



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

**ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE DOSIFICACIÓN EN EL ÁREA DE MEZCLADO EN
UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS**

Angel Armando Palacios Pacheco

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, noviembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE DOSIFICACIÓN EN EL ÁREA DE MEZCLADO EN
UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANGEL ARMANDO PALACIOS PACHECO

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Jurgen Antoni Ramírez Ramírez |
| VOCAL V | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña |
| EXAMINADORA | Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE DOSIFICACIÓN EN EL ÁREA DE MEZCLADO EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2016.



Angel Armando Palacios Pacheco

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería

Guatemala, 30 de Mayo de 2016

Ing. Juan José Peralta Dardón
Director de Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Ing. Peralta:

Por este medio atentamente informo como asesor del trabajo escrito de investigación (TESIS) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, **Angel Armando Palacios Pacheco**, con carné **201213182**, procedí a revisar el trabajo escrito de investigación, cuyo título es **"ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE DOSIFICACIÓN EN EL ÁREA DE MEZCLADO EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS"**.

En mi calidad de asesor me permito comunicarle, que este documento de tesis fue revisado y reescrito hasta quedar satisfecho del trabajo efectuado. Estimo que constituye un valioso aporte para la Facultad de Ingeniería, razón por la cual me permito someterlo a su consideración para aprobación.

Atentamente.


Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 3071

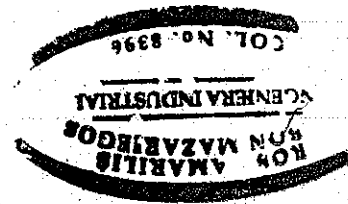


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.129.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE DOSIFICACIÓN EN EL ÁREA DE MEZCLADO EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS**, presentado por el estudiante universitario **Angel Armando Palacios Pacheco**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”



Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.220.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE DOSIFICACIÓN EN EL ÁREA DE MEZCLADO EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS**, presentado por el estudiante universitario **Angel Armando Palacios Pacheco**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2016.

/mgp



DTG. 583.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE DOSIFICACIÓN EN EL ÁREA DE MEZCLADO EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DESHIDRATADOS**, presentado por la estudiante universitaria: **Angel Armando Palacios Pacheco**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, noviembre de 2016

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por estar presente, ayudarme y darme las fuerzas necesarias para lograr mis objetivos y metas.
- Mis padres** Jorge David Palacios y Mary Novoa de Palacios por criarme, educarme y apoyarme de todas las formas que estuvieran a su disposición para poder convertirme en un profesional de éxito.
- Mis hermanos** Dulce Novoa Palacios Pacheco y Jorge Armando Palacios Pacheco por la paciencia, comprensión y tolerancia, en todos los momentos de mi carrera que fueron inoportunos para su diversión o descanso.
- La ingeniera** Becilia Pacheco por sus enseñanzas, tutorías, consejos y apoyo desde el inicio hasta la culminación de mis estudios.
- Mi tío** Leonel Palacios por haberme recomendado estudiar en la Universidad de San Carlos y por sus direcciones para tener un mejor panorama de las carreras y cursos al comienzo de mis estudios profesionales.

Mis abuelos

Ubaldo Amando Pacheco y María de los Ángeles de Pacheco porque siempre me han dado buenos consejos y estar presentes en todos los momentos especiales de mi vida

Mis amigos

Julio Román, Miguel Colindres, Josué Beltetón, Alberto Quintana, Walter Granados, Carlos Sánchez, Luis Aguirre, Edgar Chis, Samuel Chis, Jorge Corado, Alejandro Peralta, Raúl Chang, Guadalupe Castillo y Diane Castro, porque a lo largo de toda mi carrera fueron de vital importancia para seguir adelante y realizar las diferentes actividades de la mejor forma aprendiendo, a la vez, de todas esas nuevas experiencias.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por cumplir todas mis expectativas para lograr desarrollar mis conocimientos en la carrera de ingeniería.

**Facultad de Ingeniería
de la Universidad
de San Carlos**

Por darme un lugar que cuenta con el personal adecuado para instruirme y dar a conocer todas las experiencias de vida que me ayudaron a crecer como un profesional de éxito.

Mi asesor

El ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, por el incontable apoyo brindado en las correcciones que se debía realizar a mi trabajo de graduación, su paciencia y consejo durante todo este proceso.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | XIII |
| GLOSARIO | XV |
| RESUMEN..... | XIX |
| OBJETIVOS..... | XXI |
| INTRODUCCIÓN | XXIII |
| | |
| 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA | 1 |
| 1.1. Misión | 1 |
| 1.2. Visión..... | 2 |
| 1.2.1. Otros aspectos..... | 2 |
| 1.2.2. Certificaciones | 3 |
| 1.2.3. Recursos económicos | 4 |
| 1.2.4. Área en donde se realizará el proyecto | 4 |
| 1.3. Organigrama de la empresa | 4 |
| 1.3.1. Organización del Departamento de Aseguramiento de Calidad | 5 |
| 1.3.2. Funciones del Departamento de Calidad..... | 6 |
| 1.3.2.1. Necesidades priorizadas en el Departamento de Calidad..... | 7 |
| 1.4. Descripción de los productos..... | 8 |
| | |
| 2. SITUACIÓN ACTUAL..... | 9 |
| 2.1. Problemática..... | 9 |
| 2.1.1. Mecánica | 9 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.1.2. | Materiales..... | 10 |
| 2.1.3. | Control..... | 13 |
| 2.1.3.1. | Sistema de dosificación..... | 13 |
| 2.1.3.2. | Calidad | 22 |
| 2.2. | Colaboradores..... | 22 |
| 2.3. | Descripción del proyecto | 24 |
| 2.3.1. | Objetivos | 24 |
| 2.3.2. | Alcance..... | 25 |
| 2.3.3. | Hallazgos..... | 25 |
| 2.4. | Áreas en donde se desarrolla el proyecto | 26 |
| 2.5. | Diagrama de flujo del proceso del proyecto | 27 |
| 2.6. | Descripción del equipo utilizado | 29 |
| 2.6.1. | Maquinaria..... | 29 |
| 2.6.2. | Método de dosificación..... | 31 |
| 2.7. | Variables involucradas | 31 |
| 2.7.1. | Granulometría | 34 |
| 2.7.2. | Peso específico | 37 |
| 2.7.3. | Humedad..... | 41 |
| 2.7.4. | Fluidez..... | 45 |
| 2.7.5. | Ángulo del accionador neumático | 48 |
| 2.7.6. | Presión en silos | 49 |
| 2.7.7. | Porcentaje de llenado de los silos | 52 |
| 2.7.8. | Mantenimiento del equipo | 55 |
| 2.7.9. | Análisis de las variables involucradas | 56 |
| 2.7.9.1. | Estadístico..... | 56 |
| 2.7.9.2. | Metodológico | 62 |

| | | |
|------------|---|----|
| 3. | PROPUESTA DE MEJORA | 65 |
| 3.1. | Descripción de la propuesta para reducción de variaciones.... | 65 |
| 3.1.1. | Necesidades técnicas..... | 67 |
| 3.1.1.1. | Requerimientos de la materia prima | 68 |
| 3.1.1.2. | Requerimientos mecánicos..... | 68 |
| 3.1.1.2.1. | Mantenimiento preventivo | 69 |
| 3.1.1.2.2. | Mantenimiento correctivo..... | 70 |
| 3.2. | Evaluación financiera | 70 |
| 3.3. | Impacto de la propuesta | 71 |
| 3.3.1. | Impacto tangible | 72 |
| 3.3.2. | Impacto intangible..... | 72 |
| 4. | IMPLEMENTACIÓN..... | 73 |
| 4.1. | Descripción del procedimiento..... | 73 |
| 4.1.1. | Acciones mecánicas..... | 73 |
| 4.1.2. | Acciones con el material..... | 77 |
| 4.2. | Ventajas y desventajas..... | 84 |
| 4.3. | Beneficios | 85 |
| 4.3.1. | Beneficios a corto plazo..... | 85 |
| 4.3.2. | Beneficios a largo plazo..... | 86 |
| 4.4. | Programa de mantenimiento | 86 |
| 4.4.1. | Mantenimiento preventivo..... | 87 |
| 4.4.2. | Mantenimiento correctivo..... | 89 |
| 5. | SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA..... | 91 |
| 5.1. | Controles para mejorar el proceso de dosificación..... | 94 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 5.1.1. | Control estadístico para el proceso | 94 |
| 5.1.1.1. | Gráficos de control o gráfica de medias, \bar{X} | 95 |
| 5.1.1.2. | Capacidad del proceso (Cp)..... | 102 |
| 5.1.2. | Control para las variables de la materia prima | 104 |
| 5.1.3. | Control para el sistema mecánico | 105 |
| 6. | MEDIO AMBIENTE | 109 |
| 6.1. | Situación actual..... | 109 |
| 6.1.1. | Medidas de mitigación utilizadas..... | 109 |
| 6.1.1.1. | Desechos sólidos | 109 |
| 6.1.1.2. | Contaminación acústica | 110 |
| 6.1.1.3. | Contaminación del agua..... | 110 |
| 6.1.1.4. | Contaminación del aire..... | 110 |
| 6.2. | Propuesta para mejora..... | 111 |
| | CONCLUSIONES..... | 113 |
| | RECOMENDACIONES | 115 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 117 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Política de calidad | 3 |
| 2. | Departamentos de la empresa | 5 |
| 3. | Organización del Departamento de Calidad..... | 6 |
| 4. | Gráfico de comportamiento del material número 1 | 11 |
| 5. | Gráfico de comportamiento del material número 2 | 11 |
| 6. | Gráfico de comportamiento del material número 3 | 12 |
| 7. | Gráfico de comportamiento del material número 4 | 12 |
| 8. | Forma visual de cambio de parámetros | 14 |
| 9. | Forma visual del reporte de parámetros registrados en el controlador lógico programable (PLC)..... | 14 |
| 10. | Gráfico del cambio de parámetro de tolerancia por turno del material 1 | 16 |
| 11. | Gráfico del cambio de parámetro de consigna de bajo caudal por turno del material 1..... | 16 |
| 12. | Gráfico del cambio de parámetro de error de caída por turno del material 1 | 17 |
| 13. | Gráfico del cambio de parámetro de tolerancia por turno del material 2 | 17 |
| 14. | Gráfico del cambio de parámetro de consigna de bajo caudal por turno del material 2..... | 18 |
| 15. | Gráfico del cambio de parámetro de error de caída por turno del material 2 | 18 |

| | | |
|-----|--|----|
| 16. | Gráfico del cambio de parámetro de tolerancia por turno del material 3..... | 19 |
| 17. | Gráfico del cambio de parámetro de consigna de bajo caudal por turno del material 3..... | 19 |
| 18. | Gráfico del cambio de parámetro de error de caída por turno del material 3..... | 20 |
| 19. | Gráfico del cambio de parámetro de tolerancia por turno del material 4..... | 20 |
| 20. | Gráfico del cambio de parámetro de consigna de bajo caudal por turno del material 4..... | 21 |
| 21. | Gráfico del cambio de parámetro de error de caída por turno del material 4..... | 21 |
| 22. | Diagrama de maquinaria y enfoque del proyecto..... | 27 |
| 23. | Diagrama del flujo del proceso de la materia hasta el momento de ser dosificada..... | 28 |
| 24. | Parte externa del silo con su compuerta y accionador neumático..... | 30 |
| 25. | Forma interna del silo diario o tolva con su aspa, sensor de nivel y compuerta..... | 30 |
| 26. | Sistema de desfogue de presión en los silos..... | 31 |
| 27. | Diagrama de Pareto de las variables que afectan el proceso de dosificación..... | 32 |
| 28. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a granulometría del material 1..... | 35 |
| 29. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a granulometría del material 2..... | 36 |
| 30. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a granulometría del material 3..... | 36 |
| 31. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a granulometría del material 4..... | 37 |

| | | |
|-----|--|----|
| 32. | Instrumento para calcular el peso específico | 38 |
| 33. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a peso específico del material 1..... | 38 |
| 34. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a peso específico del material 2..... | 39 |
| 35. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a peso específico del material 3..... | 40 |
| 36. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a peso específico del material 4..... | 41 |
| 37. | Instrumento para medir humedad | 42 |
| 38. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a humedad del material 1 | 42 |
| 39. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a humedad del material 2 | 43 |
| 40. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a humedad del material 3 | 44 |
| 41. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a humedad del material 4 | 45 |
| 42. | Instrumento para medir fluidez..... | 46 |
| 43. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a fluidez del material 1 | 46 |
| 44. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a fluidez del material 2 | 47 |
| 45. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a fluidez del material 3 | 47 |
| 46. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a fluidez del material 4 | 48 |
| 47. | Forma de medir el ángulo del accionador neumático..... | 49 |

| | | |
|-----|--|----|
| 48. | Cantidad de kilogramos sobredosificados en n muestras al estar activado el soplador neumático en el material 1 | 50 |
| 49. | Cantidad de kilogramos sobredosificados en n muestras al estar activado el soplador neumático en el material 2 | 51 |
| 50. | Cantidad de kilogramos sobredosificados en n muestras al estar activado el soplador neumático en el material 3 | 51 |
| 51. | Sensor de nivel tipo paleta rotativa | 52 |
| 52. | Forma visual de observar el porcentaje de llenado del silo | 52 |
| 53. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente al porcentaje de llenado del silo del material 1 | 53 |
| 54. | Gráfico de porcentaje de sobre/infradosificación frente al porcentaje de llenado del silo del material 2..... | 54 |
| 55. | Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente al porcentaje de llenado del silo del material 3..... | 55 |
| 56. | Variación de la dosificación en función del mantenimiento del equipo | 56 |
| 57. | Capacidad del proceso del material 1..... | 58 |
| 58. | Capacidad del proceso del material 2..... | 58 |
| 59. | Capacidad del proceso del material 3..... | 59 |
| 60. | Capacidad del proceso del material 4..... | 59 |
| 61. | Gráfico de control \bar{X} del porcentaje sobre/infradosificación del material 1 | 61 |
| 62. | Gráfico de control \bar{X} del porcentaje sobre/infradosificación del material 2..... | 61 |
| 63. | Gráfico de control \bar{X} del porcentaje sobre/infradosificación del material 3..... | 62 |
| 64. | Gráfico de control \bar{X} del porcentaje sobre/infradosificación del material 4..... | 62 |
| 65. | Metodología DMAIC..... | 64 |

| | | |
|-----|---|----|
| 66. | Diagrama de espina de pescado de variables analizadas y verificadas | 66 |
| 67. | Diagrama de impacto frente control de las variables identificadas..... | 67 |
| 68. | Falta de mantenimiento a sistema de desfogue de filtros | 69 |
| 69. | Fallo en los soplantes..... | 70 |
| 70. | Suciedad en los filtros | 76 |
| 71. | Filtros con remaches y con defectos | 76 |
| 72. | Diagrama de los parámetros del material 1..... | 78 |
| 73. | Diagrama de los parámetros del material 2..... | 79 |
| 74. | Diagrama de los parámetros del material 3..... | 79 |
| 75. | Diagrama de los parámetros del material 4..... | 80 |
| 76. | Diagrama de caja del porcentaje sobre/infradosificación del material 1..... | 81 |
| 77. | Diagrama de caja del porcentaje sobre/infradosificación del material 2..... | 82 |
| 78. | Diagrama de caja del porcentaje sobre/infradosificación del material 3..... | 82 |
| 79. | Diagrama de caja del porcentaje sobre/infradosificación del material 4..... | 83 |
| 80. | Variación antes y después de la dosificación del material 1 | 91 |
| 81. | Variación antes y después de la dosificación del material 2 | 92 |
| 82. | Variación antes y después de la dosificación del material 3 | 92 |
| 83. | Variación antes y después de la dosificación del material 4 | 93 |
| 84. | Gráfico para la variación de la dosificación con las tolerancias del material 1 | 95 |
| 85. | Gráfico para la variación de la dosificación con las tolerancias del material 2 | 96 |
| 86. | Gráfico para la variación de la dosificación con las tolerancias del material 3 | 96 |

| | | |
|------|--|-----|
| 87. | Gráfico para la variación de la dosificación con las tolerancias del material 4 | 97 |
| 88. | Gráfico para el control del parámetro de error de caída del material 1 | 98 |
| 89. | Gráfico para el control del parámetro de error de caída del material 2..... | 98 |
| 90. | Gráfico para el control del parámetro de error de caída del material 3..... | 99 |
| 91. | Gráfico para el control del parámetro de error de caída del material 4..... | 99 |
| 92. | Gráfico para el control del parámetro de consigna de baja caudal del material 1 | 100 |
| 93. | Gráfico para el control del parámetro de consigna de baja caudal del material 2 | 100 |
| 94. | Gráfico para el control del parámetro de consigna de baja caudal del material 3 | 101 |
| 95. | Gráfico para el control del parámetro de consigna de baja caudal del material 4 | 101 |
| 96. | Capacidad del proceso luego de implementación del material 1 | 102 |
| 97. | Capacidad del proceso luego de implementación del material 2 | 103 |
| 98. | Capacidad del proceso luego de implementación del material 3 | 103 |
| 99. | Capacidad del proceso luego de implementación del material 4 | 104 |
| 100. | Vista interior del área de desfogue y filtros siguiendo la frecuencia de mantenimiento | 106 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Principios de la misión..... | 2 |
| II. | Lista de causas por variable..... | 33 |
| III. | Tamices utilizados por material, diámetro nominal en μm | 34 |
| IV. | Índices de C_p , categoría y su decisión..... | 60 |
| V. | VARIABLES identificadas por material | 65 |
| VI. | Parámetros establecidos por material | 78 |
| VII. | Porcentaje de pérdida promedio alcanzada | 93 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Cp | Capacidad del proceso |
| N o n | Cantidad de datos |
| R² | Coeficiente de determinación |
| Q | Cuartil |
| \$ | Dólar estadounidense o USD |
| Xbar | Gráfico de control de medias |
| Cpk | Índice de capacidad de proceso |
| Kg o kg | Kilogramo |
| Kg/s o kg/s | Kilogramos por segundo |
| LSL o LCL | Límite inferior de control |
| USL o UCL | Límite superior de control |
| \bar{X} | Media de media aritmética |
| µm | Micrómetro |
| % | Porcentaje |
| s | Segundo |
| = | Signo igual |

GLOSARIO

| | |
|------------------------------------|--|
| Actuador neumático rotativo | Dispositivo que cuenta con una paleta que al momento de activarse la presión del aire este genera un movimiento rotatorio para abrir o cerrar, también conocidos como motores neumáticos. |
| Aspas | Especie de hélice que, por lo general, tiene ángulos rectos y con forma de pirámide. En el proceso productivo se utilizan para desplazar la materia prima por la compuerta que abre la electroválvula para dosificar la materia prima. |
| Balanza | Instrumento que identifica la cantidad exacta que sobre él se esté pesando, es decir, calcula el peso. |
| Caja reductora | Mecanismo que se utiliza para reducir la velocidad con la finalidad de aumentar el torque manteniendo la potencia. |
| Calidad | Se da cuando un proceso cumple con todas las condiciones o tiene altos estándares y es constante cumpliéndolos. (ej. En productos alimenticios sería que mantiene su textura, sabor, color y olor). |

Diferencia entre infradosificación y sobredosificación

La infradosificación se da cuando la materia prima, es decir, uno de los componentes de la receta cae en menor cantidad según lo que se está trabajando. La sobredosificación es cuando la materia prima cae en mayor cantidad, según receta.

Dosificación

Momento del proceso de producción en el cual cae una cantidad de materia prima siguiendo las especificaciones de una programación anterior.

Empaque

Dispositivo o parte mecánica que ayuda a que no se escape la materia prima o algún fluido del lugar donde debería estar.

Fluidez

Capacidad que tiene un material de fluir sobre una superficie; puede variar dependiendo de las condiciones del entorno como de la materia prima que es observada.

Granulometría

Capacidad de una materia prima o de un material de tener diferentes tipos de tamaños de granos, para poder hacer diferentes análisis.

