productos alimenticios.								
ESPECIFICACIONES TECNICAS	<table border="0"> <tr> <td>Calcio:</td> <td>: 34 % Min.</td> </tr> <tr> <td>Plomo (Pb):</td> <td>: 0,0001 %</td> </tr> <tr> <td>Arsénico (As):</td> <td>: 0,0003 %</td> </tr> <tr> <td>Granulometría Ret. 75µ</td> <td>: 10,0 % máx.</td> </tr> </table>	Calcio:	: 34 % Min.	Plomo (Pb):	: 0,0001 %	Arsénico (As):	: 0,0003 %	Granulometría Ret. 75µ	: 10,0 % máx.
Calcio:	: 34 % Min.								
Plomo (Pb):	: 0,0001 %								
Arsénico (As):	: 0,0003 %								
Granulometría Ret. 75µ	: 10,0 % máx.								
ENVASE	25 Kilos Netos, Bolsa e Polietileno e 200 µ.								
PRECAUCIONES	<ul style="list-style-type: none"> •Mantener envases cerrados en lugar fresco y seco. •Proteger de la luz y humedad. 								



El Rosal 4644, Huechuraba, Santiago Chile Tel: (56-2) 7400123



Apéndice A.6. Ficha técnica de la Enzima.

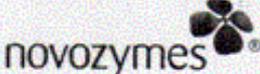
Granozyme PE *Panadería*

Mayo 2005

PRODUCTO	GRANOZYME PE "Enzima pentosanasa".
DESCRIPCIÓN	Es una enzima endo-1,4 betaxilanas (pentosanasa) purificada de <i>Thermomyces lanuginosus</i> producida mediante fermentación sumergida de un microorganismo <i>Aspergillus oryzae</i> modificado genéticamente. Posee una actividad de 2.500 FXU/gr*. El rango óptimo de pH es de 4.0 - 6.0.
APLICACIÓN	GRANOZYME PE , es usado para el tratamiento de la harina o directamente en la fabricación de productos para panificación, mejorando la elasticidad de la red de gluten de la masa de pan, actuando sobre los pentosanos solubles e insolubles de la harina.
BENEFICIOS	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta la estabilidad y la tolerancia de la masa después de una sobre fermentación. - Masa más fácil de manejar y con mayor estabilidad. - Aumenta la suavidad de la miga debido al aumento del volumen y la mejora de la estructura de la miga. - Aumenta la calidad crujiente de la corteza.
DOSIFICACION	GRANOZYME PE : 1,0 - 3,0 gr. por 50 Kg. de harina.
ENVASE	25 Kilos Netos en Bolsa de Polietileno 200 µ
PRECAUCIONES	-Mantener envases cerrados en lugar fresco y seco.

• El producto está estandarizado en Unidades de Xilanasas Fúngicas (Wheat, es decir trigo).

MEZCLAS ENZIMATICAS CON TECNOLOGÍA GRANOTEC Y EN LAS ENZIMAS BIOTECNOLOGÍA NOVOZYMES



novozymes
Unlocking the magic of nature



GRANOTEC
Chile



CTG
Centro Tecnológico Granotec Chile



ISO 9001 Versión 2000
IRAM
Certified Certified

El Rosal 4644 Tel: (56 2) 740 0123 Fax 7400176 Huechuraba Santiago Chile
www.granotec.com



Apéndice A.7. Ficha técnica del Molino.



Appareil à cylindres horizontaux / Banco de cilindros horizontales

LAM/CS

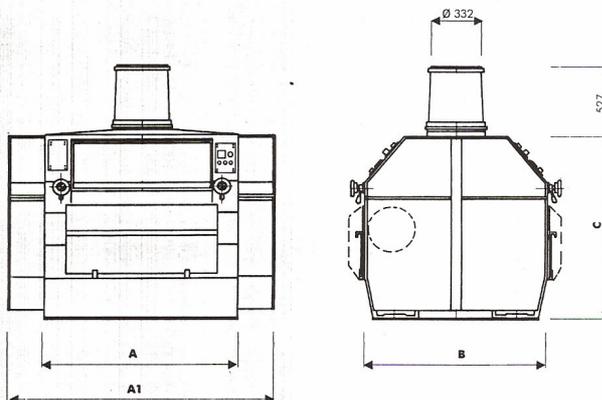
Fiche technique / Ficha técnica

Modèle Modelo	Cylindres de mouture Cilindros de molienda		Dimensions Dimensiones				Capacité Capacidad (l)	Consumption d'air comprimé Consumo aire comprimado (6 bar) NI/operación NI/operación	Puissance maxi installée Potencia máxima instalada				Poids net Peso neto	Volume emballage Volumen embalaje
	mm Dia. Ø	Longueur Longitud	mm A	A1	B	C			T/h	50 Hz	60 Hz	50 Hz		
LAM/CS 600	250	600	1000	1500	1330	1350	4.8	37	44.5				3350	4.8
LAM/CS 800	250	800	1200	1700	1330	1350	6.4	37	44.5				3650	5.4
LAM/CS 1000	250 300	1000	1400	1900	1330	1350	8	45	54	0.75	0.86		3900 4370	6.1
LAM/CS 1250	250 300	1250	1650	2150	1330	1350	10	45	54				4315 4870	6.9

Les caractéristiques techniques des équipements peuvent être modifiées sans aucune obligation de préavis. Les données peuvent ne se conformer exactement aux versions commercialisées.

Las características técnicas de las máquinas pueden sufrir modificaciones sin ninguna obligación de preaviso y los datos pueden resultar no completamente conformes a la versión comercial.

(1) Données se référant à 1 passage B1 (1/2 appareil à cylindres) / Datos referidos a 1 pas. B1 (1/2 banco de cilindros)



DF3 07/02/2002

**APÉNDICE B
TABLAS DE DATOS**

A continuación se presentan las tablas de datos obtenidas durante la evaluación realizada en este Trabajo Especial de Grado.

B.1. Mililitros consumidos en la estandarización del Thiosulfato de Sodio.

Tabla B.1. Apéndice B.1.

Muestra	ml consumidos de thiosulfato
1	41.5
2	41.0
3	41.5
4	41.5
5	42.0

B.2. Datos obtenidos de corrida del blanco.

Tabla B.2. Apéndice B.2.

Muestra	ml de Thiosulfato	ml de Yodo	Tiempo invertido Ejecución de la practica
1	20.0	20.0	20.0 min.
2	20.0	20.5	19.0 min.
3	20.0	20.7	23.0 min.
4	20.0	20.3	25.0 min.
5	20.0	20.4	20.0 min.
6	20.0	20.7	19.0 min.
7	20.0	20.5	26.0 min.
8	20.0	20.8	25.0 min.
9	20.0	20.4	22.0 min.
10	20.0	20.7	23.0 min.
11	20.0	20.3	22.0 min.
12	20.0	20.6	21.0 min.
13	20.0	20.4	20.0 min.
14	20.0	20.9	22.0 min.
15	20.0	21.0	21.0 min.
16	20.0	20.7	23.0 min.
17	20.0	20.8	24.0 min.
18	20.0	20.7	20.0 min.
19	20.0	21.3	21.0 min.
20	20.0	20.3	24.0 min.

B.3. Datos recolectados para el cálculo del porcentaje teórico de ADA.

Tabla B.3. Apéndice B.3.

Observación Nº	ADA (Kg.)	Fortalecedor (Kg.)	Masa total de M1 (Kg.)
1	12.19	220.00	500.00
2	11.76	220.00	500.00
3	11.21	220.00	500.00
4	11.25	220.00	500.00
5	11.78	220.00	500.00
6	11.90	220.00	500.00
7	10.94	220.00	500.00
8	11.74	220.00	500.00
9	12.31	220.00	500.00
10	12.19	220.00	500.00

B.4. Datos recolectados de la aplicación del método a las muestras anteriores.

Tabla B.4. Apéndice B.4.

Muestra	ml de Thiosulfato	ml de Yodo
1	125.00	132.8
2	45.00	50.5
3	40.00	45.2
4	40.00	45.1
5	40.00	45.3
6	40.00	44.9
7	40.00	45.3
8	40.00	45.4
9	20.00	24.7
10	20.00	24.9

B.5. Datos recolectados de la aplicación del método al fortificador de harina.

Tabla B.5. Apéndice B.5.

Muestra	ml de Thiosulfato	ml de Yodo
1	20.00	21.82
2	20.00	21.94
3	20.00	21.80
4	20.00	21.80
5	20.00	21.74

B.6. Datos recolectados de la aplicación del método a la harina panadera terminada.

Tabla B.6. Apéndice B.6.

Muestra	ml de Thiosulfato	ml de Yodo
1	20	20.61
2	20	20.60
3	20	20.62
4	20	20.63
5	20	20.61

B.7. Datos suministrados por la empresa de los flujos M1.

Tabla B.7. Apéndice B.7.

Mes	Masa de M1 gastado (real) (Kg.)	Relación g M1/ Kg. Harina
Enero	20,762.1	252.6
Febrero	14,153.4	250.9
Marzo	22,930.8	244.5
Abril	16,803.1	257.4
Mayo	18,074.7	240.9

B.8. Datos suministrados por la empresa de los flujos harina para un día martes.

Tabla B.8. Apéndice B.8.

HORA	Flujo de Harina (Kg./min)
04 am	222.4
05 am	320.2
06 am	230.3
07 am	254.1
08 am	0
09 am	230.5
10 am	205.3
11 am	300.4
12 pm	315.2
01 pm	0

02 pm	302.5
03 pm	220.3
04 pm	200.9
05 pm	250.6
06 pm	300.8
07 pm	0
08 pm	250.6
09 pm	300.8
10 pm	263.2
11 pm	300.8
12 am	150.3

B.9. Datos de los flujos de M1 suministrados por la empresa (día jueves 26/11/2006) y valores correspondientes de masa recogida para su verificación.

Tabla B.9. Apéndice B.9.

Hora	Flujo de M1 (empresa) (Kg./min.)	Masa de M1 recolectada En 1 min. (Kg.)
09 am	0.560	0.563
10 am	0.580	0.615
11 am	0.600	0.598
12 pm	0.450	0.475
01 pm	0.650	0.648
02 pm	0.660	0.672
03 pm	0.590	0.585

B.10. Datos de los flujos de M1, harina sin tratamiento y harina terminada suministrados por la empresa día jueves (23 nov 2006).

Tabla B.10. Apéndice B.10.

Hora	Flujo de Premezcla M1 (Kg./min.)	Flujo de Harina (S/T) (Kg./min.)	Flujo de Harina panadera (Kg./min.)
09 am	0.560	224.0	222.9
10 am	0.580	236.7	240.8
11 am	0.600	238.1	233.4
12 pm	0.450	173.1	167.7
01 pm	0.650	250.0	244.3
02 pm	0.660	265.1	267.0
03 pm	0.590	236.0	233.7

B.11. Datos de la panificación (enero-julio 2006).

Tabla B.11. Apéndice B.11.

Mes	Volumen Promedio (cm³)	Cantidad Máxima de Panes cerrados
Enero	3150	2
Febrero	3100	2
Marzo	3050	2
Abril	3150	1
Mayo	2950	8
Junio	3100	3
Julio	3150	2

APÉNDICE C
CÁLCULOS TÍPOS

A continuación se presentan los cálculos realizados de las variables de la evaluación realizada en este Trabajo Especial de Grado.

C.1. Cálculo de la normalidad del Thiosulfato de Sodio.