Humedad

Contenido de agua que llega a tener la materia prima; puede variar por diferentes razones como podría ser la temperatura o la humedad del entorno, entre otras.

| | |
|-------------------------------|---|
| Materia prima | Componente o ingrediente que llega a formar parte del producto terminado, es representada por diferentes cantidades en kilogramos según sea la receta. |
| Mezcladora | Máquina que se encarga de juntar todos los ingredientes o componentes de una receta de forma que quede uniformemente mezclado, en la industria se utiliza para mezclar grandes cantidades de materia prima. |
| Motor eléctrico | Máquina mecánica que tiene un alimentador de energía eléctrica, es decir, transforma la energía eléctrica en trabajo. |
| Neumática | Concepto asociado a los gases y a las diferentes aplicaciones utilizadas al involucrar el gas en movimiento. |
| Peso específico | Cantidad de materia por unidad de volumen. |
| Proceso de fabricación | Secuencia de pasos ordenados y estructurados para lograr un fin como lo puede ser un producto. |

Presión dinámica

Presión generada cuando hay un movimiento o desplazamiento, es decir, un cambio tanto de la energía cinética como la potencial que crea una presión y, a su vez, la mayoría de veces involucra factores del entorno como la presión atmosférica.

Presión estática

Presión que se genera cuando la materia no está en movimiento, generándose solo por las paredes que la contienen o rodean.

RESUMEN

En la industria de la elaboración de productos alimenticios deshidratados la veracidad de la cantidad de los diferentes componentes en el producto terminado es de vital importancia para lograr alcanzar los estándares solicitados por el cliente, satisfaciendo sus necesidades básicas. El proyecto busca analizar el suceso de dosificación para lograr que la dosificación sea más estable ya que la principal problemática es la variación de la cantidad necesaria respecto de la receta.

El análisis busca verificar el planteamiento de la hipótesis que dicta que, si se logra estandarizar un parámetro mecánico, puede ser reducida la variación de tal forma que no sea susceptible por el consumidor. En paralelo se planteó otra hipótesis relacionada a la estandarización de la materia prima, esto con la finalidad de verificar si luego de encontrar oportunidades de mejora éstas cumplen con alguna de las condiciones de las hipótesis que podría ser tanto mecánica o del material.

Las acciones que causarán mejoras a la dosificación de los materiales no serán suficientes ya que se necesita crear herramientas que apoyen a la planta a darle el seguimiento correspondiente a dichas acciones, logrando así cerrar el círculo y seguir en la búsqueda de la mejora continua.

OBJETIVOS

General

Analizar las variaciones que se dan en la dosificación de la materia prima en el área de mezclado de productos alimenticios deshidratados.

Específicos

1. Identificar cuál de todas las variables que se presentan en el sistema de dosificación es el que tiene más influencia.
2. Establecer la secuencia de pasos necesarios para poder reducir las variaciones de dosificación.
3. Establecer qué beneficios traerá el análisis en la mejora continua de dicho proceso.
4. Determinar un adecuado programa de mantenimiento para el proceso de dosificación.
5. Definir los controles que se deben establecer para medir el proceso de dosificación.

INTRODUCCIÓN

La automatización de procesos industriales es muy importante y ha revolucionado la industria logrando llevar a esta a un nuevo nivel tal que, prácticamente, ha reducido la mano de obra al mínimo. Hay una gran cantidad de formas de automatizar ya que con ella se puede estandarizar un mínimo de productividad constante, aumentar la calidad en los procesos, tener seguridad de que el proceso se repita logrando las mismas especificaciones, y a su vez, se eviten gastos innecesarios.

En muchos de los casos en donde las empresas comienzan con este gran proceso se enfrentan a una inversión y a un estudio de cómo va a mejorar esta acción en su día a día. También se presentan problemas con el personal al tratar de que este se adapte al nuevo formato: otro punto es que debe reducirse el número de empleados lo cual conlleva a discusiones, y afecta el mantenimiento, que es un factor indispensable, y a la frecuencia con la que se haría el mismo, para poder llevar a cabo los procesos de la mejor forma posible.

La investigación comenzará con generalidades de la empresa que elabora productos alimenticios deshidratados en la cual se desarrollará el proyecto. El siguiente capítulo tratará de la situación actual del proyecto, la problemática de la dosificación de la materia prima y las variables que afectan a la misma. Luego está el capítulo que corresponde a la propuesta que involucra todos aquellos procesos o actividades que harán un cambio para mejorar el proceso de dosificación, seguido de la implementación de dichas propuestas que fueron aceptadas para darle un seguimiento. En el siguiente capítulo se tratará la mejora continua y la supervisión o seguimiento respectivo de las propuestas

implementadas para darle, ya sea mejoras o verificar solo el cumplimiento y, por último, se verá el medio ambiente y qué actividades o pasos se realizan para cuidar del mismo con respecto al proceso que se da en la planta.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

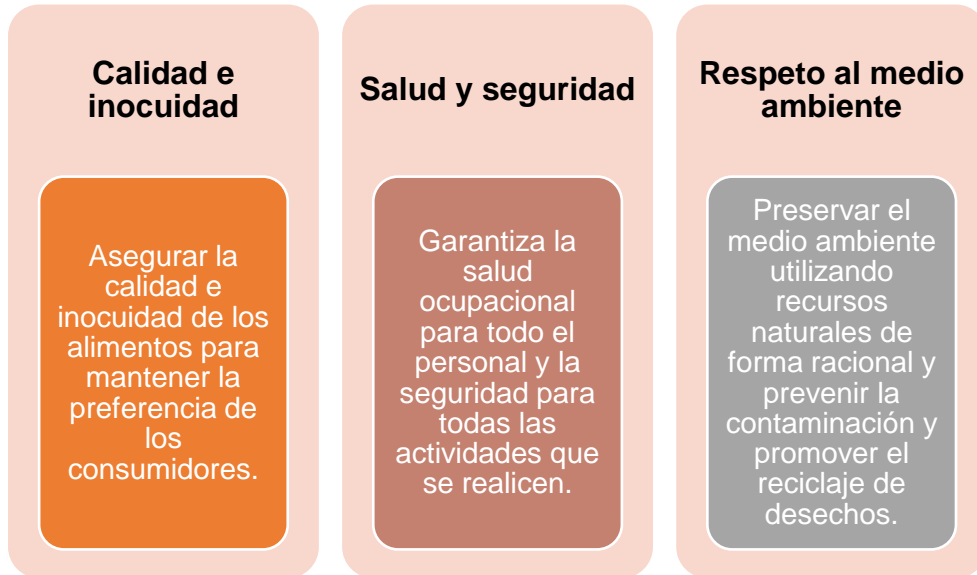
1.1. Misión

“Ser una unidad de negocio que desarrolla y fabrica productos alimenticios que satisfagan las expectativas de clientes y consumidores: productos de calidad, seguros, saludables, fáciles de preparar y a un costo competitivo, en cumplimiento de las normas y estándares locales e internacionales de inocuidad, seguridad y medio ambiente en beneficio de nuestros empleados, sociedad y compañía”.¹

Principios de la misión de la fábrica. Son tres grandes principios que se describen en la tabla 1.

¹ Empresa de productos alimenticios deshidratados.

Tabla I. **Principios de la misión**



Fuente: documentos de la empresa.

1.2. **Visión**

“Ser reconocida como la fábrica líder a nivel mundial en el desarrollo y fabricación de productos alimenticios nutritivos saludables y de bienestar a través de la excelencia operativa en un entorno de aprendizaje continuo, creando valor compartido y desarrollo sostenible”.²

1.2.1. **Otros aspectos**

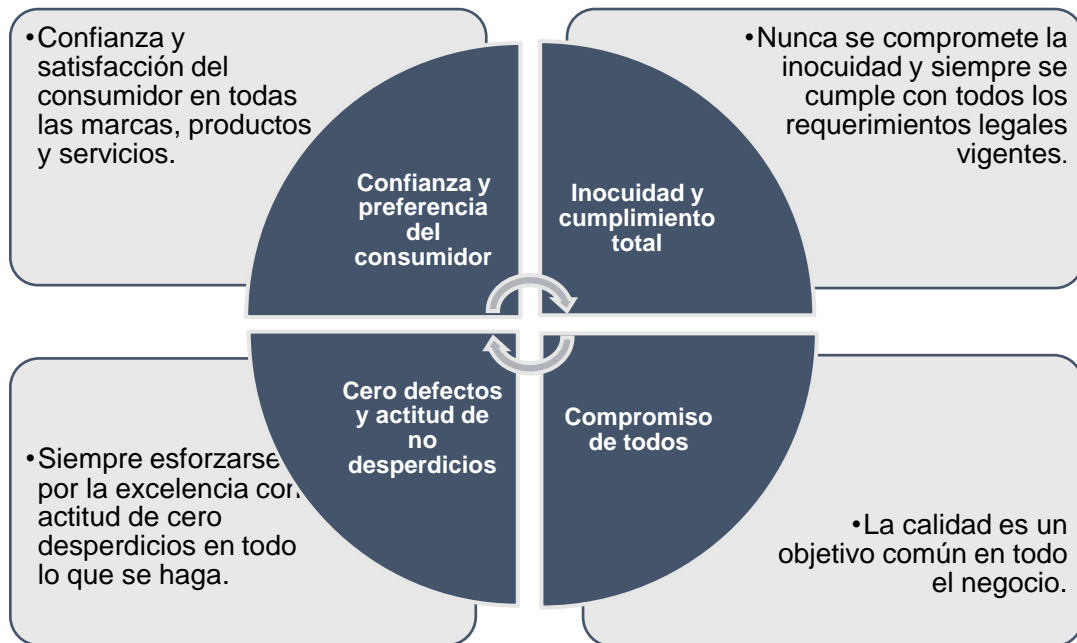
Política de calidad

Establece el mantenimiento de estándares y calidad de los productos elaborados para cumplir con la más alta calidad para su consumo. Dichos

² Empresa de productos alimenticios deshidratados.

estándares deben ser cumplidos en todos los procesos involucrados en todo el proceso.

Figura 1. **Política de calidad**



Fuente: documentos de la empresa.

1.2.2. **Certificaciones**

Actualmente, la fábrica de productos alimenticios deshidratados está certificada con:

- NQMS: Sistema de calidad
- ISO 22000-2005
- OHSAS 18001
- ISO 14000

1.2.3. Recursos económicos

La empresa cuenta con un presupuesto por cada departamento y este es responsable de enviar sus presupuestos anuales a la fábrica matriz de América para que esta apruebe dicho presupuesto.

1.2.4. Área en donde se realizará el proyecto

El proyecto para reducir la variación de la dosificación se llevará a cabo primordialmente en el área de mezclado; consta de tres niveles en los cuales se ubican las diferentes áreas:

En el primer nivel se encuentra el área de trasiegos, que es en donde la materia es transportada, áreas donde se almacena producto terminado no empacado y donde se reciben las mezclas del producto terminado para empacar.

En el segundo nivel se encuentra el sistema de control del proceso de dosificación, así como las balanzas y la mezcladora y, por último, en el tercer nivel se encuentran el área donde se dosifica los diferentes materiales a las balanzas para luego ser trasladadas a la mezcladora.

1.3. Organigrama de la empresa

Actualmente, existen seis departamentos que se ocupan en el desarrollo de proyectos relacionados con la producción de alimentos, todos con el fin de lograr la mejora continua dentro de la fábrica. Dichos departamentos se presentan en la figura 2.

Figura 2. Departamentos de la empresa

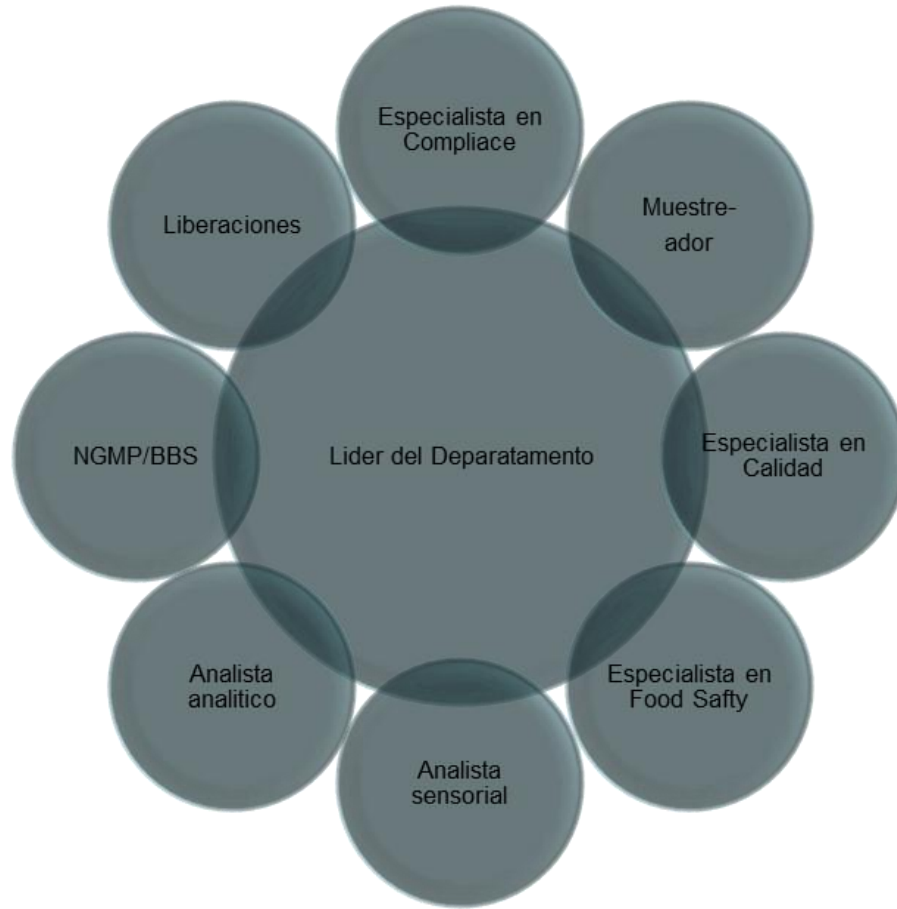


Fuente: organigrama de la empresa.

1.3.1. Organización del Departamento de Aseguramiento de Calidad

El Departamento de Calidad lo conforman nueve personas, además de las practicantes universitarias. El esquema de los integrantes se presenta en la siguiente gráfica.

Figura 3. **Organización del Departamento de Calidad**



Fuente: tabla de integrantes del Departamento de Calidad.

1.3.2. Funciones del Departamento de Calidad

Asegurar la calidad e inocuidad de los productos alimenticios fabricados en la industria, también se encarga de atender cualquier reclamo presentado por algún consumidor hasta encontrar la causa del problema que generó el mismo.

El departamento evalúa y controla las tablas y etiquetas nutricionales de los productos elaborados, basados en los reglamentos y normas de cada país hacia el cual va dirigido el producto final.

Por último, se tiene a cargo el laboratorio de evaluación sensorial en donde se lleva a cabo degustaciones con el fin de corroborar que todas las características organolépticas cumplan con la referencia estándar y puedan ser liberadas para ser distribuidas.

1.3.2.1. Necesidades priorizadas en el Departamento de Calidad

- Inasistencia e impuntualidad de panelistas a las evaluaciones sensoriales.
- Falta de control en los productos que no cumplen con los estándares de la empresa de productos alimenticios deshidratados en las pruebas de conservación.
- Revisión y actualización de matriz de reportes de productos nuevos 2014-2015.
- Actualización del formato de la matriz de la prueba de conservación de los productos que apliquen.
- Falta de estándar de desmoronabilidad y forma para productos que lo requieran.
- Falta de evaluación de performance del panel en detección de sobredosificaciones e infradosificaciones de la receta.
- Establecer las competencias de laboratorio de evaluación sensorial.
- Falta de implementación de matriz de competencias en dosimetría.

1.4. Descripción de los productos

Actualmente se produce una gran variedad de productos, que incluyen sopas, cremas, caldos, sazonadores y consomés, empacados en diferentes presentaciones, los mismos son distribuidos a diversos países, específicamente se producen aproximadamente 150 productos diferentes.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, la empresa fabrica gran cantidad de productos en el área de mezclado para lo cual, buscó un proyecto para poder mitigar la cantidad de reclamos que se dan porque el producto no sabe como se supone que debía saber. Uno de los reclamos más constantes es por el sabor, el cual se ve afectado por la variación en las cantidades de los diferentes materiales dosificados en dicha área.

2.1. Problemática

El problema radica en que existe una variación de dosificación, es decir, que en varias ocasiones la materia prima no cae según la especificación de la receta, cayendo la misma en mayor cantidad o en menor cantidad a la especificada por el sistema de control. Esta situación se da por diferentes condiciones no identificadas que alteran el entorno de dosificación, perjudicando al mismo y evitando que el proceso sea el correcto en la torre de mezclas. La mecánica del problema es enfocar el análisis en cuatro materiales y poder replicar el mismo en los demás que presenten la misma problemática.

2.1.1. Mecánica

El problema mecánico donde se desarrolla el proyecto es que no existen los controles necesarios o bien identificados según todas las variables que se presentan, así como los mantenimientos específicos para lograr que se dosifique el material de forma adecuada. Las modificaciones implican realizar un trabajo de planeación con el Departamento de Producción y el Departamento

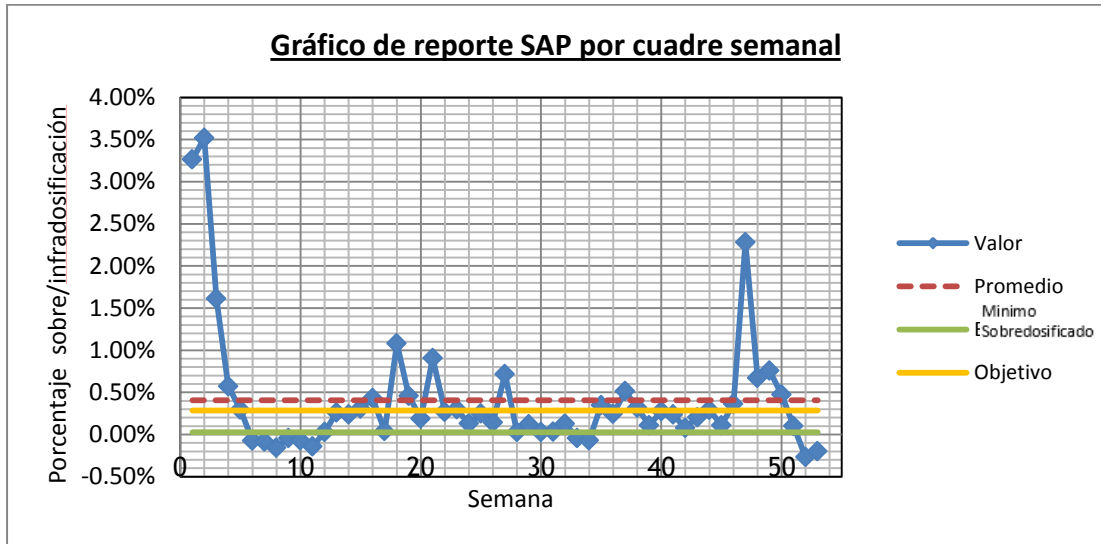
de Ingeniería, porque estas son unas de las áreas que menos se detienen y que más pérdida trae a la empresa el hecho que no estén produciendo.

2.1.2. Materiales

El problema de los materiales es que luego de pasar por ciertos controles y especificaciones de calidad para ingresar en bodega, se desconoce si después de estar almacenados esos estándares han cambiado de los anteriores; y este es uno de los causantes que pueda ser que perjudique en gran manera el proceso correcto, haciendo que el producto terminado no cumpla para poder ser empacado. Lo anterior impacta no solo en temas relacionados al atraso de programas de producción sino que también causa pérdidas considerables a la empresa, y al darse la situación de empacarlo causar un reclamo por parte del cliente o del consumidor, porque el producto terminado no cumple con aspectos como el sabor del producto, color, textura, entre otras.

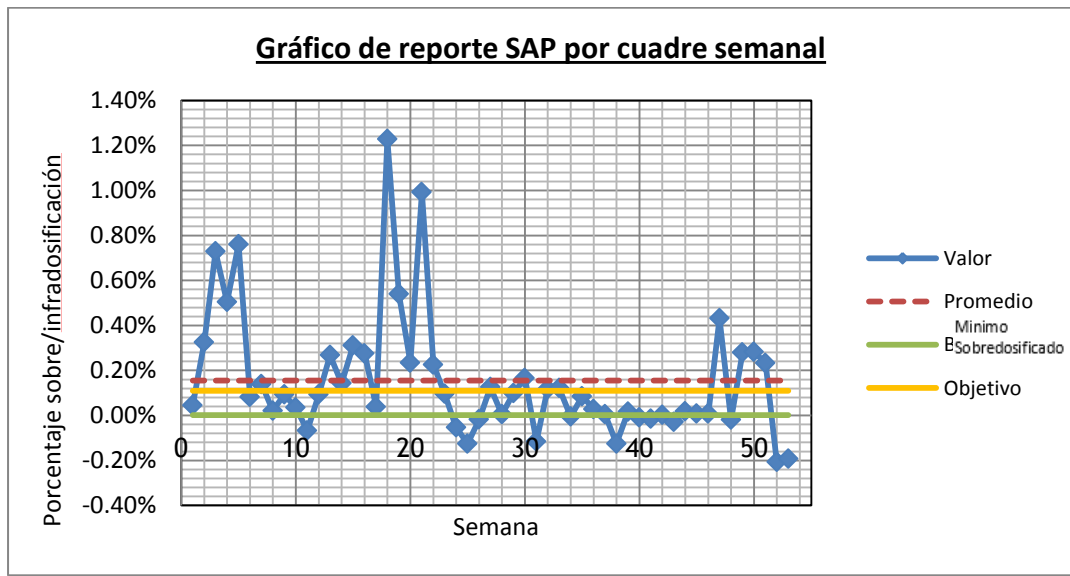
Para poder analizar correctamente la forma como se comportaban los materiales a lo largo del año se recabó un historial de información por cuadro semanal obtenido de Sistemas, Aplicaciones y Procesos (SAP), para poder identificar el siguiente comportamiento de los cuatro materiales a los que se les dio prioridad:

Figura 4. Gráfico de comportamiento del material número 1



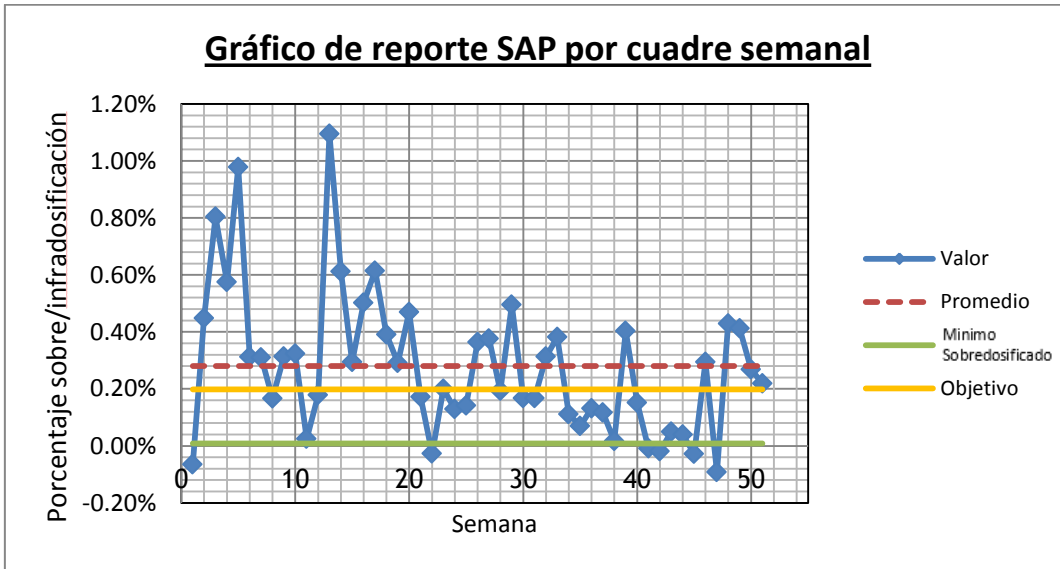
Fuente: reporte de cuadro semanal en Sistemas, Aplicaciones y Procesos (SAP).

Figura 5. Gráfico de comportamiento del material número 2



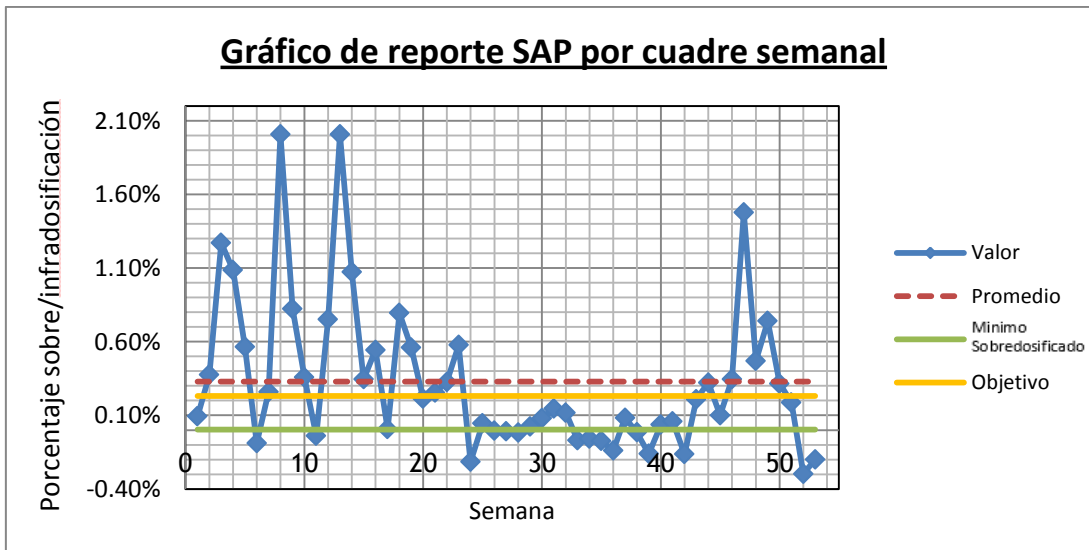
Fuente: reporte de cuadro semanal en Sistemas, Aplicaciones y Procesos (SAP).

Figura 6. Gráfico de comportamiento del material número 3



Fuente: reporte de cuadro semanal en Sistemas, Aplicaciones y Procesos (SAP).

Figura 7. Gráfico de comportamiento del material número 4



Fuente: reporte de cuadro semanal en sistemas, aplicaciones y procesos (SAP).

Según el análisis de los gráficos se observa que la tendencia de los cuatro materiales es de sobredosificación, identificando también que la media está sobredosificada ya que se encuentra en la parte superior del eje "y", por lo que las acciones están enfocadas en reducir las sobredosificaciones de los mismos.

2.1.3. Control

Actualmente, la empresa no puede controlar la forma como se dosifica el material y la calidad del producto terminado para luego empacarlo, no se ha identificado la causa raíz de la mala dosificación de la materia prima, por lo que se puede asumir que los controles establecidos no son suficientes para asumir, que el proceso es capaz de entregar el producto terminado de forma estable y controlada cumpliendo con todos los parámetros establecidos por la empresa.

2.1.3.1. Sistema de dosificación

Los controles que se tienen para sistema de dosificación son dos:

- Los reportes generados por el programa que controla todo el proceso de dosificación.
- La información trasladada a SAP.

En el sistema por cada material que es dosificado, existen tres parámetros que lo controlan:

- La tolerancia: es la cantidad en kilogramos que puede caer de más o de menos al dosificarse cada materia prima, esta debe cumplirse para que el producto terminado sea estable, pero no se ha determinado actualmente la tolerancia específica por material.

- Consigna de bajo caudal: indica que al faltar cierta cantidad de kilogramos por dosificarse, la compuerta donde se dosifica el material pasará de estar totalmente abierta a semiabierta.
- Error de caída: este parámetro indica que al faltar cierta cantidad de kilogramos la compuerta pasará de estar semiabierta a cerrada.

Figura 8. **Forma visual de cambio de parámetros**

| | |
|-------------------------------|-------|
| Consigna Paso en Baja Caudal | 50.00 |
| Error de Caída | 1.50 |
| Tolerancia | 2.00 |
| Tiempo Máximo de Dosificación | 25.00 |

Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 9. **Forma visual del reporte de parámetros registrados en el controlador lógico programable (PLC)**

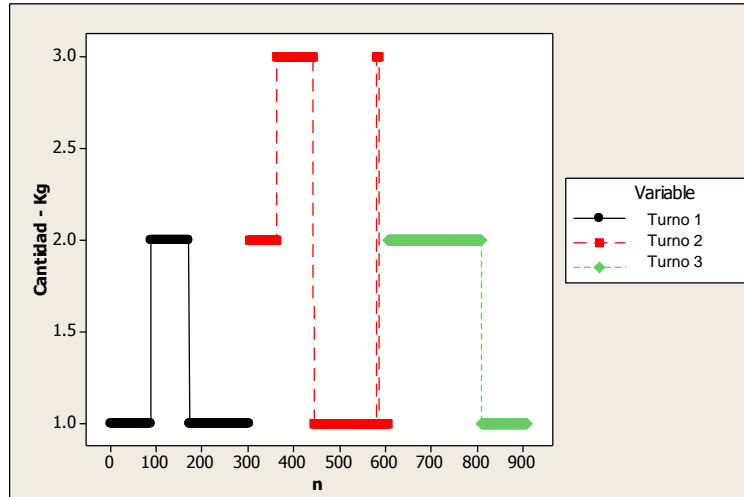
| Reporte de error de caída: silo diario 1 | | | | | | 12/21/2015 |
|--|---------------|------------------|----------------|----------|------------|------------|
| HORA | CODIGO RECETA | NOMBRE DE RECETA | ERROR DE CAIDA | CONSIGNA | TOLERANCIA | |
| Dec 21 2015 3:09PM | | | 5.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 3:09PM | | | 5.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 3:08PM | | | 5.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 3:06PM | | | 5.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 3:03PM | | | 5.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 3:03PM | | | 5.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 3:02PM | | | 5.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 3:00PM | | | 5.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:50PM | | | 6.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:49PM | | | 6.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:48PM | | | 6.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:47PM | | | 6.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:44PM | | | 6.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:44PM | | | 6.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:43PM | | | 6.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:41PM | | | 6.00 | 60.00 | 1.00 | |
| Dec 21 2015 2:09PM | | | 4.50 | 120.00 | 3.00 | |
| Dec 21 2015 2:04PM | | | 4.50 | 120.00 | 3.00 | |

Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Por lo general, la información trasladada a Sistemas, Aplicaciones y Procesos (SAP) suele ser de mayor confianza porque los datos son copiados en tiempo real y no se extraen de reportes, pero este cuenta con la desventaja de que muchas veces estos, no tienen toda información que se puede observar en los reportes generados por el programa y que en ocasiones se hace cuadrar para evitar perder mucho el tiempo. En cambio, los reportes generados por el programa, suelen tener errores en la data o información guardada, porque si en una receta se dosifica una cantidad mayor a la tolerancia, se activa una alerta, en la cual el maquinista puede optar por dejar pasar así el proceso o activar manual y dosificar la cantidad de materia prima faltante para poder cumplir con la tolerancia especificada.

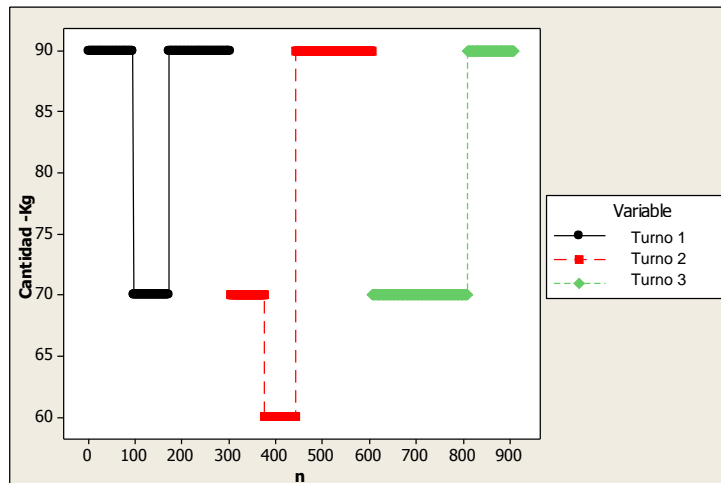
Se recopilaron gráficos del control de parámetros realizados por el operador por turno ya que solo existe un encargado del área por turno. Esto se hizo con la finalidad de observar la variación en dichos parámetros y ver si desde un inicio podía considerarse como una variable.

Figura 10. **Gráfico del cambio de parámetro de tolerancia por turno del material 1**



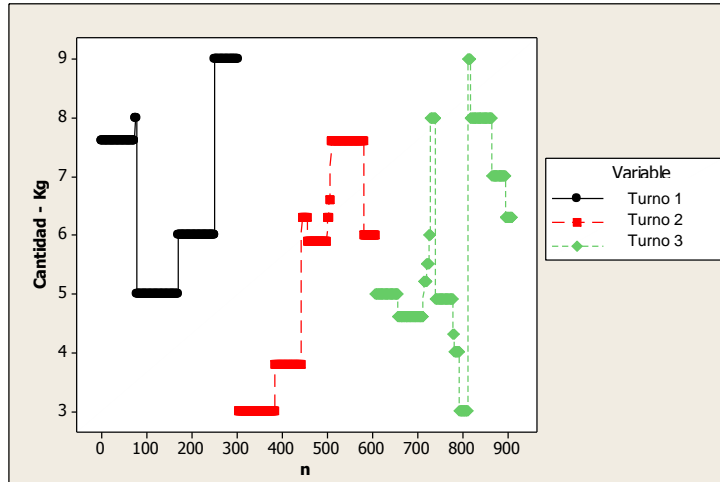
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 11. **Gráfico del cambio de parámetro de consigna de bajo caudal por turno del material 1**



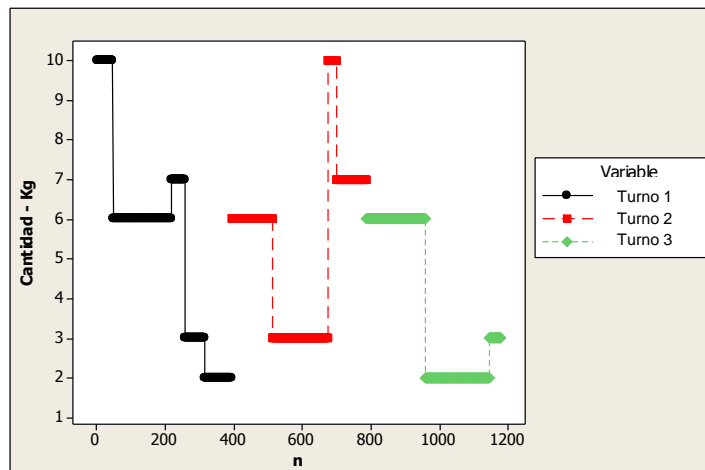
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 12. **Gráfico del cambio de parámetro de error de caída por turno del material 1**



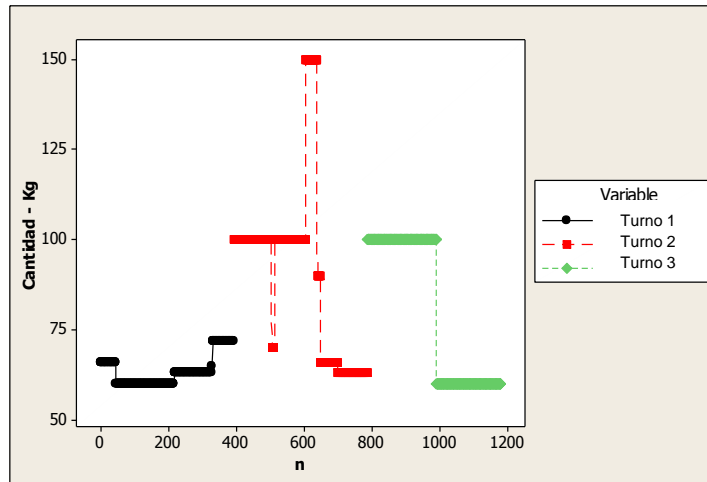
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 13. **Gráfico del cambio de parámetro de tolerancia por turno del material 2**



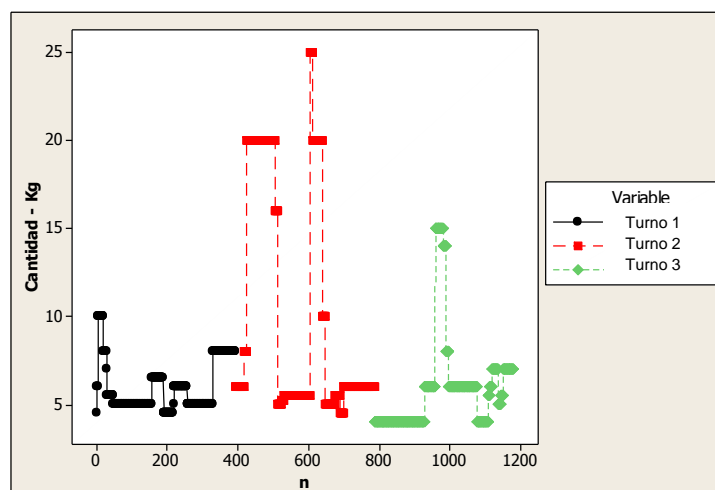
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 14. **Gráfico del cambio de parámetro de consigna de bajo caudal por turno del material 2**



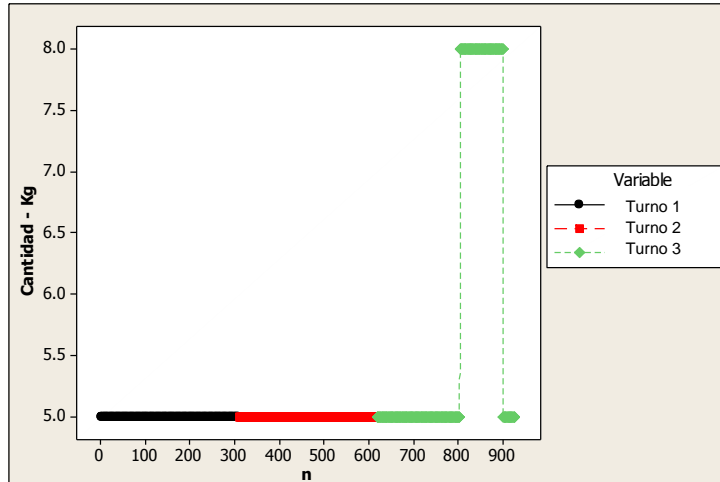
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 15. **Gráfico del cambio de parámetro de error de caída por turno del material 2**



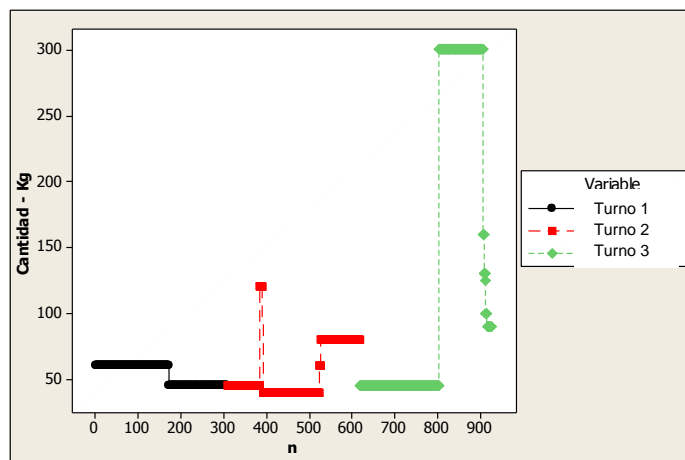
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 16. **Gráfico del cambio de parámetro de tolerancia por turno del material 3**