Según la ecuación (14) propuesta por el AACC para la estandarización del Thiosulfato de Sodio se tiene que:

$$N_{Thiosulfato} = \frac{4.078}{ml_{thiosulfatos}(titulación)} \quad (Ec. 14)$$

Donde:

ml thiosulfato = volumen consumidos en la titulación. (ml)

De 5 titulaciones realizadas (ver apéndice B.1), se emplea el primer valor de la tabla de donde se obtiene que:

$$N_{Thiosulfato} = \frac{4.078}{41.5ml}$$

$$N_{Thiosulfato} = 0.098N$$

A continuación, se muestra la Tabla C.1 donde se muestran los resultados de las 5 muestras tomadas.

Tabla C.1. Resultados de la estandarización del Thiosulfato de Sodio.

Muestra	1	2	3	4	5
N (thiosulfato)	0.098	0.097	0.098	0.098	0.099

Ahora bien, lo que se quiere es tener un valor de la normalidad del Thiosulfato de Sodio, por lo que se calcula el promedio de estos valores con la ecuación 15.

$$\overline{N}_{\text{Thiosulfato}} = \frac{\sum_{i=1}^5 N_i}{5} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$\overline{N}_{\text{Thiosulfato}} = \frac{0.098 + 0.097 + 0.098 + 0.098 + 0.099}{5}$$

$$\overline{N}_{\text{Thiosulfato}} = 0.098$$

C.2. Estandarización del Yodo.

Para el cálculo de la normalidad del Yodo se emplea la ecuación (17) propuesta en el apéndice D.1 en el método de determinación de ADA.

$$N_{\text{YODO}} = \frac{N_{\text{THIOSULFATO}} \times ml_{\text{THIOSULFATO}}}{ml_{\text{YODO}}} \quad (\text{Ec. 17})$$

Ahora bien, esta ecuación se aplica a los valores obtenidos mediante la aplicación del método de laboratorio, los cuales se aprecian en el apéndice B.2. Empleando el primer valor como ejemplo de la aplicación de esta ecuación se tiene lo siguiente:

$$N_{\text{YODO}} = \frac{0.098N * 20ml}{20ml}$$

$$N_{\text{YODO}} = 0.098N$$

Así se hace para los 20 valores obtenidos, resultando lo reflejado en la Tabla C.2

Tabla C.2. Valores de la normalidad del Yodo

Muestra	Normalidad de YODO (N)
1	0,098
2	0,096
3	0,095
4	0,097
5	0,096
6	0,095
7	0,096
8	0,094
9	0,096
10	0,095
11	0,097
12	0,095
13	0,096
14	0,094
15	0,093
16	0,095
17	0,094
18	0,095
19	0,092
20	0,097

Ahora a estos valores se les aplica la ecuación (18) para el cálculo del promedio.

$$\overline{N_{YODO}} = \frac{\sum_{i=1}^{20} N_{YODO}^i}{20} \quad (\text{Ec. 18})$$

$$\overline{N_{YODO}} = \frac{(0.098 + 0.096 + 0.095 + \dots + 0.092 + 0.097)}{20}$$

$$\overline{N_{YODO}} = 0.095$$

C.3. Desviación estándar de la estandarización del Yodo.

Para el cálculo de la desviación estándar, se emplea la herramienta de EXCEL (=DESVEST) a los valores de la Tabla C.2, de lo que se obtiene que:

$$Desviación_STD = 0.001$$

C.4. Cálculo del promedio del tiempo de ejecución del método.

De las 20 experiencias realizadas del método en la corrida del blanco (ver datos en apéndice B.2) se calcula el tiempo promedio que se invierte para la ejecución del análisis mediante la ecuación 16.

$$\overline{T_{iempo}} = \frac{\sum_{i=1}^{20} T_i}{20} \quad (\text{Ec. 16})$$

Sustituyendo los valores se tiene que:

$$\overline{T_{iempo}} = \frac{(20 + 189 + 23 + 25 + 20 + \dots + 21 + 23 + 24 + 20 + 21 + 24) \text{ min}}{20}$$

$$\overline{T_{iempo}} = 22 \text{ min}$$

C.5. Variación existente entre el %ADA teórico Vs. experimental.

Para el cálculo del ADA teórico, se toman muestras de la preparación del M1 donde se anotaron las cantidades de cada aditivo (ver apéndice B.3) en los cuales se obtuvo la cantidad de ADA teóricamente, en una base de 500 Kg. de M1. Para este cálculo se aplica la ecuación 19.

$$\%ADA_{Teórico} = \frac{Masa_ADA}{500Kg} * 100 \quad (Ec. 19)$$

Ahora se aplica esta ecuación al primer dato del mostrado en la tabla del apéndice B.3, obteniéndose que:

$$\%ADA_{Teórico} = \frac{12.19Kg}{500Kg} * 100$$

$$\%ADA_{Teórico} = 2.438\%$$

Ver la Tabla C.3 donde se muestran todos los resultados del cálculo del porcentaje de ADA teórico.

Tabla C.3 Resultados de %ADA teóricos

Masa ADA	% ADA
12,19	2,438
11,76	2,351
11,21	2,242
11,25	2,250
11,78	2,356
11,90	2,380
10,94	2,187
11,74	2,347
12,31	2,462
12,19	2,438

Ahora a estos valores se les aplica la ecuación (20) para el cálculo del promedio.

$$\overline{\%ADA_{Teórico}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \%ADA_{Teórico}^i}{10} \quad (\text{Ec. 20})$$

$$\overline{\%ADA_{Teórico}} = \frac{(2.438 + 2.351 + 2.242 + \dots + 2.462 + 2.438)}{10}$$

$$\overline{\%ADA_{Teórico}} = 2.335\%$$

Para el cálculo del porcentaje de ADA experimental se aplica el método ME-LAB-044 y una vez obtenidos los datos requeridos se determina la cantidad de ADA empleando la ecuación 17. Para ejemplo, se calcula este porcentaje con la primera de las muestras tomadas.

$$\%ADA_{EXP} = \frac{5.8 * ((ml_Thiosulf * N_Thiosulf) - (ml_Yodo * N_Yodo))}{1g}$$

$$\%ADA_{EXP} = \frac{5.8 * ((125.0ml * 0.098N) - (132.8ml * 0.095N))}{1g}$$

$$\%ADA_{EXP} = 2.508\%$$

Ver la Tabla C.4 donde se muestran todos los resultados del cálculo del porcentaje de ADA teórico.