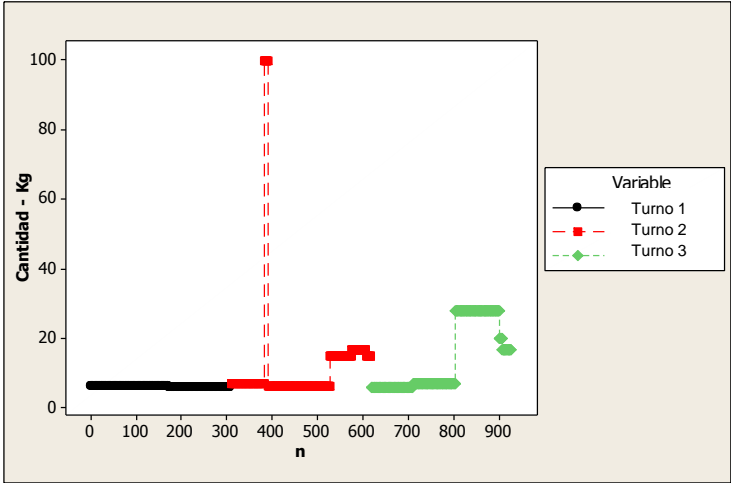
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 17. **Gráfico del cambio de parámetro de consigna de bajo caudal por turno del material 3**



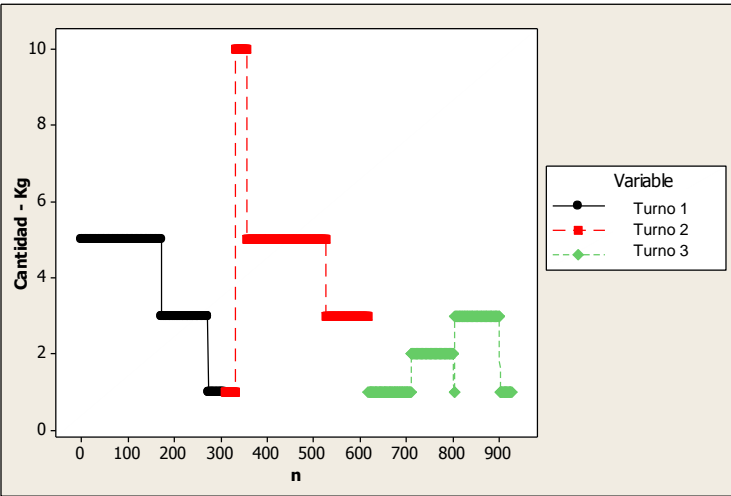
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 18. **Gráfico del cambio de parámetro de error de caída por turno del material 3**



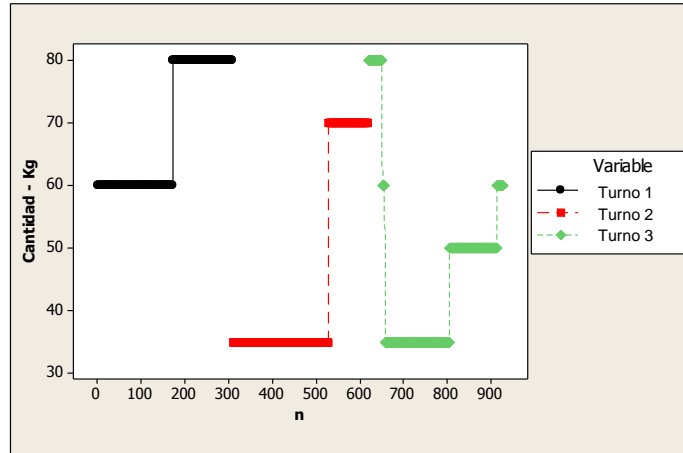
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 19. **Gráfico del cambio de parámetro de tolerancia por turno del material 4**



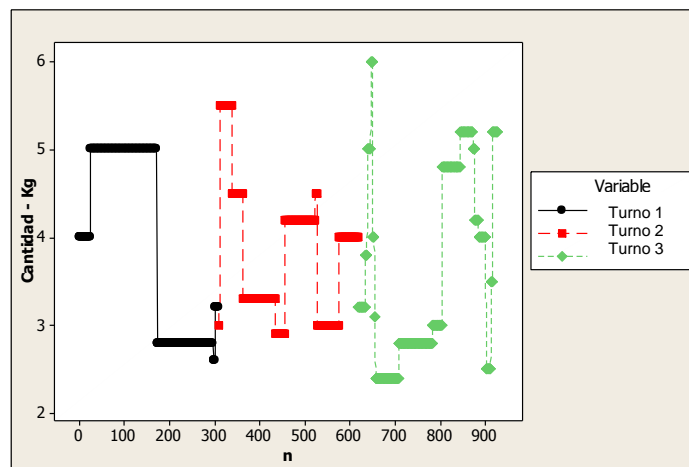
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 20. **Gráfico del cambio de parámetro de consigna de bajo caudal por turno del material 4**



Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 21. **Gráfico del cambio de parámetro de error de caída por turno del material 4**



Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

2.1.3.2. Calidad

Los controles de calidad que existen son al almacenar la materia prima en bodega y como producto terminado, actualmente, no cuentan con controles establecidos durante el tiempo que esta materia prima está almacenada antes de ser dosificada para formar parte de la masa que consta en la receta de un producto terminado.

Los controles ya establecidos mientras están en bodega son verificados por diagramas de Xbar los cuales son actualizados por los operarios de la fábrica y estos gráficos o indicadores son llenados dependiendo de quién maneja o trabaja con los materiales.

2.2. Colaboradores

Entre los colaboradores que más aportaran al proyecto con la finalidad de reducir la variación en la dosificación de la materia prima están:

- El Departamento de Calidad: como bien se mencionaba este departamento es el encargado de evitar que la materia prima no entre según los estándares o que el producto terminado salga sin cumplir con las especificaciones. Tiene al personal necesario para mantener esos estándares, para lo cual se necesitará de su colaboración, para conocer las diferentes normas para la correcta toma de información, muestreo, análisis e implementación de acciones que permitan lograr los resultados deseados para la empresa.

- El Departamento de Ingeniería: es el encargado de los aspectos de la planta que involucran las mejoras, mantenimiento y acciones técnicas que ayudan a que el proceso de la planta se dé de la mejor forma. Así mismo, cuenta con el conocimiento necesario para colaborar en todos aquellos aspectos que son necesarios de identificar en el proceso de dosificación, sus problemas técnicos, los mantenimientos y la maquinaria involucrada. La finalidad de contar con la colaboración del departamento es para adquirir el conocimiento necesario del proceso y de la maquinaria para poder implementar o desarrollar las ideas necesarias que logren la reducción de la variación en el área de interés.
- El Departamento de Producción: es el encargado de ver todo lo concerniente al orden y pasos por seguir dentro de la planta para producir, así como ver la forma de optimizar el proceso, para evitar pérdidas. En la empresa se presentan dos problemáticas, la que se analiza en este trabajo, que es el estudio de la variación en el dosificado de los ingredientes y su mezclado. Y la otra que se debe a distintas situaciones del fallo de la maquinaria.
- Recursos Humanos: se encarga de todo lo relacionado al personal, desde contratar, capacitar, coordinar inducciones y desarrollar todo el recurso humano. Este departamento relacionado con el proyecto, colaborará con desarrollar el recurso humano, es decir, capacitará al personal de tal forma que esté enterado de la finalidad del proyecto y de desarrollar algunas habilidades o capacidades necesarias por parte de todos los integrantes del grupo para poder ayudar a agilizar todos los procesos o pasos del proyecto.

2.3. Descripción del proyecto

El proyecto se creó con la finalidad de reducir la variación en la dosificación de los diferentes materiales trabajados, ya que esto causa grandes pérdidas y sobrantes. A su vez, se busca que la calidad del producto terminado sea más estable en cuanto a la combinación correcta de dichas materias primas, para que las líneas de llenaje de la producción de las diferentes presentaciones del producto terminado sean las adecuadas.

2.3.1. Objetivos

El objetivo del proyecto es reducir en un 30% la sobredosificación de los materiales de interés. Para llegar a esto es necesario conocer a profundidad el sistema de la torre de mezclas, las variables que en este se ven involucradas, así como también la problemática que se da, para poder identificar las posibles mejoras en la dosificación de las materias primas.

Consolidando toda la información de los cuatro materiales se tiene que de la semana 36 del 2014 a la semana 36 del 2015 se tuvieron pérdidas de aproximadamente, 28,300Kg respecto de lo previsto de los materiales trabajados. En los materiales se tenía un porcentaje promedio de pérdida:

- Material 1 (0,41 % pérdida)
- Material 2 (0,16 % pérdida)
- Material 3 (0,28 % pérdida)
- Material 4 (0,33 % pérdida)

Con base en este porcentaje de pérdida se buscó un beneficio financiero, luego una mejor tendencia de variación de la dosificación y, además, reducir la

cantidad se infradosificaciones porque estas eran las que causaban que no cumpliera con todas las especificaciones de calidad del producto. Este se podía o no cumplir ya que al reducir la cantidad de infradosificaciones y aumentar sobredosificaciones se tenía mayor pérdida del material. El objetivo por material fue el siguiente:

- Material 1 (0,28 % pérdida)
- Material 2 (0,08 % pérdida)
- Material 3 (0,20 % pérdida)
- Material 4 (0,23 % pérdida)

2.3.2. Alcance

El sistema de dosificación tiene impacto en diversos focos de creación de proyectos de la fábrica, como en las pérdidas de materia prima y reclamos por el consumidor. Involucrados diferentes sistemas como los silos en los que son dosificadas las materias primas y las básculas que pesan la materia prima antes de trasladarla al mezclador.

2.3.3. Hallazgos

Los hallazgos que se plantearon para iniciar fueron en base a las observaciones que demostraron que hay cambios de dosificación al presentarse la presión en los silos diarios. Esta presión es causada por la limpieza y la activación del soplador del filtro. La condición de la materia prima es determinada por las características de la misma.

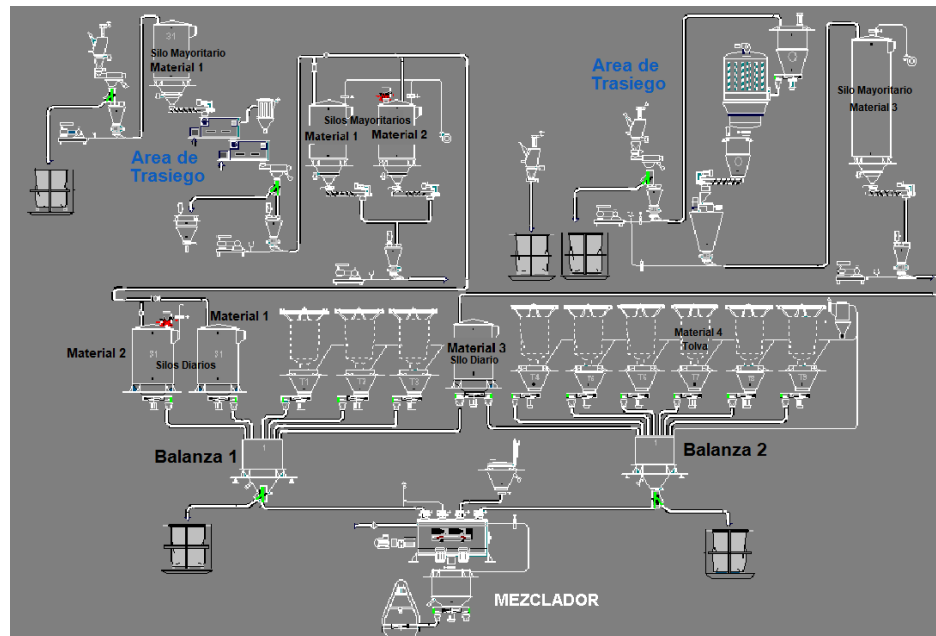
Los parámetros que pertenecen al sistema de control de dosificación son cuatro: bajo caudal, error de caída, tolerancia y tiempo máximo de dosificación.

2.4. Áreas en donde se desarrolla el proyecto

El proyecto se desarrollará en la torre de mezclas, el proceso de dosificación comprende varias partes, primordialmente se abarcará:

- El área de trasiego que es en la cual la materia prima es trasladada de bodega hasta el área silos mayoritarios.
- El área de silos mayoritarios, es decir contenedores de alto volumen que almacenan los materiales de mayor consumo de la empresa, actualmente son tres los materiales que la empresa utiliza en silos mayoritarios, luego estos son transportados a los silos diarios.
- Los silos diarios, son contenedores de un tamaño menor que el de los mayoritarios pero almacenan gran cantidad de materia prima. Actualmente, se cuenta con cinco silos diarios dos de los materiales de más consumo tienen dos silos diarios, mientras que para el otro hay un silo diario.
- Las básculas son los dispositivos que pesan los materiales que son dosificados para luego ser mezclados, estos se alinearon con el sistema de tal forma que, si se tiene un estándar y no cumple, se puedan hacer cambios antes de ser trasladada esa materia a la mezcladora.

Figura 22. Diagrama de maquinaria y enfoque del proyecto

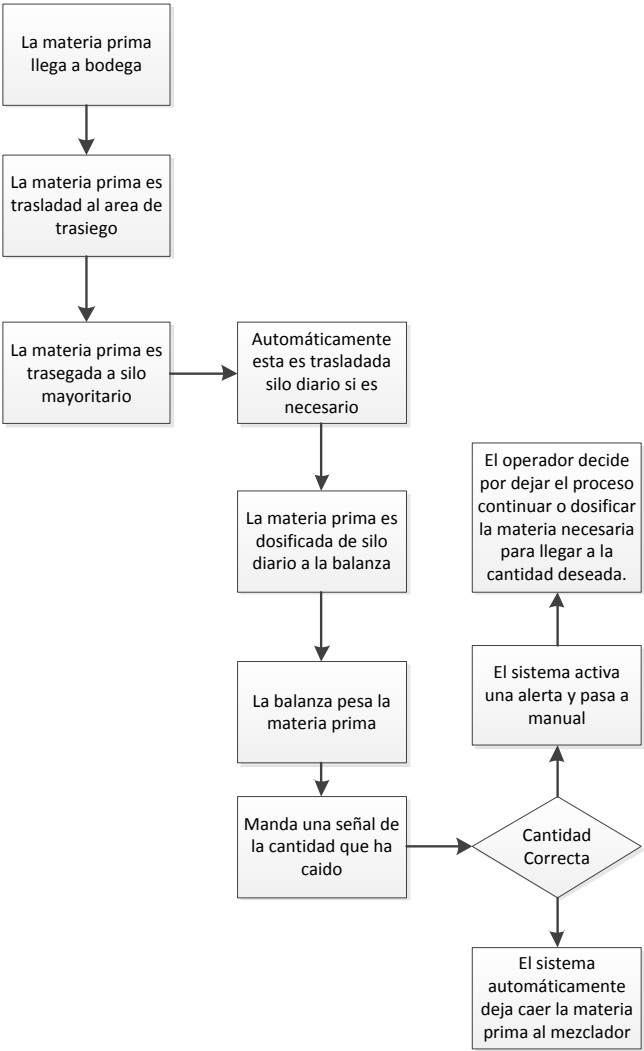


Fuente: diagrama de equipo de producción.

2.5. Diagrama de flujo del proceso del proyecto

El diagrama del flujo del proceso que se centrará en el área de torre de mezclas consta de los siguientes procesos:

Figura 23. Diagrama del flujo del proceso de la materia hasta el momento de ser dosificada



Fuente: elaboración propia.

2.6. Descripción del equipo utilizado

En el proyecto se necesitó tener el conocimiento la maquinaria o equipo que hace funcionar la dosificación del sistema, con la finalidad de conocer las oportunidades de la mejora de la maquinaria y la metodología que se utiliza para dosificar los materiales de la forma más precisa posible.

2.6.1. Maquinaria

En el área de mezclado se cuenta con tres niveles, en el primero se trasiegan los materiales al área de silos mayoritarios, el traslado de la materia prima se realiza por medio de soplantes, de la misma forma es trasladado del área de silos mayoritarios a diarios al tercer nivel utilizando soplantes, el depósito y control de la cantidad de materia prima es por medio de sensores de nivel.

En los silos se encuentra un sistema neumático que ayuda al desfogue de la presión y un sistema de filtros, un motor eléctrico, aspas, acoples, accionadores neumáticos y compuertas. A toda la maquinaria se le suministra energía eléctrica y neumática.

Figura 24. **Parte externa del silo con su compuerta y accionador neumático**



Fuente: equipo de producción.

Figura 25. **Forma interna del silo diario o tolva con su aspa, sensor de nivel y compuerta**



Fuente: equipo de producción.

Figura 26. **Sistema de desfogue de presión en los silos**



Fuente: equipo de producción.

2.6.2. Método de dosificación

El método que se utiliza para el control de la dosificación es programable y puede ser de forma automática (controlada por el PLC) o de forma manual en la que el maquinista hace la dosificación y trabaja la activación del sistema según el criterio que va desde la activación de los soplantes, sistema de desfogue, motores y accionadores neumáticos.

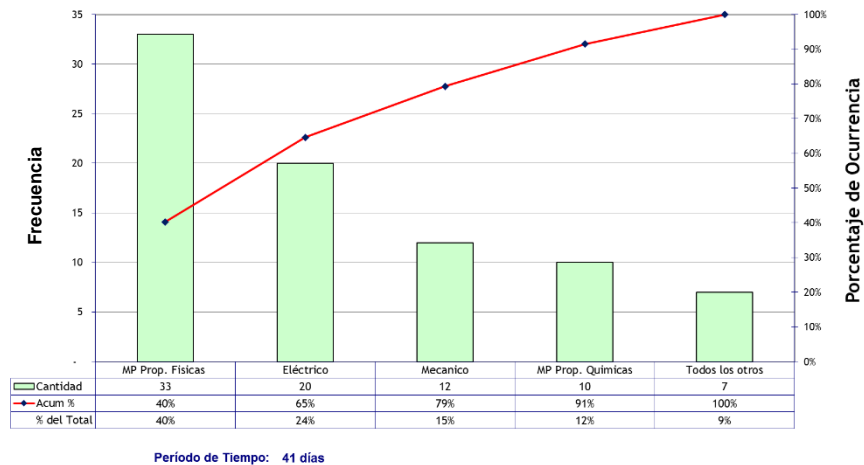
2.7. Variables involucradas

En el proceso de dosificación se identificó que, primordialmente, son diferentes variables las que se presentan y que afectan al correcto funcionamiento de proceso causando pérdidas monetarias e inconformidades. Las variables más significativas que se encontraron fueron:

- Variables mecánicas
- Variables eléctricas
- Características físicas de la materia prima
- Propiedades químicas del material
- Otros

Cada una de ellas se analizó de dos formas, cuando se encontraba en bodega y cuando ya se encontraba en silo diario, con la finalidad de hacer una comparación y verificar el cambio de las variables involucradas de tal forma que se encontrara la condición ideal en la cual la materia prima, en un rango o un estándar, se pudiera dosificar de una forma más estable. Se realizó un análisis de Pareto para identificar cuáles eran las variables significativas (las que ocupaban aproximadamente el 80 % de ocurrencia).

Figura 27. **Diagrama de Pareto de las variables que afectan el proceso de dosificación**



Fuente: elaboración propia.

Las variables significativas tomadas en cuenta según el Pareto son:

- Variables mecánicas
- Variables eléctricas
- Características físicas de la materia prima

Se creó una lista de posibles causas a cada variable. Luego, se procedió a realizar los siguientes análisis para descartar las variables que no eran significativas para el proceso de control de variación de dosificación.

Tabla II. **Lista de causas por variable**

| Variables mecánicas | Variables eléctricas (control o programables) | Características. físicas de la materia prima |
|-------------------------------|--|---|
| Acumulación de presión | Parámetro de tolerancia | Humedad |
| Mantenimiento del motor | Parámetro de error de caída | Peso específico |
| Ángulo de las electroválvulas | Parámetro consigna de bajo caudal | Fluidez |
| | Porcentaje de llenado del silo | Granulometría |

Fuente: elaboración propia.

Cada análisis que se realizó con dichas variables es para identificar el valor en que se encuentra la materia prima en esos momentos, a su vez, para comparar como era el proceso de dosificación bajo ese valor, analizando el comportamiento de las dosificaciones en la torre de mezclas para establecer, si esta podría ser una de las causas-raíz de la problemática actual.

Para validar el análisis de las variables eléctricas del parámetro de tolerancia, error de caída y consigna de bajo caudal, se tomó el estudio realizado en el subcapítulo 2.1.3.1. (Sistema de dosificación) ya que estas

podrían ser causas que afectaban directamente la forma de dosificación, porque estos son parámetros utilizados para el control en todos los materiales trabajados. Se enfocó el análisis en la búsqueda de si sobre el parámetro se presentaban cambios frecuentes de valor (variabilidad). En este subcapítulo se muestran los gráficos de la variación o alteración por turno de los mismos esto debido a la poca de estandarización y control.

2.7.1. Granulometría

Este análisis se realizó para verificar el cambio de retención de los materiales en los diferentes tamices y verificar el cambio, tanto en el momento de ser dosificado como almacenado en bodega. Para el correcto análisis de los cuatro materiales involucrados se utilizaron diferentes tamaños de tamices proporcionados por la empresa, con ello se buscaba identificar en qué rango de tamices se llegaba a tener una tendencia en forma de campana de Gauss respecto de la retención del material en los diferentes tamices.

Tabla III. **Tamices utilizados por material, diámetro nominal en μm**

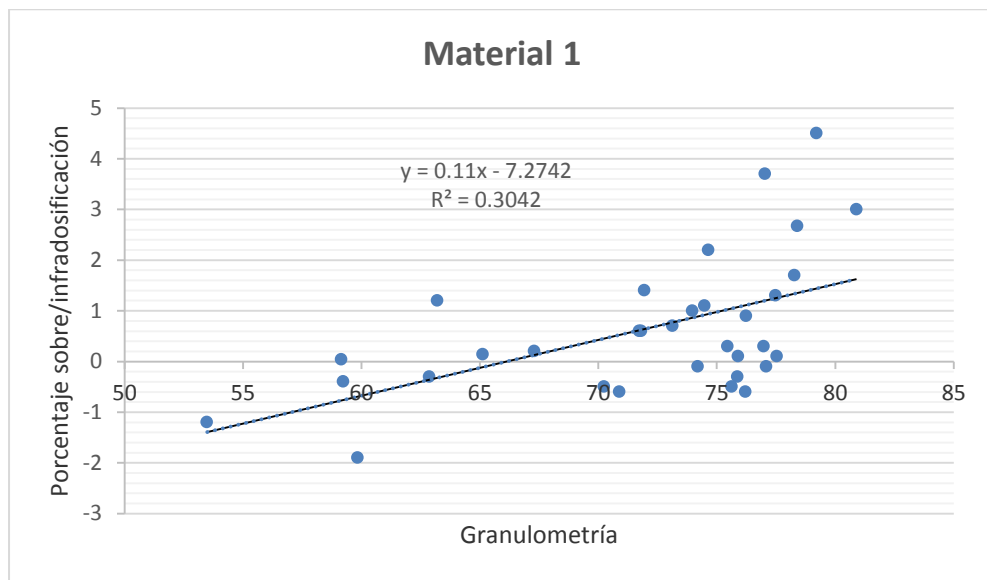
| Material 1 | Material 2 | Material 3 | Material 4 |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 600 | 600 | 1180 | 1180 |
| 500 | 425 | 850 | 850 |
| 425 | 355 | 600 | 600 |
| 355 | 250 | 500 | 425 |
| 250 | 212 | 425 | 355 |
| 212 | 106 | 250 | 250 |

Fuente: elaboración propia.

Con las cuatro materias primas la tendencia de retención de la granulometría enfocada en la norma manejada en la empresa, consistía básicamente en seleccionar siete tamices (los que son más adecuados

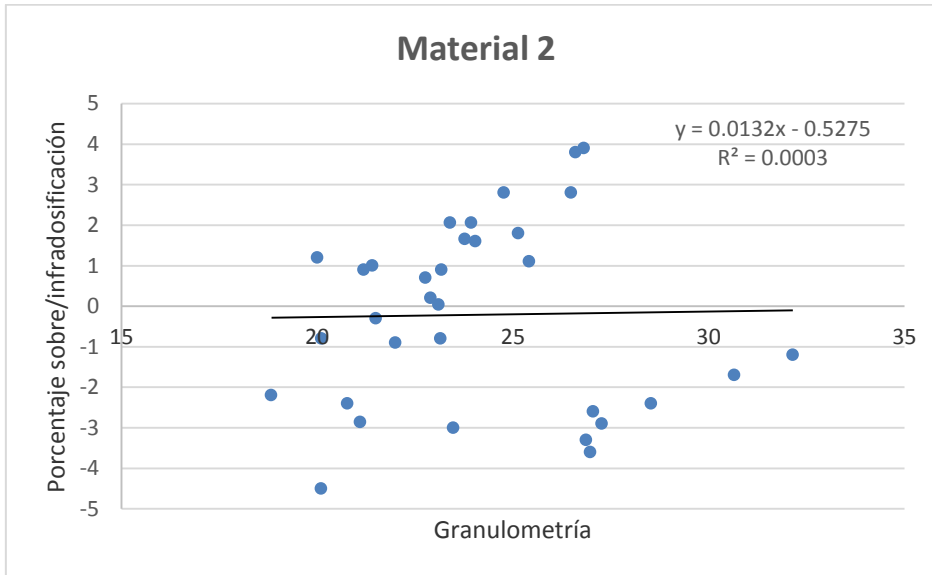
dependiendo del material trabajado) en la granulometría, para luego pasar a seleccionar los tres de la parte intermedia ya que en ellos se encontrará la mayor cantidad de materia prima posible. Lo anterior se realizó con la finalidad de especificar un rango aceptable respecto del tamaño del mismo. La forma como se comportaban los cuatro materiales según la granulometría fue la siguiente:

Figura 28. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a granulometría del material 1**



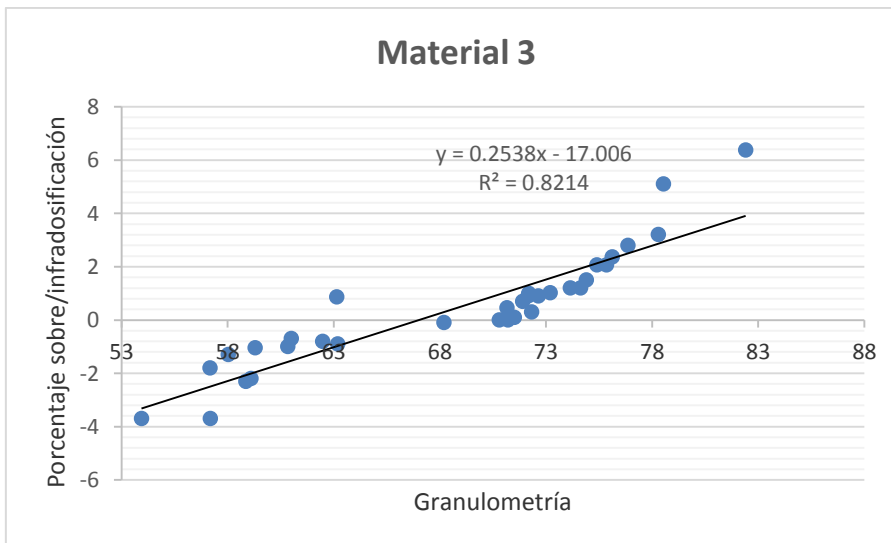
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a granulometría del material 2**



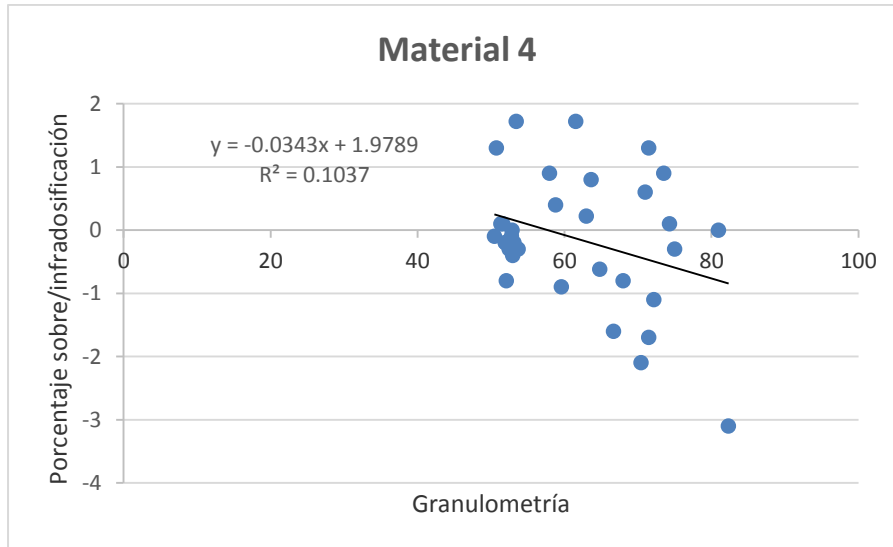
Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a granulometría del material 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a granulometría del material 4**

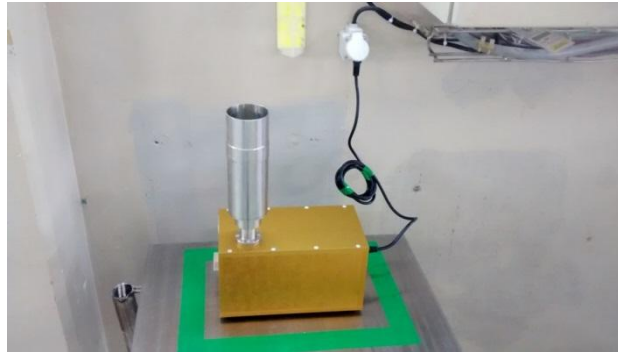


Fuente: elaboración propia.

2.7.2. **Peso específico**

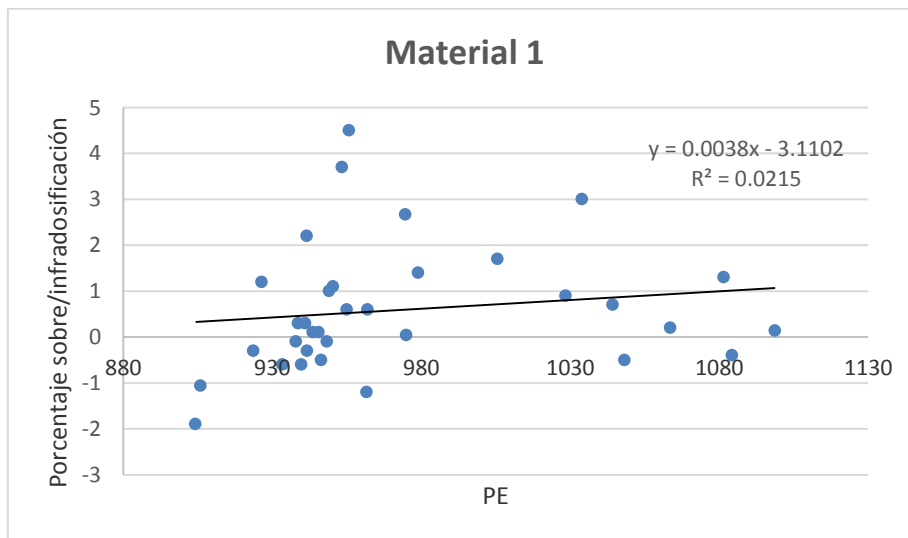
Este análisis se realizó para ver la cantidad de materia prima que se podía almacenar por unidad de volumen y verificar el cambio, tanto en el momento de ser dosificado como almacenado en bodega. Este equipo se encargaba de hacer que la materia prima dejara escapar todo el oxígeno almacenado en el volumen con la finalidad de obtener el dato más preciso del peso específico. Para cada material se presentó una tendencia diferente.

Figura 32. Instrumento para calcular el peso específico



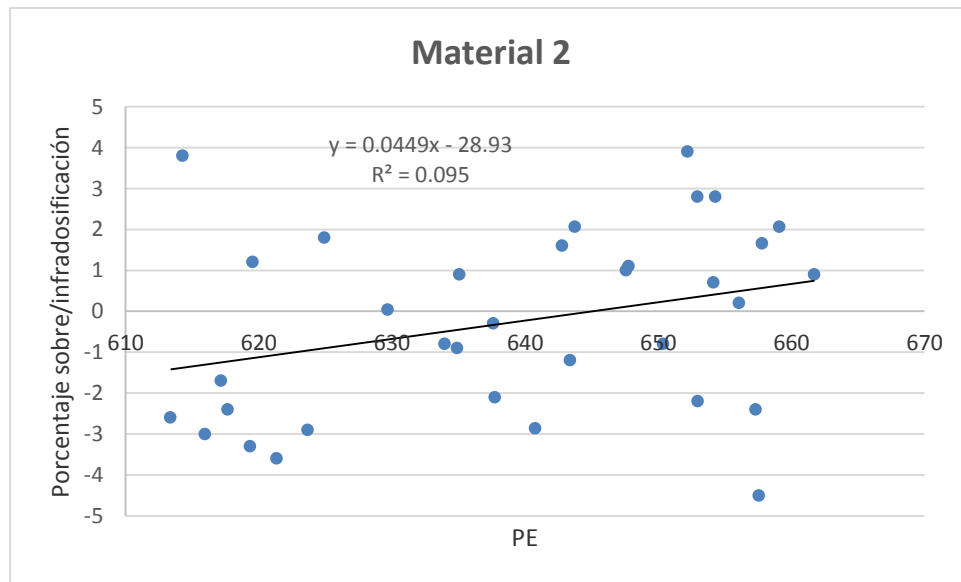
Fuente: instrumentos de medición de la empresa.

Figura 33. Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a peso específico del material 1



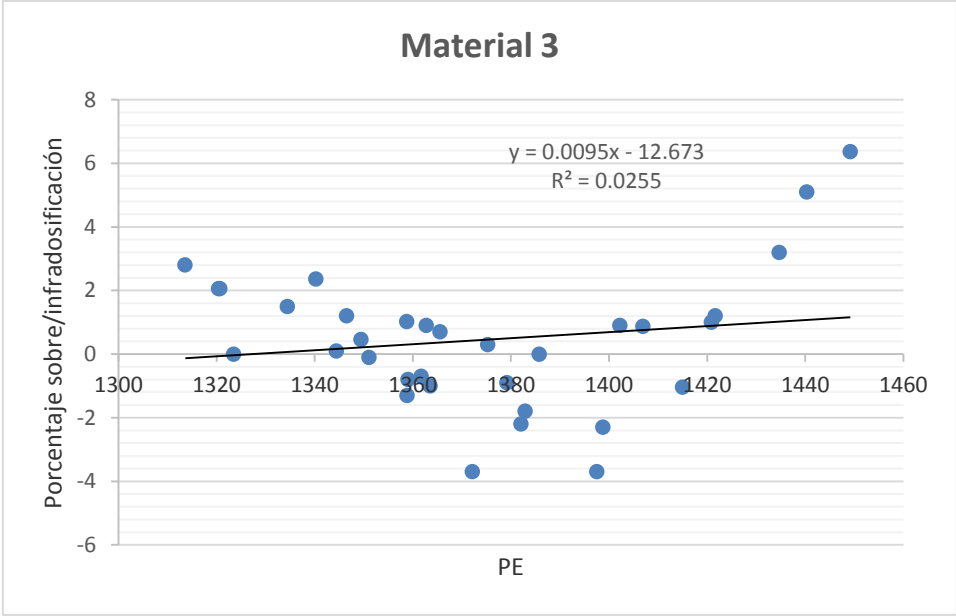
Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a peso específico del material 2**



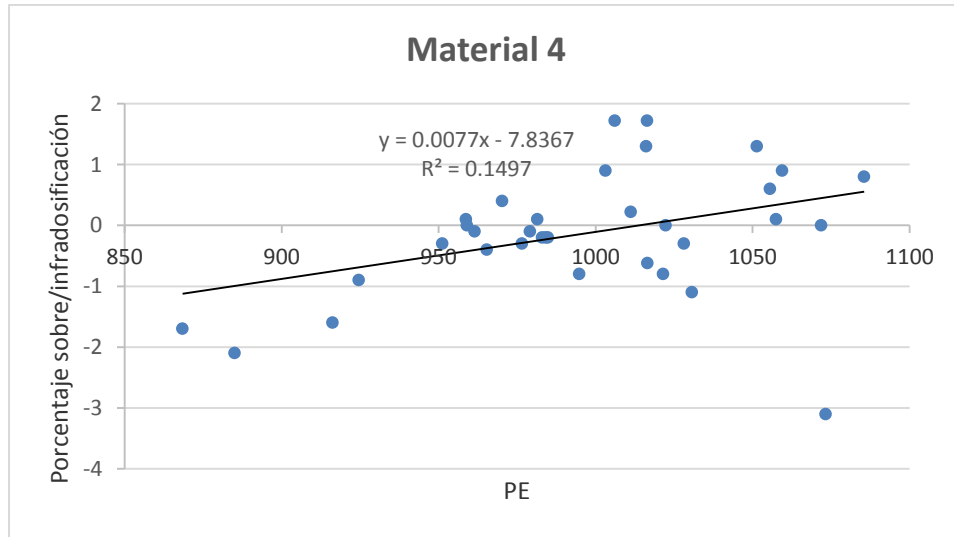
Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a peso específico del material 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a peso específico del material 4**



Fuente: elaboración propia.

2.7.3. Humedad

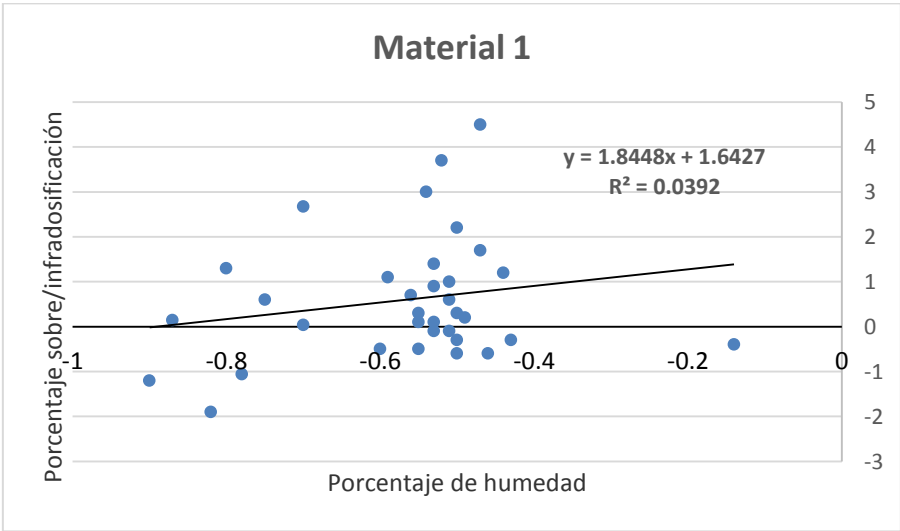
Este análisis se utilizó para verificar si la materia prima perdía o ganaba humedad en el cambio de bodega al momento de ser dosificada y si hay cambios, verificar si era o no una causa raíz. El estudio se realizó de forma estándar para los materiales.