Tabla C.4 Resultados de % ADA experimental.

ml YODO	ml Thiosulfato	% ADA
125	132,8	2,508
45	50,5	2,394
40	45,2	2,300
40	45,1	2,245
40	45,3	2,356
40	44,9	2,134
40	45,3	2,356
40	45,4	2,411
20	24,7	2,313
20	24,9	2,424

Ahora a estos valores se les aplica la ecuación (21) para el cálculo del promedio.

$$\overline{\% ADA}_{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \% ADA_{Exp}^i}{10} \quad (\text{Ec. 21})$$

$$\overline{\% ADA}_{Teórico} = \frac{(2.508 + 2.394 + 2.300 + \dots + 2.313 + 2.424)}{10}$$

$$\overline{\% ADA}_{Teórico} = 2.344\%$$

Una vez obtenidos estos valores se calcula la variación promedio con la herramienta de EXCEL (=VARP) obteniéndose el siguiente valor:

$$VARP = 0.098\%$$

C.6. Desviación estándar del método.

Para el cálculo de la desviación estándar, se emplea la herramienta de EXCEL (=DESVEST) a los valores de las tablas C.3 y C.4, de lo que se obtiene que:

$$Desviación_STD = 0.049$$

C.7. Porcentaje del ADA en el fortificador.

Para este cálculo es necesario ver los datos del apéndice B.5, obtenidos de la aplicación del método ME-LAB-044 al fortificador de harina y aplicando la ecuación 17. Para efecto representativo se emplea el primer dato mostrado en la tabla del apéndice señalado.

$$\%ADA_{EXP} = \frac{5.8 * ((20.0ml * 0.098N) - (21.82ml * 0.095N))}{1g}$$

$$\%ADA_{EXP} = 0.718\%$$

Aplicando esta ecuación a las 5 muestras se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla C.5.

Tabla C.5 Porcentajes de ADA en el fortificador

Muestra	1	2	3	4	5
% ADA	0.718	0.785	0.707	0.707	0.674

Ahora se determina el promedio de este valor con ayuda de la ecuación 22.

$$\%ADA_{Fortificador} = \frac{\sum_{i=1}^5 \%ADA_{Fortificador}^i}{5} \quad (Ec. 22)$$

$$\overline{\%ADA_{Fortificador}} = \frac{(0.718 + 0.785 + 0.707 + 0.707 + 0.674)}{5}$$

$$\overline{\%ADA_{Fortificador}} = 0.718\%$$

C.8. Cálculo del porcentaje teórico de ADA que contiene la premezcla.

Aquí se tienen dos fuentes de ADA en la premezcla, por una parte se tiene el ADA pura, de la cual se agregan 2.1% y por otra parte se conoce que dentro del fortificador el 0.719% es de ADA. Si se considera que el fortificador representa el 44% de la premezcla M1 se tiene que:

$$\%ADA_{Fortificador}^{M1} = 44.0 * 0.719\%$$

$$\%ADA_{Fortificador}^{M1} = 0.316\%$$

Así que el porcentaje de ADA en M1 es:

$$\%ADA_{M1} = (2.1 + 0.316)\%$$

$$\%ADA_{M1} = 2.416\%$$

C.9. Cálculo del porcentaje de ADA que debe contener la premezcla.

Para este cálculo se parte de que en la harina terminada se debe tener una concentración de 45 ppm máximo. Se toma como base de cálculo 500 Kg. de premezcla, con estos datos se calcula la cantidad de harina que se obtiene con la relación de 250g. M1/ 100 Kg. Harina.

$$\text{Harina}_{\text{ panadera}} = 500000\text{gM1} * \frac{100\text{Kg}_{\text{ harina}}}{250\text{g}_{\text{ M1}}}$$

$$\text{Harina}_{\text{ panadera}} = 200000\text{Kg}_{\text{ Harina}}$$

Ahora bien, con la concentración de 45 ppm se calcula la cantidad de ADA que debería contener, conociendo la definición de ppm:

$$\text{Masa}_{\text{ ADA}} = 200000\text{Kg}_{\text{ Harina}} * \frac{45\text{mgADA}}{\text{Kg}_{\text{ Harina}}}$$

$$\text{Masa}_{\text{ ADA}} = 9000000\text{mg}_{\text{ ADA}}$$

Se convierte esta masa a Kg. se obtiene que:

$$\text{Masa}_{\text{ ADA}} = 9000000\text{mg}_{\text{ ADA}} * \frac{1\text{Kg}}{1000000\text{mg}}$$

$$\text{Masa}_{\text{ ADA}} = 9\text{Kg}$$

Ahora se conoce que para esa cantidad de harina que se obtiene con 500Kg de M1, se necesitan 9Kg de ADA. Conociendo esto se puede obtener el porcentaje de ADA que debe contener la premezcla para que se cumpla con las normas.

$$\% \text{ADA} = \frac{9\text{Kg}}{500\text{Kg}} * 100$$

$$\% \text{ADA} = 1.8\%$$

C.10. Cálculo de la cantidad de ADA 99% que se debe agregar a la premezcla.