Figura 37. Instrumento para medir humedad



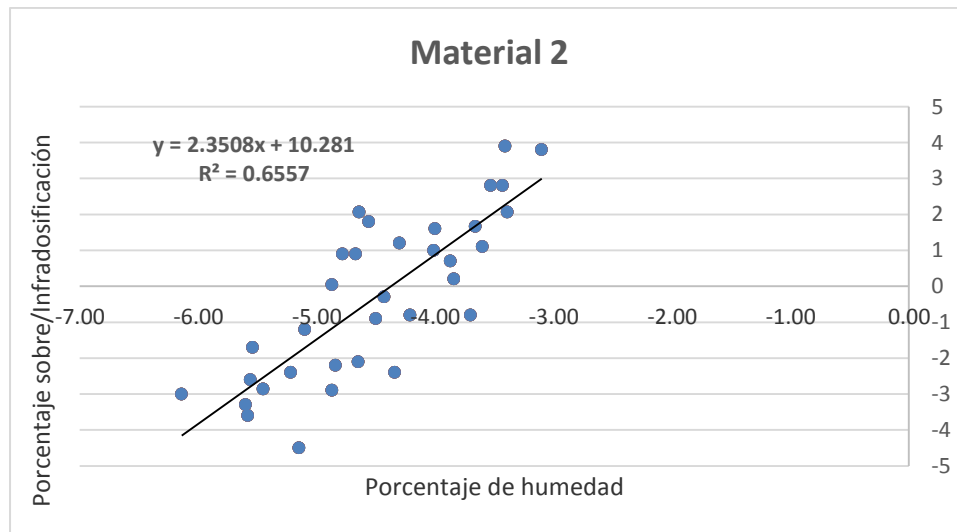
Fuente: instrumentos de medición de la empresa

Figura 38. Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a humedad del material 1



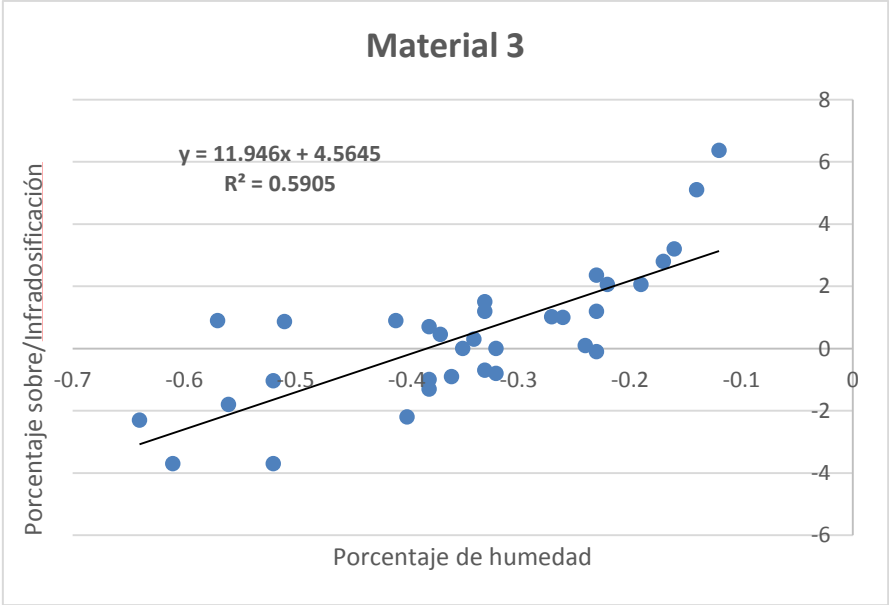
Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a humedad del material 2**



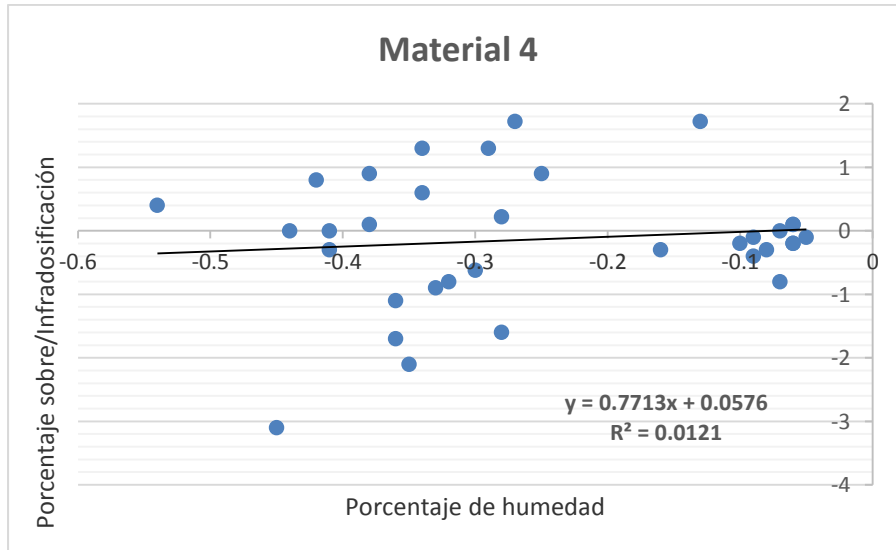
Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a humedad del material 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a humedad del material 4**

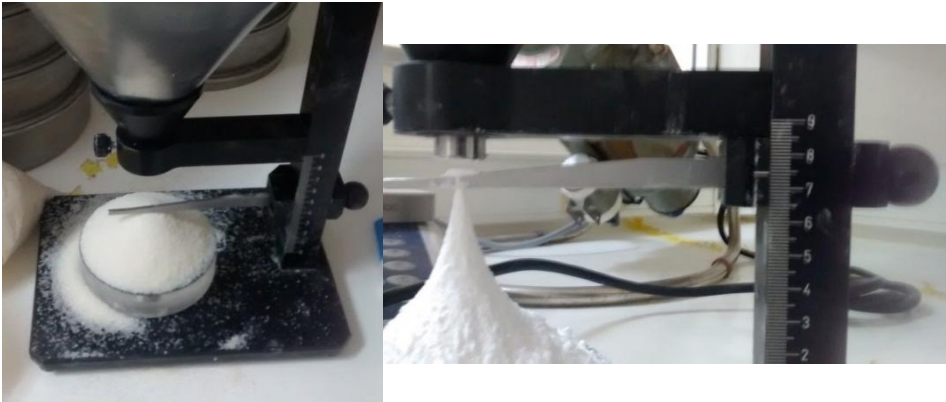


Fuente: elaboración propia.

2.7.4. **Fluidez**

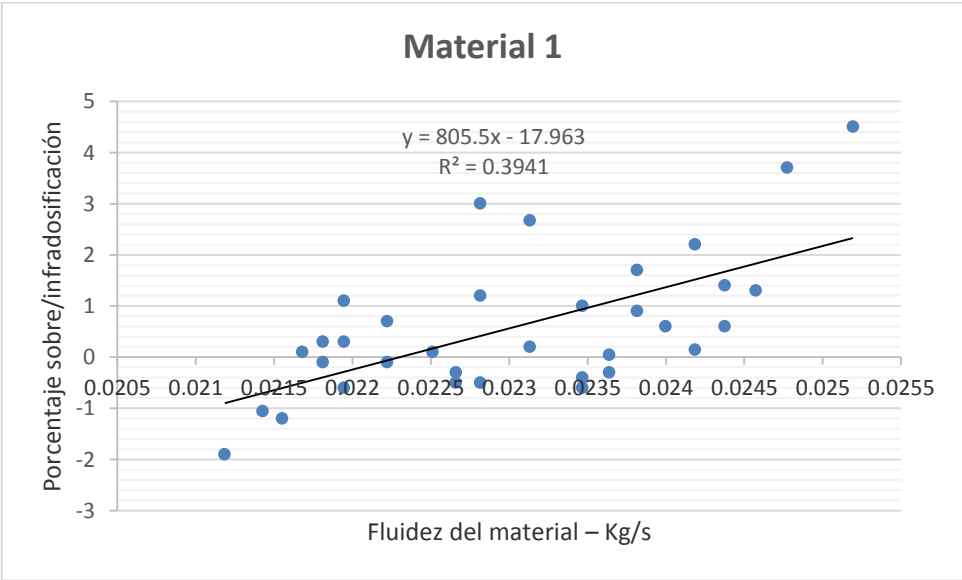
Este análisis se realizó con la finalidad de analizar la fluidez de los materiales trabajados. Consistía en tomar muestras al azar vinculándolas con la forma en que el material se dosificaba en ese momento; dejándola pasar por el embudo se analizaba la fluidez del material tomando el tiempo en que se movilizaba. Para cada uno de los materiales se presentó una fluidez diferente.

Figura 42. Instrumento para medir fluidez



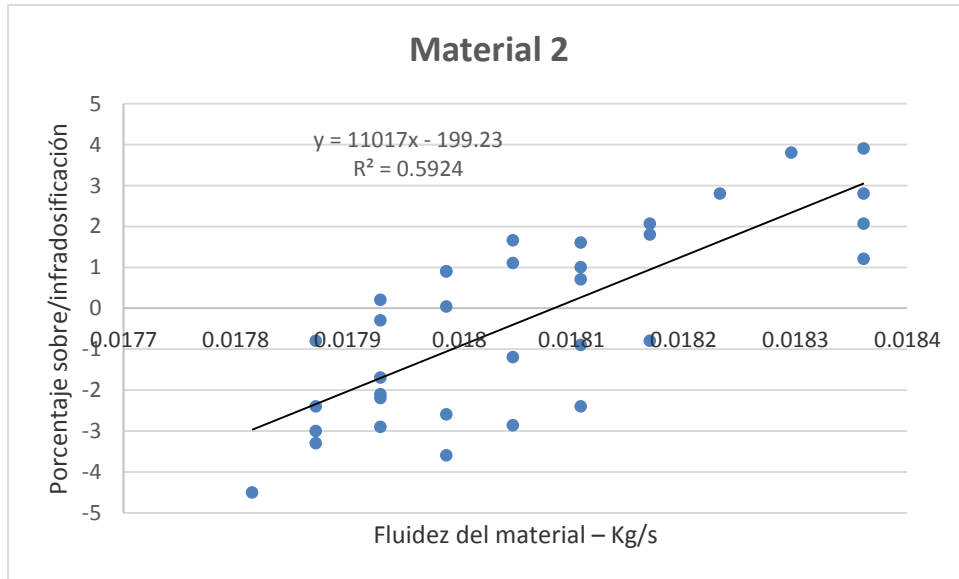
Fuente: instrumentos de medición de la empresa.

Figura 43. Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a fluidez del material 1



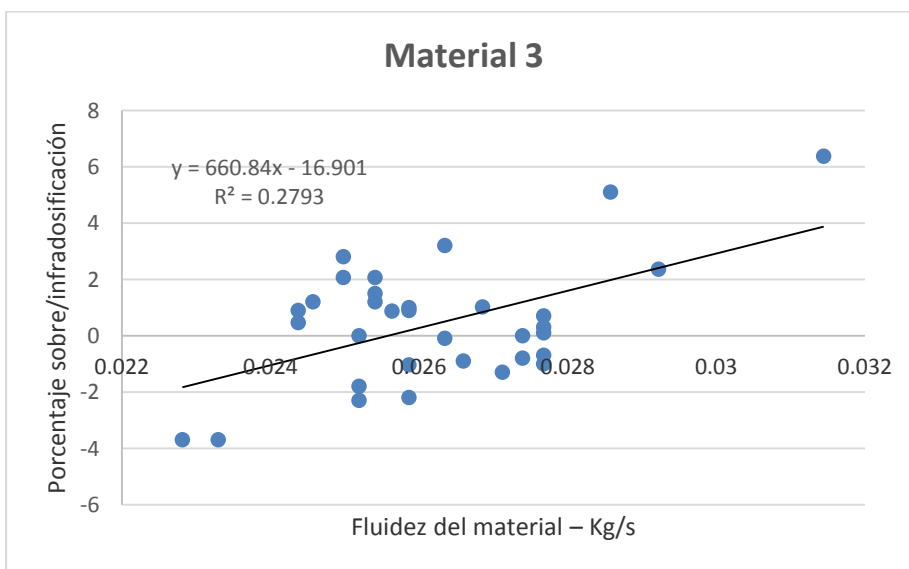
Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a fluidez del material 2



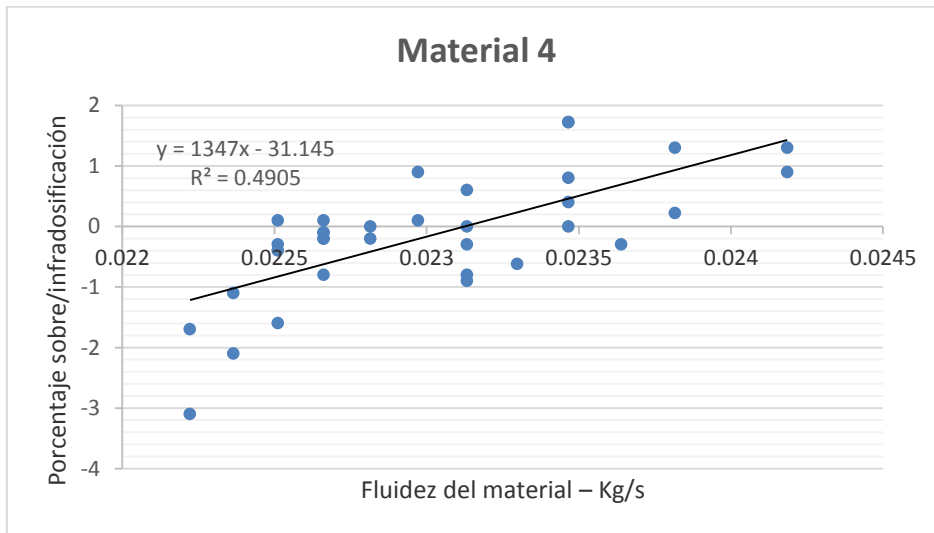
Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a fluidez del material 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a fluidez del material 4**



Fuente: elaboración propia.

2.7.5. **Ángulo del accionador neumático**

Este análisis se realizó para ver si se presentaba una variación constante en el ángulo del accionador neumático en los silos diarios e identificar cuál era el punto si no había rango en el cual el mismo se encontrara abierto, semiabierto y cerrado.

Figura 47. **Forma de medir el ángulo del accionador neumático**



Fuente: instrumentos de medición de la empresa.

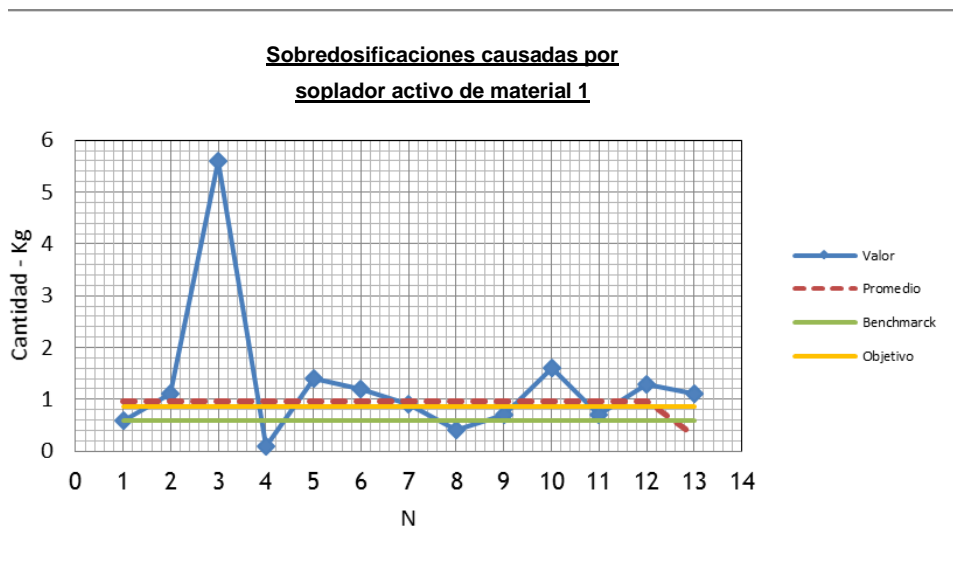
Según los resultados obtenidos de las observaciones, los ángulos en las tres posiciones que podía tener la compuerta no variaban si no se cambiaba físicamente la luz de la compuerta en posición de semiabierta o se cambiaba la posición del accionador neumático. El ángulo, si se cumplía con las condiciones anteriores es: en posición cerrada, el ángulo era de cero grados, en posición abierta, noventa grados; en posición semiabierta, la tendencia es de ciento treinta grados.

2.7.6. Presión en silos

Este análisis se realizó para verificar si el accionamiento del soplador mientras se dosificaban los materiales o la acumulación de la presión en el sistema cerrado, causaba la variación de la dosificación y también para ver el seguimiento que se le daba. Solo se analizaron los primeros tres materiales, ya

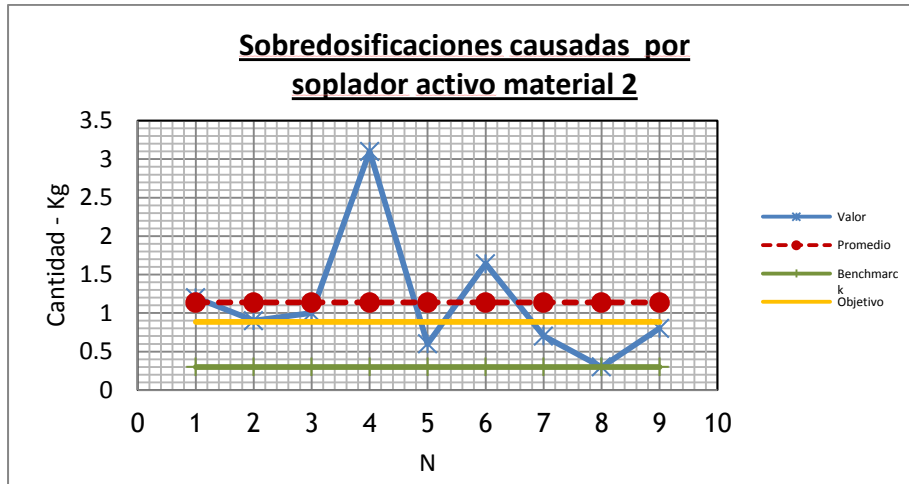
que estos eran los almacenados en silos y el material es usado en tal volumen que necesita estar siendo transportando constantemente mediante un sistema neumático (soplantes), mientras que el cuarto material es almacenado en sacos (material especial) y dosificado en tolva.

Figura 48. **Cantidad de kilogramos sobredosificados en n muestras al estar activado el soplador neumático en el material 1**



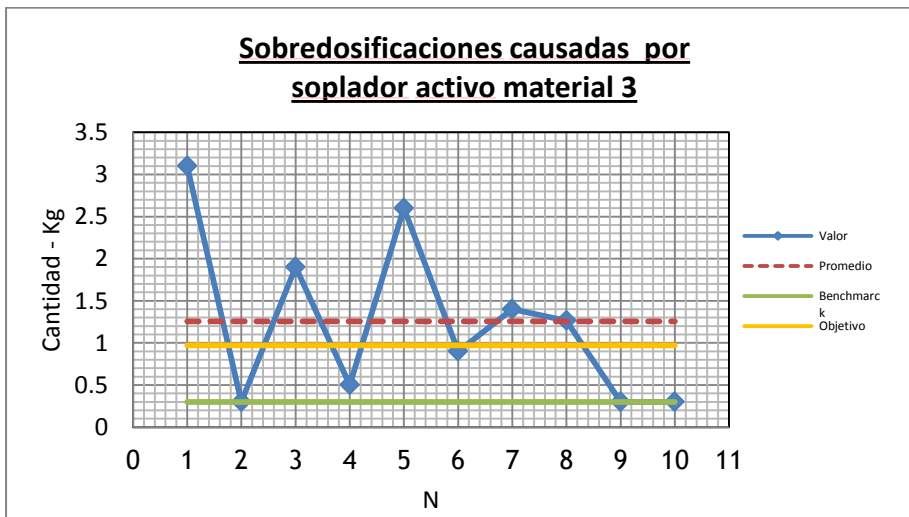
Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 49. **Cantidad de kilogramos sobredosificados en n muestras al estar activado el soplador neumático en el material 2**



Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

Figura 50. **Cantidad de kilogramos sobredosificados en n muestras al estar activado el soplador neumático en el material 3**



Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador lógico programable (PLC).

2.7.7. Porcentaje de llenado de los silos

Este análisis se realizó para verificar si la dosificación era más estable o inestable conforme el porcentaje de llenado del silo aumentaba o disminuía. El análisis solo requirió observar el sistema visual donde se mostraba en tiempo real la dosificación de la materia prima y el porcentaje de llenado del silo, el cual es controlado por un medidor de nivel de paleta rotativa.

Figura 51. **Sensor de nivel tipo paleta rotativa**



Fuente: instrumentos de medición de la empresa.