Si se tiene que la premezcla debe contener 9Kg de ADA lo que representa 1.8% de la premezcla y se están agregando 2.416% lo que implica que la masa es mayor y se tiene que existe una masa en exceso, la cual se calcula con la ayuda de la ecuación 23.

$$Masa_exceso = (500Kg * 2.416\%) - 9Kg \quad (Ec. 23)$$

$$Masa_exceso = 3.08Kg$$

Si se sabe que la cantidad aportada por el fortalecedor es 0.316% de la masa total de la premezcla, se tiene que:

$$Masa_ADA_{Fortificador} = (500Kg * 0.316\%)$$

$$Masa_ADA_{Fortificador} = 1.58Kg$$

La masa de ADA 99% que se debe agregar es lo que resta para complementar los 9Kg en la premezcla se calcula con la ecuación (10) de la metodología.

$$M_{ADA} = \frac{(500Kg \cdot x0.018) - (220Kg \cdot x0.00718)}{1}$$

$$M_{ADA} = 7.42Kg$$

Comparado esto, con la diferencia de los 9 Kg. que debe contener la premezcla con los 1.58 Kg. que aporta el Fortificador se tiene que:

$$Masa_ADA_{99\%} = (9.00 - 1.58)Kg$$

$$Masa_ADA_{99\%} = 7.42Kg$$

El porcentaje que representa en la premezcla esta cantidad se calcula con la ecuación (21)

$$\%ADA_{M1}^{99\%} = \frac{Masa_ADA_{99\%}}{500Kg} * 100$$

$$\%ADA_{M1}^{99\%} = \frac{7.42Kg}{500Kg} * 100$$

$$\%ADA_{M1}^{99\%} = 1.48\%$$

C.11. Cálculo de la fracción másica del ADA en el M1.

Para el cálculo de la fracción másica de ADA se toma una base de cálculo de 500Kg de M1 y conociendo la masa de ADA que debe contener la misma, se aplica la ecuación 11 (reseñada en el capítulo II)

$$X_{ADA} = \frac{9Kg}{500Kg}$$

$$X_{ADA} = 0.018$$

C.12. Cálculo de la cantidad de M1 en la harina panadera.

Para este cálculo, es necesario aplicarle el ME-LAB-044 a 5 muestras de harina panadera terminada obteniéndose los valores mostrados en el apéndice B.6, los cuales con la ayuda de la ecuación 17 (con la salvedad que para este caso son 10g de

muestra) se obtiene los valores de %ADA, para efectos de los cálculos tipo se muestra el cálculo para el primero de los valores obtenido.

$$\%ADA_{EXP} = \frac{5.8 * ((20.0ml * 0.098N) - (21.61ml * 0.095N))}{10g}$$

$$\%ADA_{EXP} = 0.0048\%$$

El resto de los valores se aprecian en la Tabla C.6

Tabla C.6. Porcentajes de ADA en la harina terminada

Muestra	1	2	3	4	5
% ADA	0.0048	0.0042	0.0053	0.0059	0.0048

Dividiendo estas cantidades directamente por la fracción másica (ya que es en base a 100Kg de harina) y multiplicándolas por 1000 para llevarlas de kilogramos a gramos, se tienen los siguientes valores de relación de dosificación (ver Tabla C.7)

Tabla C.7. Relación de dosificación para las muestras estudiadas

Muestra	1	2	3	4	5
g M1/100Kg Harina	265.99	235.22	296.77	327.54	265.99

Para el ejemplo de este cálculo se muestra como se realizo para determinar este valor:

$$Relación(M1/harina) = \frac{0.0048}{0.0018} * \frac{1000g}{1Kg}$$

$$Relación(M1/harina) = 265.99gM1/100Kg_harina$$

C.13. Variación entre la cantidad gastada de M1 Vs. la cantidad teórica que se debe consumir.

Para el cálculo de la variación se calcula el promedio de las relaciones obtenidas en la Tabla C.6 con ayuda de la ecuación 24 y luego se determina la diferencia con la dosificación teórica que es de 250.

$$\text{Promedio_relación} = \frac{\sum_{i=1}^5 R_i}{5} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$\text{Promedio_relación} = \frac{265.99 + 235.22 + 296.77 + 327.54 + 265.99}{5}$$

$$\text{Promedio_relación} = 278.30 \text{gM1/100Kg_harina}$$

$$\text{Variación_dosificación} = (278.30 - 250.0) \text{gM1/100Kg_harina}$$

$$\text{Variación_dosificación} = 28.30 \text{gM1/100Kg_harina}$$

C.14. Porcentaje de harina panadera.

En este cálculo se emplea la ecuación 25, a los valores de los datos mostrados en la Tabla 4.3, cabe resaltar que estos valores puntuales son producto de los promedios diarios correspondientes a cada mes. Para efecto ilustrativo, se aplica la ecuación al primer valor de la tabla señalada.

$$\%Harina_panadera = \frac{Producción_harina_panadera}{Producción_harina_neta} * 100 \quad (\text{Ec. 25})$$

$$\%Harina_panadera = \frac{8220TON}{13700TON} * 100$$

$$\%Harina_panadera = 60\%$$

De la aplicación de esta ecuación a todos los datos se obtienen el resto de los valores reflejados en la Tabla 4.3. Ahora bien, se quiere el promedio, lo cual se obtiene con la aplicación de la ecuación 26 a estos valores.

$$Promedio_ \% producción = \frac{\sum_{i=1}^7 \%P_i}{7} \quad (\text{Ec. 26})$$

$$Promedio_ \% producción = \frac{60 + 64 + 62 + 67 + 64 + 61 + 62 + 67}{7}$$

$$Promedio_ \% producción = 63\%$$

C.15. Cálculo de la carga de harina en t/hora.

En este cálculo, se toma como base una producción de 22 horas al día y 28 días al mes, primero se calcula el promedio de la producción en el periodo de evaluación (Ec. 27) y luego se lleva a carga en t/hora.

$$Carga_mensual = \frac{\sum_{i=ene}^{jul} P_i^{harina_panadera}}{7} \quad (\text{Ec. 27})$$

$$\overline{Carga_mensual} = \frac{8220 + 5642 + 9380 + 6528 + 7503 + 7688 + 8241}{7}$$

$$\overline{Carga_mensual} = 7600.30t / mes$$

Ahora con las relaciones establecidas se determina la carga en t/hora

$$Carga_HarinaPanadera = 7600.30t / mes * \frac{28días}{1mes} * \frac{22horas}{1día}$$

$$Carga_HarinaPanadera = 12..3t / hora$$

C.16. Cálculo de la carga de M1 (t/hora).

Para la carga teórica de aditivos se usa la relación (250g M1/100Kg Harina) y se aplica a cada valor de mes, como ejemplo se toma el primer valor de la Tabla 4.3.

$$Gasto_{Teórico}^{Aditivo} = 8200t * \frac{1000Kg}{1t} * \frac{250gM1}{100Kg} * \frac{1TON(M1)}{1000000gM1}$$

$$Gasto_{Teórico}^{Aditivo} = 20.6t / mes$$

Una vez que se aplica a todos los meses de estudio, se obtiene los valores reflejados en la Tabla 4.3 en su última columna. Ahora con esos valores individuales se obtiene el promedio mensual de gasto de aditivos (ecuación 28) con el que luego se obtiene el flujo promedio en Kg. /hora.

$$\overline{Carga_aditivos} = \frac{\sum_{i=ene}^{jul} C_i^{aditivos}}{7} \quad (Ec. 28)$$

$$\overline{\text{Carga_aditivos}} = \frac{20.6 + 14.1 + 23.5 + 16.3 + 18.8 + 19.2 + 20.6}{7}$$
$$\overline{\text{Carga_aditivos}} = 19\text{TON} / \text{mes}$$

$$\text{Flujo_aditivos} = 19\text{TON} / \text{mes} * \frac{1\text{mes}}{28\text{días}} * \frac{1\text{día}}{22\text{horas}}$$
$$\text{Flujo_aditivos} = 30.85\text{Kg} / \text{h}$$

C.17. Tendencia central de los valores de gramos de M1/100 Kg. De harina.

Para este cálculo de la tendencia central de los valores de gramos de M1 por cada 100Kg de harina, se emplean los datos del apéndice B.7 y consiste en calcular el promedio de esos valores. (Ver ecuación 29)

$$\text{Tendencia_central} = \frac{\sum_{i=\text{ene}}^{\text{jul}} \text{Relación}}{7} \quad (\text{Ec. 29})$$

$$\text{Tendencia_central} = \frac{252.6 + 250.9 + 244.5 + 257.4 + 240.9}{7}$$

$$\text{Tendencia_central} = 248.39\text{g M1}/100\text{Kg harina}$$

C.18. Varianza de la relación de dosificación.

Para determinar la varianza, se empleo el programa EXCEL, el cual posee una función para determinar la varianza (=VAR), la cual fue aplicada a los valores de relación del apéndice B.7, obteniéndose un valor de 31.12.

C.19. Porcentaje de los valores por encima del límite superior.

Para determinar el porcentaje de valores por encima del límite superior se observan los datos del apéndice B.7 y se determinan cuantos son mayores de 255g/100Kg y se aplica la ecuación 30.

$$\%Valores(LS) = \frac{Valores_encima}{7} * 100 \quad (Ec. 30)$$

$$\%Valores(LS) = \frac{1}{7} * 100$$

$$\%Valores(LS) = 14.29\%$$

C.20. Porcentaje de los valores por debajo del límite inferior.

Para determinar el porcentaje de valores por debajo del límite inferior se observan los datos del apéndice B.7 y se determinan cuantos son menores de 245g/100Kg y se aplica la ecuación 31.

$$\%Valores(LI) = \frac{Valores_debajo}{7} * 100 \quad (Ec. 31)$$

$$\%Valores(LI) = \frac{2}{7} * 100$$

$$\%Valores(LI) = 28.57\%$$

C.21. Porcentaje de los valores fuera de los límites.

Para determinar el porcentaje de valores que están fuera de los límites superior e inferior se observan los datos del apéndice B.7 y se aplica la ecuación 32.

$$\%Valores(Fuera) = \frac{Valores_fuera}{7} * 100 \quad (Ec. 32)$$

$$\%Valores(Fuera) = \frac{3}{7} * 100$$

$$\%Valores(Fuera) = 42.86\%$$

C22.Desviación de los flujos reportados por la empresa Vs. Valores calculados.

Para el cálculo de esta desviación, se aplica la herramienta de EXCEL (=DESVEST) a los valores del apéndice B.9, obteniéndose una valor de 0.064.

C.23. Balance en el sistema dosificador.

Para este balance se van a emplear los datos del apéndice B.10, donde se muestran los datos de los flujos suministrados por la empresa el mismo día de la evaluación de la confiabilidad de estos valores y ajustados al diagrama que se muestra en la figura C.1.

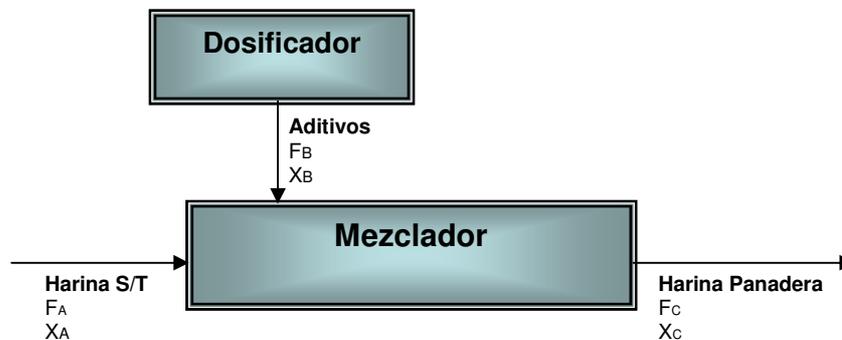


Figura C.1 Diagrama del sistema dosificador

Partiendo de la suposición de que no existe generación en el sistema, el balance queda expresado por la ecuación (33)

$$Salida - Entrada + acumulación = Generación \quad (Ec. 33)$$

$$\text{Salida} - \text{Entrada} + \text{acumulación} = 0$$

Donde la salida es el flujo de harina panadera terminada y la entrada la suma de los flujos de harina son tratamiento mas el flujo de premezcla. Despejado la acumulación, se tiene que:

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida}$$

Para efectos ilustrativos se hace el cálculo para el primer valor de la Tabla B.10 y el resto se muestra en la Tabla C.8.

$$\text{Acumulación} = (244.00 + 0.56)\text{Kg} / \text{min} - 222.90\text{Kg} / \text{min}$$

$$\text{Acumulación} = 1.7\text{Kg} / \text{min}$$

Tabla C.8. Balances de masa.