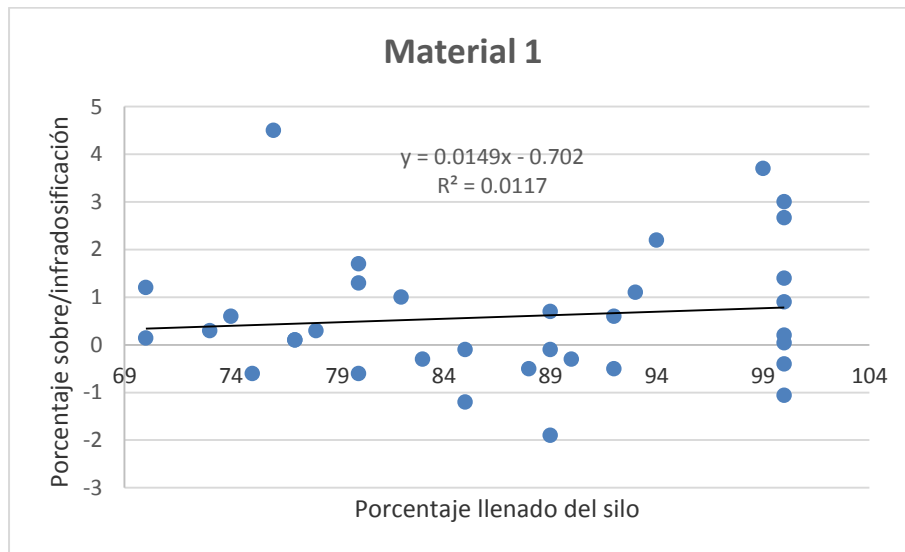
Figura 52. **Forma visual de observar el porcentaje de llenado del silo**



Fuente: programa funcionando en la computadora personal (PC) vinculado al controlador Lógico programable (PLC).

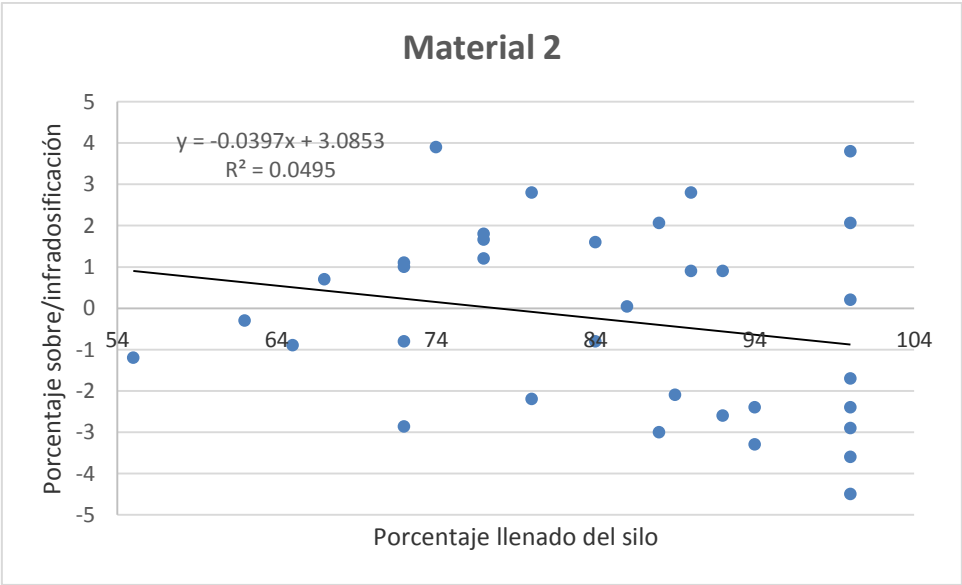
Este estudio se realizó únicamente para los materiales que eran almacenados en silos diarios para el material cuatro no se le realizó dicho estudio.

Figura 53. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a porcentaje de llenado del silo del material 1**



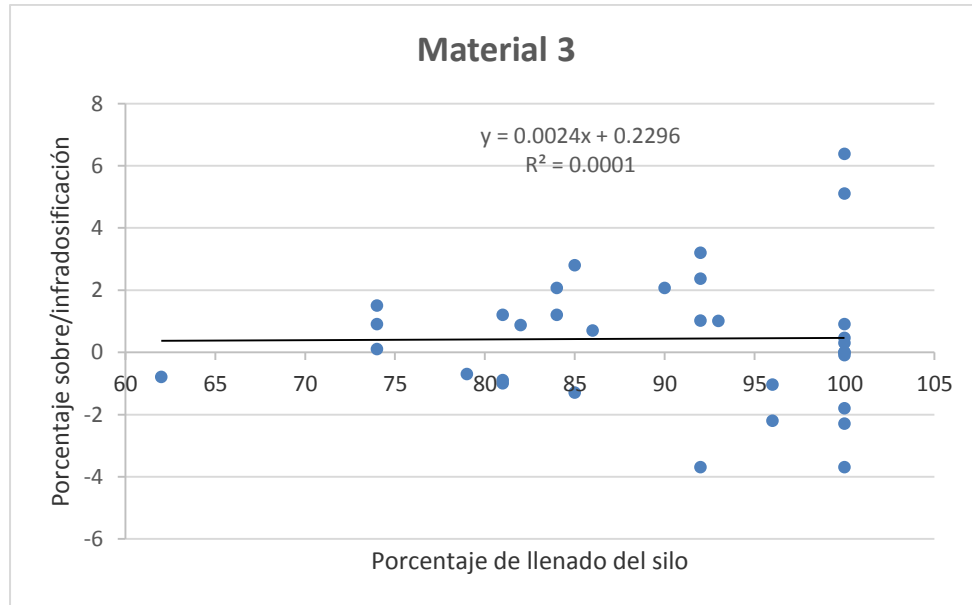
Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a porcentaje de llenado del silo del material 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Gráfico de porcentaje sobre/infradosificación frente a porcentaje de llenado del silo del material 3**

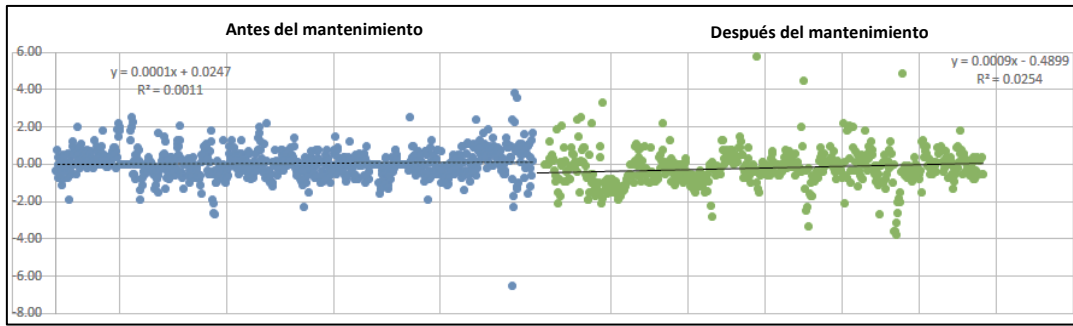


Fuente: elaboración propia.

2.7.8. Mantenimiento del equipo

Para este análisis se buscó verificar el cambio o variación de la dosificación antes de que al equipo se le realizara el mantenimiento y después del mismo. No se observó un cambio notable, por lo que el mantenimiento del equipo no era una de las variables primordiales que se debía tomar en cuenta para modificar o plantear una mejora, solo era necesario mantener la frecuencia de mantenimiento total del equipo, el cual consistía en retirar el motor, aspas, empaque, tubería, compuerta (tanto el sistema mecánico como electrónico), dándole la inspección visual como la lubricación del mismo.

Figura 56. **Variación de la dosificación en función del mantenimiento del equipo**



Fuente: elaboración propia.

2.7.9. Análisis de las variables involucradas

Para el análisis de cada una de las variables se utilizaron diferentes herramientas estadísticas y de control que abarcaban un método específico, que conjuntamente colaboraron para lograr el resultado buscado. Los análisis realizados se enfocaron principalmente en herramientas estadísticas y en metodologías específicas.

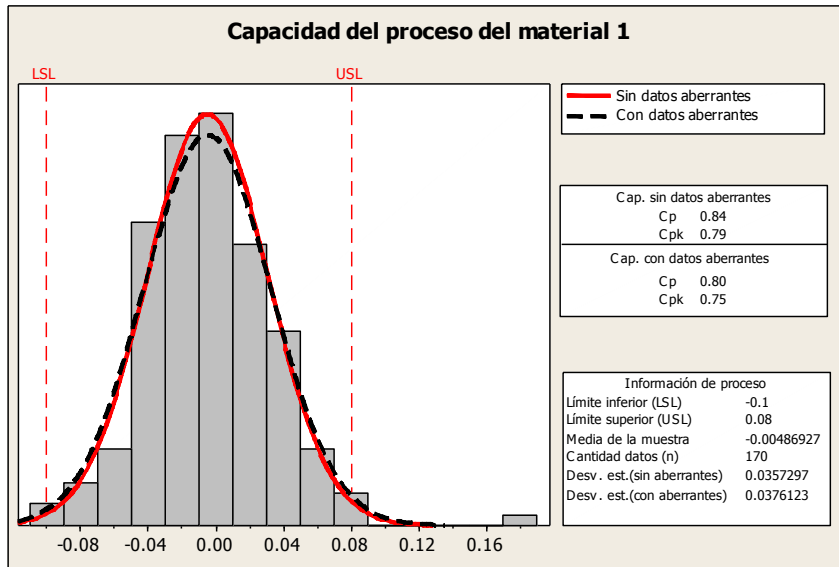
2.7.9.1. Estadístico

Este análisis comenzó con identificar la cantidad de muestras necesarias para lograr que el proceso estadístico fuera significativo, para ello se utilizó la fórmula para calcular la muestra de una población según el nivel de confianza que se requería. Se logró identificar que la cantidad de muestras necesarias, según las condiciones del proceso de producción, fue de 35 muestras para los diferentes análisis. Luego se vio la relación de la variación de las variables con la dosificación en la torre de mezclas, así se consiguió identificar la causa-raíz

del problema. La herramienta estadística por utilizar se relacionará al aspecto financiero, ya que era uno de los objetivos prioritarios del proyecto, conocida con el nombre de “Coeficiente de Determinación” o “ R^2 ”, que tiene un rango de 0 a 1 y se seleccionaron las variables que debían trabajarse cuando el coeficiente fuera mayor a 0.3, ya que financieramente tendría un impacto realizar un cambio o mejora en la variable.

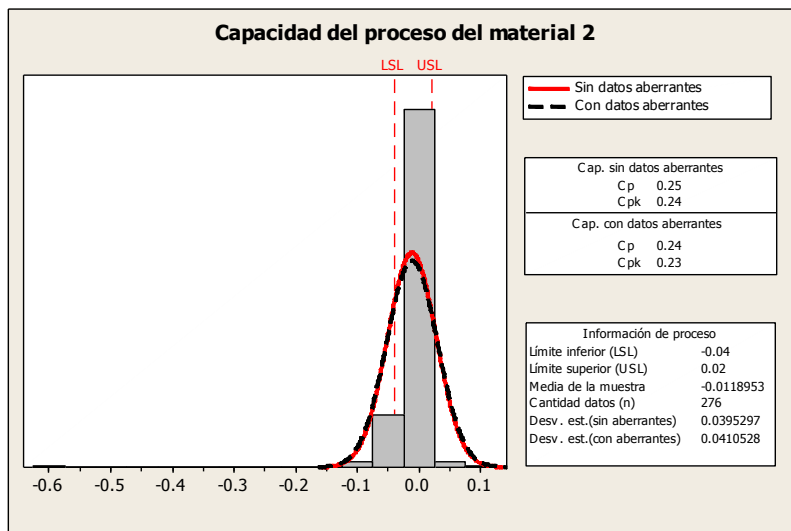
Se analizó también la capacidad del proceso de las dosificaciones respecto de la máquina y la variable, conocidas también como C_p y C_{pk} . Para comprender los gráficos de forma correcta primero hay que recordar que los gráficos de capacidad de proceso forman una distribución normal que es en función de la frecuencia de los datos y se establece una línea tanto para una capacidad de proceso sin datos aberrantes como con aberrantes, esto solo indica que en la distribución de la información siempre hay datos atípicos, que alteran los valores de la realidad y por eso se encuentra una línea de cómo se comportaría la información sin datos atípicos (aberrantes). En este gráfico también se encuentran los valores de sus límites de control, tamaño de la muestra, desviación estándar y media.

Figura 57. Capacidad del proceso del material 1



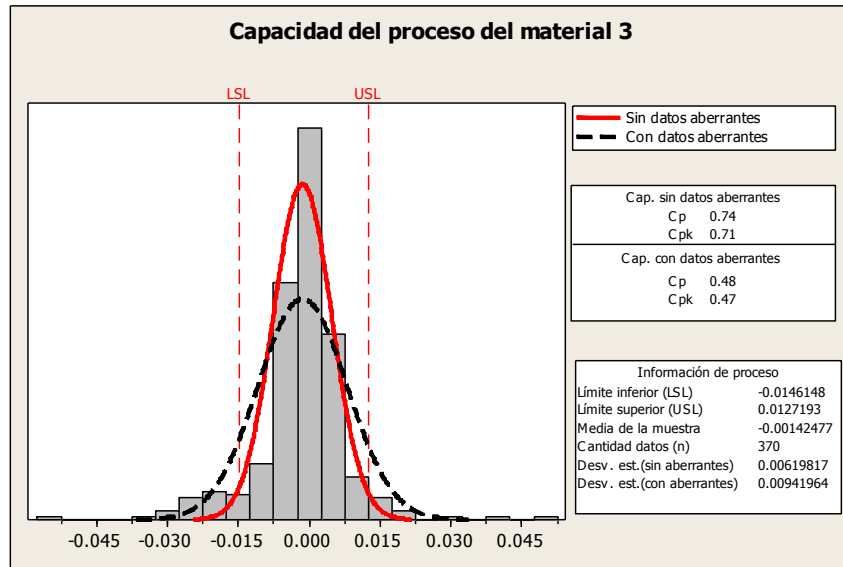
Fuente: elaboración propia.

Figura 58. Capacidad del proceso del material 2



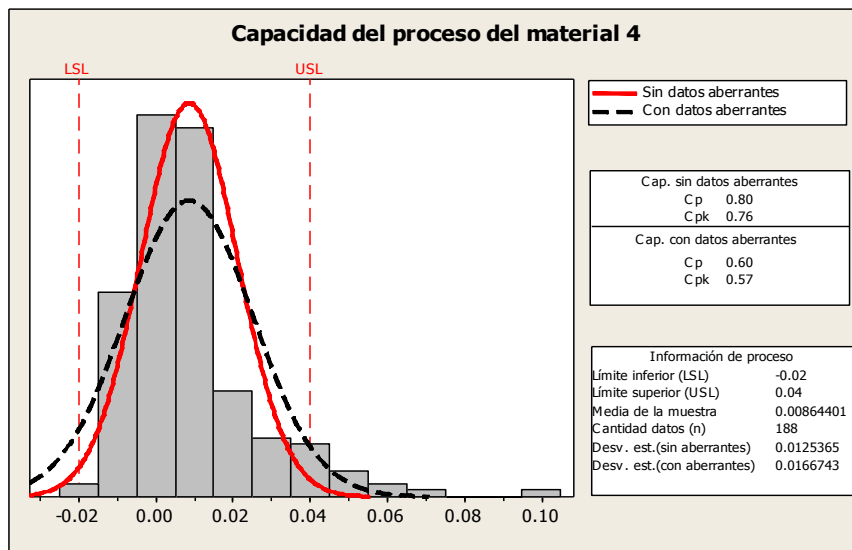
Fuente: elaboración propia.

Figura 59. Capacidad del proceso del material 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 60. Capacidad del proceso del material 4



Fuente: elaboración propia.

Para determinar la acción que se debía realizar para cada uno de los cuatro materiales, es necesario conocer los rangos o parámetros de decisión, estos son de vital importancia para conocer el estatus del proceso que se realiza, así como las oportunidades que el proyecto puede buscar para mejorar y acercarse cada vez más a una calidad total.

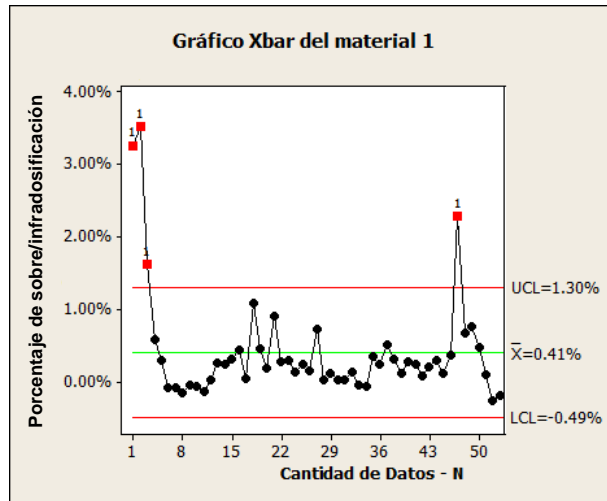
Tabla IV. **Índices de Cp, categoría y su decisión**

| Indice Cp | Categoría del proceso | Decisión |
|-----------------|-----------------------|---|
| $Cp \geq 2$ | Clase mundial | Calidad seis sigma |
| $Cp > 1.33$ | 1 | Adecuado |
| $1 < Cp < 1.33$ | 2 | Parcialmente adecuado, requiere control. |
| $0.67 < Cp < 1$ | 3 | No adecuado, es necesario análisis y requiere de modificaciones para alcanzar cierta calidad. |
| $Cp < 0.67$ | 4 | No adecuado, requiere modificaciones serias. |

Fuente: GUTIÉRREZ, Humberto. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. 2ª. Ed. México, Editorial McGraw-Hill 2009. 482 páginas.

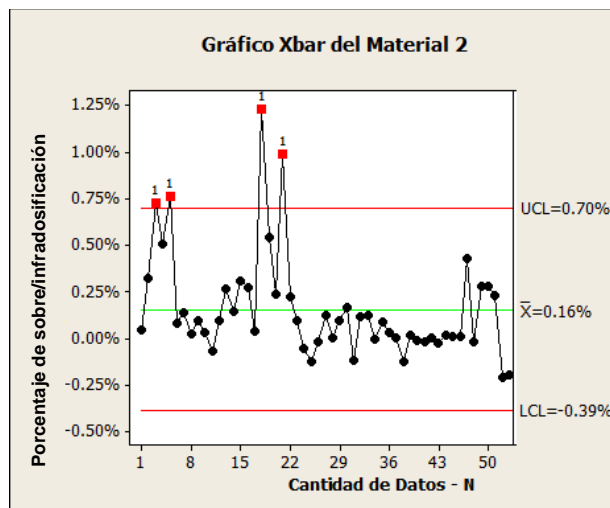
Con los materiales uno, tres y cuatro la categoría del proceso es nivel tres. El material cuatro obtuvo una categoría cuatro, con lo cual se concluye que necesita modificaciones para mejorar el proceso. Se procedió a realizar gráficos de control para verificar la posición o tendencia de variación de los valores actualmente dentro del proceso y hacer, posteriormente, una comparación del progreso del mismo para comenzar a establecer los nuevos valores como gráficos ya propiamente creados con la finalidad de controlar el proceso o buscar nuevas oportunidades de mejora.

Figura 61. Gráfico de control \bar{X} del porcentaje sobre/infradosificación del material 1



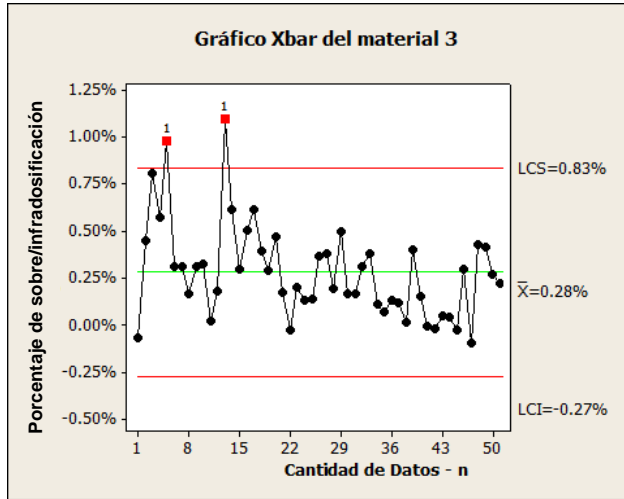
Fuente: elaboración propia.