Hora	Entrada (Kg./min.)	Salida (Kg./min.)	Acumulación (Kg./min.)
09 am	224.6	222.9	1.7
10 am	237.3	240.8	-3.5
11 am	238.7	233.4	5.3
12 pm	173.5	167.7	5.8
01 pm	250.7	244.3	6.4
02 pm	265.7	267.0	-1.3
03 pm	236.6	233.7	2.9

C.24. Desviación de la dosificación en la preparación de la premezcla.

Para determinar esta desviación estándar, primero se calculan los promedios de los porcentajes de ADA tanto teóricos como experimentales presentados en las tablas C.3 y C.4 respectivamente mediante la ecuación 34.

$$\overline{\%ADA} = \frac{\sum \%ADA}{10} \quad (\text{Ec. 34})$$

Se tiene que con la sustitución de los valores de la Tabla C.3 el promedio de los % es:

$$\overline{\%ADA} = \frac{(2.438 + 2.351 + 2.242 + \dots + 2.347 + 2.462)}{10}$$
$$\overline{\%ADA} = 2.336\%$$

Se tiene que con la sustitución de los valores de la Tabla C.4 el promedio de los % es:

$$\overline{\%ADA} = \frac{(2.508 + 2.300 + 2.245 + \dots + 2.356 + 2.411)}{10}$$
$$\overline{\%ADA} = 2.344\%$$

Ahora se le aplica la herramienta (=DESVEST) a estos promedios obtenidos, de los cuales resulta una desviación de 0.006.

C.25. Cálculo del % espacio disponible.

Para el cálculo del porcentaje de espacio disponible de los 39 m² del área de dosificación se aplica la ecuación 35.

$$\%ESPACIO = \frac{(39 - esp_ocupado - esp_mezclador - esp_circulación)}{39.0m^2} * 100 \quad (\text{Ec. 35})$$

$$\%ESPACIO = \frac{(39 - 17 - 9 - 7.2)m^2}{39.0m^2} * 100$$

$$\%ESPACIO = 14.87\%$$

NOTA: todas estas medidas se obtuvieron por medición directa en la planta y el espacio para la circulación fue sugerido por la empresa como un porcentaje (18.5%) del área total.

Apéndice D.1. Método de laboratorio ME-LAB-044

Asunto 8.2 Seguimiento y Medición	Código ME-LAB-044
Título Determinación de Azodicarbonamida en Harina Panadera	

Objetivo

Establecer los lineamientos y pasos a seguir para la determinación de azodicarbonamida en las harinas panaderas en el laboratorio de Control de Procesos de la Planta La Sorpresa.

Alcance

Aplica a la determinación de azodicarbonamida a harinas panaderas, aditivos y a la premezcla T3 utilizando el método 48-71A (AACC) en el Laboratorio de Control de Procesos de la Planta La Sorpresa.

Definiciones, Símbolos y Abreviaturas

Azodicarbonamida: Es un agente oxidante de acción rápida, que acelera el proceso de maduración de las harinas. Actúa durante el amasijo en contacto con el agua, juntando las proteínas presentes en la harina durante el mezclado. Refuerza las harinas débiles de bajo porcentaje de proteínas o harinas sin reposo previo.

Iodine flask: es un balón sin aforo, en español frasco de yodo.

T3: mezcla de aditivos preparada para las harinas panaderas.

Responsabilidades

Laboratoristas/ Técnico de análisis: Son responsables de la ejecución de cada una de las actividades descritas.

Documentos Asociados

IT –LAB 004 “Operación y mantenimiento de las planchas magnéticas para agitación”
IT –LAB 008 “Operación de la balanza semi analítica”
AA CC 48-71A “Azodicarbonamide in premix”

Normas

1. El usuario de este método debe regirse por los pasos descritos en el.
2. Mantener la solución de yodo en un recipiente marrón.
3. Se debe ser estricto con la temperatura exigida al adicionar los reactivos.
4. Lavar con agua y jabón todo el material y los equipos a utilizar.
5. Corra solo el blanco cuando a solución de yodo 0.1N este recién preparada.

Fecha de Emisión 17/11/06	Ultima Revisión -	No. Revisión -	Página 1 de 4
-------------------------------------	----------------------	-------------------	------------------

Asunto 8.2 Seguimiento y Medición	Código ME-LAB-044
Título Determinación de Azodicarbonamida en Harina Panadera	

Equipos y Materiales

1. Termómetro.
2. Iodine flask 1000 ml.
3. Bureta de 50 ml (color ámbar)
4. Pipetas de 20 ml y 5 ml.
5. Varilla de agitación.
6. Plancha de agitación.
7. Plancha de calentamiento.
8. Baño de enfriamiento (Beaker con hielo)
9. Espátula
10. Bandeja para pesar
11. Balanza semi-analítica.
12. Marcador
13. Agua destilada (pH 6.0 – 8.0)
14. Acido sulfúrico 10N. Preparada de la siguiente manera Agregue 278 ml de acido concentrado, cautelosamente a 500 ml de agua fresca, enfriar y llevar hasta 1 Lts.
15. Thiosulfato de sodio 0.1N. Preparada de la siguiente manera: Disolver 24.82 gr. de thiosulfato de sodio penta-hidratado con 3.8 gr. de BORAX ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ --- tetraborato de sodio) y hacer un litro.
 - 15.1 Estandarizar:
 - 15.1.1.- Disolver 0.2 g. de dicromato de potasio en 50 ml. de agua destilada.
 - 15.1.2.- Agregar 2 g. de KI y 8 ml. de acido clorhídrico (concentrado) a la mezcla y titular con thiosulfato. Agitar el líquido constantemente hasta que cambie de marrón a un amarillo verdoso.
 - 15.1.3.- Agregue de 1 a 2 ml. de indicador (solución de almidón) y titular hasta que el color cambie de azul a verde claro.
 - 15.1.4.- Calcular $N_{\text{thiosulfato}} = \frac{4.078}{\text{ml.thiosulfato}_{\text{requeridos}}}$

Fecha de Emisión 17/11/06	Ultima Revisión -	No. Revisión -	Página 2 de 4
-------------------------------------	----------------------	-------------------	------------------

Asunto 8.2 Seguimiento y Medición	Código ME-LAB-044
Título Determinación de Azodicarbonamida en Harina Panadera	

<p>16. Yodato de potasio.</p> <p>17. Solución indicadora de almidón. Agregar 8 g. de almidón soluble en 1L de agua hirviendo con agitación y deje enfriar.</p> <p>18. Yodo 0.1N. Disuelva el yodo (12.7g), en la solución de 20g. de KI con 50 ml de agua. Llevar a 1L con agua. Almacén en botella marrón.</p> <p>19. Dicromato de potasio.</p> <p>20. Acido clorhídrico</p> <p>Equipos de Protección Personal</p> <p>1. Guantes de Neopreno (para preparar soluciones)</p> <p>2. Careta protectora (para preparar soluciones)</p> <p>3. Mascara con filtro de vapores ácidos (para preparar soluciones)</p> <p>Método de Ensayo</p> <p style="text-align: center;">Instrucciones</p> <p>1.- Transferir 1.0 gramo de premezcla M1 o 10.0 gramos de harina panadera, pesada con un margen de 0.1 mg en frasco de yodo de 1000ml. Humedecer con 30ml de agua.</p> <p>2.- Agregar 600ml. De agua a 80°C. Agite vigorosamente por un minuto.</p> <p>3.- Enfriar rápidamente a 50°C en un beaker con hielo o baño de enfriamiento. Agregue 5 gramos de KI.</p> <p>4.- Enfriar a 35°C y agregue 24 ml de acido sulfúrico a 10N.</p> <p>5.- Neutralice el yodo libre por adición con una bureta de 20ml con la solución de tiosulfato de sodio a 0.1N. Luego agite vigorosamente hasta que la solución se decolore, si el color persiste agregue gradualmente 5 ml de tiosulfato de sodio hasta que el color se pierda.</p> <p>6.- Agregar 1-2 ml de indicador de almidón y titular el exceso de tiosulfato inmediatamente con la solución de yodo a 0.1N. Hasta que el blanco (transparente) cambie a azul oscuro.</p> <p>7.- Para soluciones recién preparadas, corra el blanco de igual forma sin agregar la muestra. Use ese blanco para estabilizar la normalidad de la solución de yodo.</p>

Fecha de Emisión 17/11/06	Ultima Revisión -	No. Revisión -	Página 3 de 4
-------------------------------------	----------------------	-------------------	------------------

Asunto 8.2 Seguimiento y Medición	Código ME-LAB-044
Título Determinación de Azodicarbonamida en Harina Panadera	

8.- Registre los resultados obtenidos en el formato LAB 044 "Reporte de análisis especiales (Acidez, hierro, vomitoxina, etc.)"

Expresión de resultados

1.- Normalidad del yodo »
$$N_{yodo} = \frac{N_{thiosulfato} * ml_{thiosulfato}}{ml_{yodo}}$$

2.- Porcentaje de ADA »
$$\%ADA = 5.8 \cdot \frac{(A - B)}{Peso_muestra(g)}$$

Donde:

A= ml. de thiosulfato * N de thiosulfato

B= ml. de yodo * N de yodo.

Custodia y Ubicación

Nombre	Distribución	Tiempo de Archivo	
		Activo (meses o años)	Inactivo (meses o años)
LAB 040 "Reporte de análisis especiales (Acidez, hierro, vomitoxina, etc.)"	Original	1 año	1 año

Aprobación

Revisado por:	Aprobado por:
Supervisor de Control de Procesos	Superintendente de Planta

Fecha de Emisión 17/11/06	Ultima Revisión -	No. Revisión -	Página 4 de 4
-------------------------------------	----------------------	-------------------	------------------

Apéndice D.2. Formato de Excel para el cálculo de la cantidad de ADA

Calculo de la cantidad de ADA con cambios en el porcentaje de algún aditivo

Aditivo	Formula original (%)	Cantidad de ADA contenida
Fortalecedor	44,000	2,416
Estabilizante	33,600	
Harina S/T	17,300	
ADA 99%	2,100	
Fosfato tricalcico	2,000	
Enzimas	1,000	

Nota: introduzca los valores (%) de los aditivos que desee cambiar
 Nota: si el valor de la cantidad de ADA esta en rojo es porque supera el límite.

Aditivo	Formula original (%)
Fortalecedor	44,00
Estabilizante	33,60
Harina S/T	17,92
ADA 99%	1,48
Fosfato tricalcico	2,00
Enzimas	1,00

Nota: el valor de ADA total debe ser de 1,8 % para mantener la relación

Gráfica resultande de la distribución de las cantidades de aditivos

Aditivo	Cantidad
Fortalecedor	44,00
Estabilizante	33,60
Harina S/T	17,92
ADA 99%	1,48
Fosfato tricalcico	2,00
Enzimas	1,00

Apéndices