Figura 62. Gráfico de control \bar{X} del porcentaje sobre/infradosificación del material 2



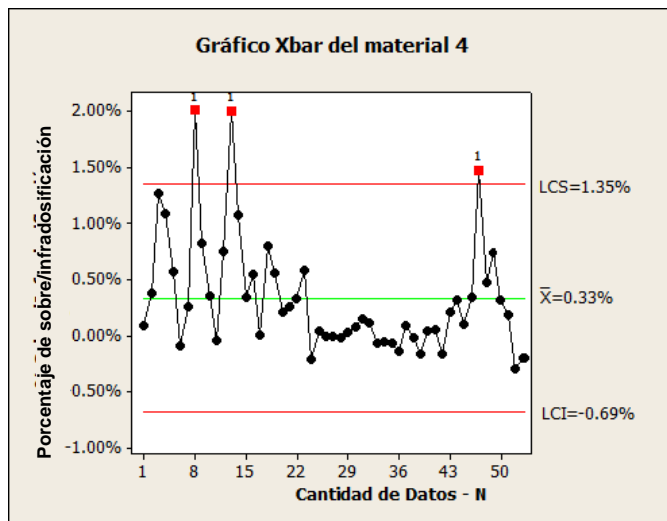
Fuente: elaboración propia.

Figura 63. Gráfico de control \bar{X} del porcentaje sobre/infradosificación del material 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 64. Gráfico de control \bar{X} del porcentaje sobre/infradosificación del material 3



Fuente: elaboración propia.

2.7.9.2. Metodológico

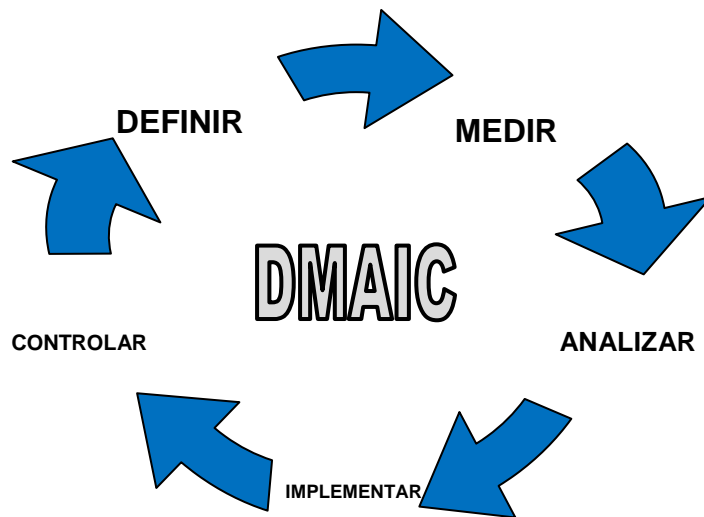
La metodología que se consideró que se debía utilizar para obtener el resultado correcto la DMAIC que consiste en un método enfocado en el seis-sigma que consta en cinco etapas que son:

- Definir (D): en esta etapa se comienza a identificar el problema, delimitarlo y plantear los objetivos que se puedan obtener del mismo. En el proyecto se buscó la reducción de pérdida enfocada a materia prima y a costos. En la misma se identificó el objetivo de reducción de la variación de la dosificación de los materiales y con ello el beneficio financiero que traería asumiendo que la explosión de materiales requeridos una vez implementados los cambios, se mantenga constante.
- Medir (M): en esta etapa se prosiguió con tomar la data y la correcta forma de hacerla con la idea y cómo el estudio debería implementarse, apoyados de métodos de muestreos establecidos por la empresa y la capacidad de medición de la misma. Las mediciones tomadas fueron de todas las variables que podían tener influencia en la variación del proceso y midiendo también la forma en que se dosificaba la materia prima. Esto se hizo para hacer relaciones de la variable analizada frente a la variación de la dosificación en el momento que se toman las muestras.
- Analizar (A): obtenidos los resultados de las mediciones se procedió al análisis de los resultados correlacionándolos, tomando las variables que son más influyentes y haciendo partícipes a todos los colaboradores para

identificar posibles causas de los resultados e identificar acciones para lograr los resultados deseados.

- Implementar (I): en esta etapa se procedió a tomar acciones para mejorar el sistema en base a las variables que tenían relación significativa y las que en costo representaban una minoría y podían, sino mitigar el problema por completo, por lo menos presentar una mejora.
- Controlar (C): en esta parte con la data recabada y los estándares establecidos, se procedió a identificar que controles se les daría y el seguimiento correspondiente para no regresar a tener pérdidas de material y costos.

Figura 65. **Metodología DMAIC**



Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE MEJORA

Esta propuesta busca realizar acciones o actividades que logren los objetivos del proyecto, se seleccionaron las prioridades respecto del estudio estadístico ejecutado, se presentaron las variables y se acordó que debían de considerarse como prioridad las que presentaran facilidad de ejecución y que no necesitara inversión alguna.

3.1. Descripción de la propuesta para reducción de variaciones

Las variables se seleccionaron como se explicó en el capítulo anterior, en función de dos características primordiales, la primera que tuviera un coeficiente de determinación mayor a 0.3 y la segunda, de no considerarse el coeficiente de determinación se identificarían en función de un criterio lógico de variabilidad.

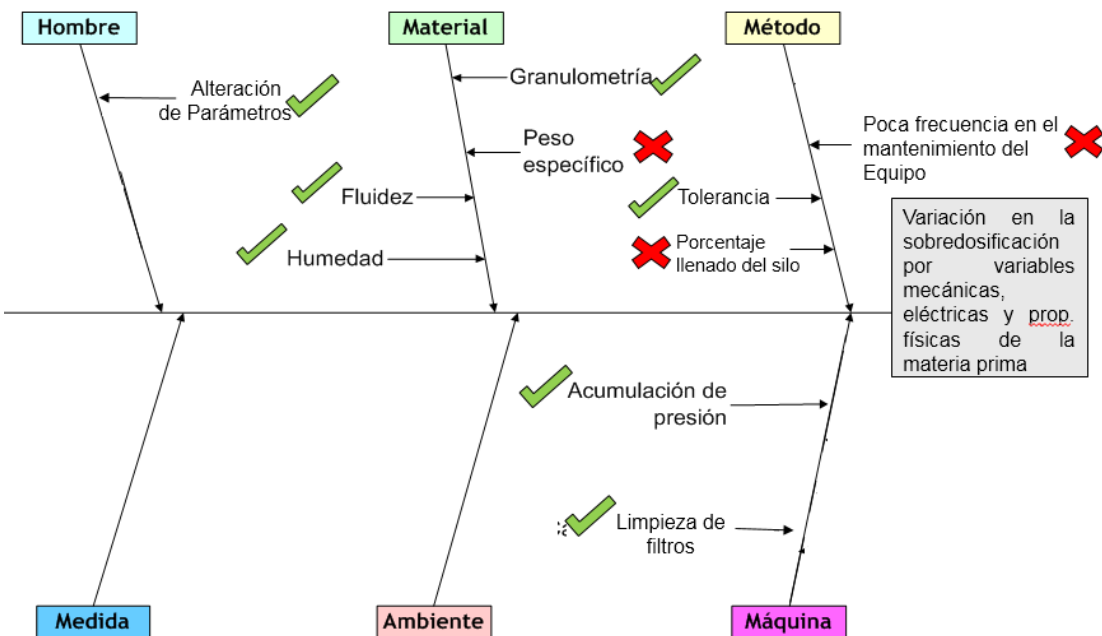
Tabla V. **Variables identificadas por material**

| Material 1 | Material 2 | Material 3 | Material 4 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Fluidez | Fluidez | Fluidez | Fluidez |
| Error de caída | Error de caída | Error de caída | Error de caída |
| Consigna de bajo caudal | Consigna de bajo caudal | Consigna de bajo caudal | Consigna de bajo caudal |
| Tolerancia | Tolerancia | Tolerancia | Tolerancia |
| Granulometría | Humedad | Humedad | Acumulación de presión |
| Acumulación de presión | Acumulación de presión | Granulometría | Limpieza de filtros |
| Limpieza de filtros | Limpieza de filtros | Acumulación de presión | |
| | | Limpieza de filtros | |

Fuente: elaboración propia.

Luego de identificar todas las variables se colocaron en un diagrama de causa-efecto y en base al análisis estadístico o variabilidad de los parámetros de control se tomaron como posibles causas para controlar la variación de su dosificación, llegando al siguiente resultado:

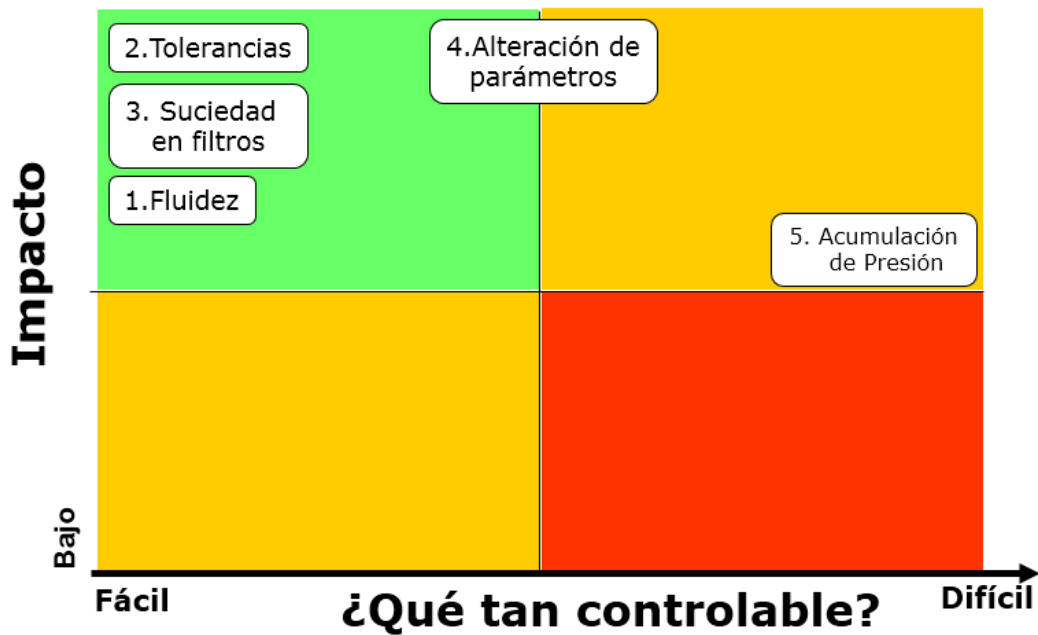
Figura 66. **Diagrama de espina de pescado de variables analizadas y verificadas**



Fuente: elaboración propia.

Para simplificar el diagrama se unificaron los parámetros de consigna de baja caudal y error de caída en la alteración de parámetros. Luego de identificar las causas principales se procedió a realizar un diagrama de priorización de soluciones en función de qué tan controlable podría llegar a ser la acción y el impacto que generaría el mismo al proceso.

Figura 67. **Diagrama de impacto frente al control de las variables identificadas**



Fuente: elaboración propia.

Al comparar los dos diagramas se observa que dos variables pertenecientes a la “M” de material, no se incluyeron, estas son granulometría y humedad, la razón fue porque requerían de una gran inversión por parte del proveedor y cambiar los estándares de demanda de la materia prima, lo cual era una gestión a largo plazo y no cumplía con los requerimientos del proyecto que son implementar soluciones que no requirieran de inversión alguna.

3.1.1. Necesidades técnicas

La ejecución de las acciones requería disponibilidad, primero del recurso humano capacitado en el área donde se deberían hacer los cambios, así como

de la herramienta necesaria y que no haya producción para realizar los cambios. En muchas ocasiones los cambios se hacían en los silos en momentos que la producción no requería la dosificación de los materiales trabajados.

3.1.1.1. Requerimientos de la materia prima

Ya que la materia prima no podría modificarse físicamente, las acciones se enfocarían en modificar la forma en que estas tienden a dosificarse. Siempre teniendo en cuenta la cantidad de proveedores que hay por cada uno de los materiales trabajados para ver si existe una tendencia de dosificación en función del proveedor. Esta tendencia no se presentó ya que seguían los estándares, sin embargo, en cuestión de residuos sí variaba la calidad del producto, es decir, polvo o uniformidad de la materia prima.

3.1.1.2. Requerimientos mecánicos

Cada uno de los requerimientos que se plantearon fueron ejecutados para poder mantener las condiciones de mejora en la torre de mezclas, equipo de protección personal, herramienta o máquina-herramienta, materiales para hacer mediciones o para arreglar los defectos de piezas y repuestos para sustituir piezas que no puedan arreglarse.

3.1.1.2.1. Mantenimiento preventivo

Entre los mantenimientos preventivos se encuentran:

- Mantenimiento total del equipo de dosificación
- Inspección del funcionamiento del equipo de dosificación

Cada una de estas necesidades se hace con la finalidad de verificar el correcto funcionamiento y prever cualquier acción necesaria para mantener el funcionamiento correcto, tanto del sistema neumático que accionaba el movimiento de apertura de dosificación, desfogue de filtros, el sistema mecánico que apoyaba a la apertura de la compuerta y motor que apoya en la dosificación del material accionando una aspas. Todas estas acciones fueron implementadas en el estándar ya establecido por la empresa de frecuencia de mantenimiento preventivo, solo se agregaron especificaciones por material y formas estándar para darles el correcto control.

Figura 68. **Falta de mantenimiento a sistema de desfogue de filtros**



Fuente: biblioteca de imágenes de producción.

3.1.1.2.2. Mantenimiento correctivo

Los mantenimientos correctivos son aquellos que no se tienen planificados en el sistema de mantenimientos como el fallo de piezas que ayudan al traslado del movimiento, como los cojinetes, empaques y desgaste de los materiales por falta de una correcta lubricación o por qué el material viene con exceso de residuos como polvo, el cual causa bloqueos en las tuberías de transporte de la materia prima que ocasiona que el material deje de dosificarse y pare la producción. Fallo en la información debido a sensores (nivel) que dejaron de funcionar de forma correcta o incluso fallas presentadas en los soplantes por ingresar materia prima bajo otros estándares ya que no se contaba con existencia y se debía seguir produciendo.

Figura 69. Fallo en los soplantes



Fuente: biblioteca de imágenes de producción.

3.2. Evaluación financiera

Consolidando toda la información de los cuatro materiales que se tienen planteadas desde los objetivos del proyecto se procedió a evaluar

financieramente el alcance en ahorro (en dólares) que traería el proyecto y asumiendo la misma demanda de la semana 36 del 2014 a la semana 36 del 2015 se tuvieron pérdidas de, aproximadamente, 18 000 USD. En los materiales se tenía un porcentaje promedio de pérdida:

- Material 1 (0.41% pérdida)
- Material 2 (0.16% pérdida)
- Material 3 (0.28% pérdida)
- Material 4 (0.33% pérdida)
- El objetivo por material fue el siguiente:
 - Material 1 (0.28% pérdida)
 - Material 2 (0.11% pérdida)
 - Material 3 (0.20% pérdida)
 - Material 4 (0.23% pérdida)

Lograr el objetivo de pérdida del material traería un beneficio financiero de aproximadamente 6 000 USD, es decir, que aproximadamente para el año siguiente se tendrá una pérdida de aproximadamente de 12 000 USD, asumiendo la misma cantidad de materia prima necesaria para producir al año próximo. La variación del porcentaje promedio de pérdida como también el cambio de la demanda haría que el valor de ahorro cambie, por lo que el objetivo es llegar a reducir el porcentaje de pérdida promedio al objetivo.

3.3. Impacto de la propuesta

El proyecto busca tener un impacto en la empresa y también que sobre él se creen o abran ventanas de oportunidades de mejora para la empresa, que se mitiguen muchos de los defectos que se dan al momento de producir entre

acciones el producto terminado para que se pueda mejorar la calidad del mismo, a su vez, traigan un beneficio financiero.

3.3.1. Impacto tangible

Entre el impacto tangible está:

- El ahorro monetario debido a la pérdida de materia prima, es decir, reducción de la pérdida en los cuatro materiales trabajados.
- Reducción de la cantidad de materia prima necesaria por planeación de producción, ya que el sistema sería más preciso.
- Reducción considerable de infradosificaciones de producto terminado en el área de mezclado (ya que es una de las principales causas de las desviaciones del sabor del producto terminado).

3.3.2. Impacto intangible

Los beneficios intangibles del proyecto son:

- Reducción de reclamos relacionados con el sabor del producto terminado.
- Conocer la tolerancia del producto terminado, tanto infradosificado como sobredosificado, con la finalidad de identificar en qué momento cambia su sabor.
- Desarrollar más capacidades del equipo de trabajo.

4. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se ejecutaron acciones que corregirían, en gran manera, los defectos que se dan en las dosificaciones de los diferentes materiales, estas acciones son las que fueron identificadas como las que causaban mayor impacto en el problema presentado en el área de mezclado, es decir, la variación de la dosificación.

4.1. Descripción del procedimiento

El procedimiento que se realizó para lograr la correcta implementación fue trabajar en paralelo con los Departamentos de Producción y de Ingeniería, apoyándose principalmente con el personal que trabajaba en dicha área, ya que las competencias y conocimientos sobre el funcionamiento de la maquinaria y del material son de gran apoyo para identificar las acciones que colaborarían con las mejoras para que sean realizadas según los estándares de la empresa.

4.1.1. Acciones mecánicas

Entre las acciones que se realizaron al sistema mecánico según las causas encontradas están las siguientes:

- **Fluidez de los materiales:** la acción por implementar tiene relación con la tendencia de la dosificación de los materiales, al estar totalmente abierta la compuerta (que es la primera posición, activada por el accionador neumático) se activa el motor a alta revolución, generando el torque necesario para mover un aspa que agiliza la dosificación. En esta

posición se dosifica una gran cantidad de material, al faltar cierta cantidad de kilogramos dependiendo del parámetro de control (consigna de baja caudal) este pasa a la segunda posición, siendo activado por el accionador neumático. En esta posición la compuerta tiene siempre una menor altura; al reducir las revoluciones del motor se reduce la cantidad de material dosificada.

Se identificó que por material se requería tener una menor altura si este contaba con una mayor fluidez, es decir, la fluidez es inversamente proporcional a la altura de la compuerta en posición semiabierta. De forma ascendente la altura de la compuerta en posición semiabierta, por material, es la siguiente:

- Modificar la altura de la compuerta en posición semiabierta a 3 cm del silo del material 2.
 - Modificar la altura de la compuerta en posición semiabierta a 4 cm de la tolva del material 4.
 - Modificar la altura de la compuerta en posición semiabierta a 4.5 cm del silo del material 1.
 - Modificar la altura de la compuerta en posición semiabierta a 7 cm del silo del material 3.
- Acumulación de presión: la acción por implementar para evitar la acumulación de presión en los silos diarios (material 1, 2 y 3), ya que el sistema es cerrado, es por medio de la reducción de presión que causa que el material fluya de forma más rápida a la que lo hace normalmente, esto se logrará con:

- Modificar la activación del soplador en los silos diarios. Esta acción hará que mientras el sistema este dosificando el material del silo, el soplante no pueda activarse para suministrar más material.
- A su vez, el sistema cerrado cuenta con un sistema de desfogue cuando se da el aumento de presión que contiene unos filtros y cuando estos no mantienen una frecuencia de limpieza hacen que se acumule mucho más presión, esto llevo a la siguiente acción que consiste en:
 - Establecer frecuencia de cambio de filtros. Según el estudio que se dio se planteó que la frecuencia de cambio debe ser quincenal.

Con esta acción se mitigan dos causas una es la de la suciedad en los filtros y la otra, la acumulación de presión ya que al darle la limpieza correspondiente al mismo se reduce la presión acumulada, lo que ocasiona que caiga mayor cantidad de materia prima. Se identificaron, a su vez, ciertos hallazgos, debido a la mala calidad (defectos) o constantes reparaciones (remaches) de los filtros y se realizaron las recomendaciones correspondientes.

Figura 70. **Suciedad en los filtros**



Fuente: biblioteca de imágenes de producción.

Figura 71. **Filtros con remaches y con defectos**



Fuente: biblioteca de imágenes de producción.

4.1.2. Acciones con el material

Entre las acciones implementadas con el material fueron las siguientes:

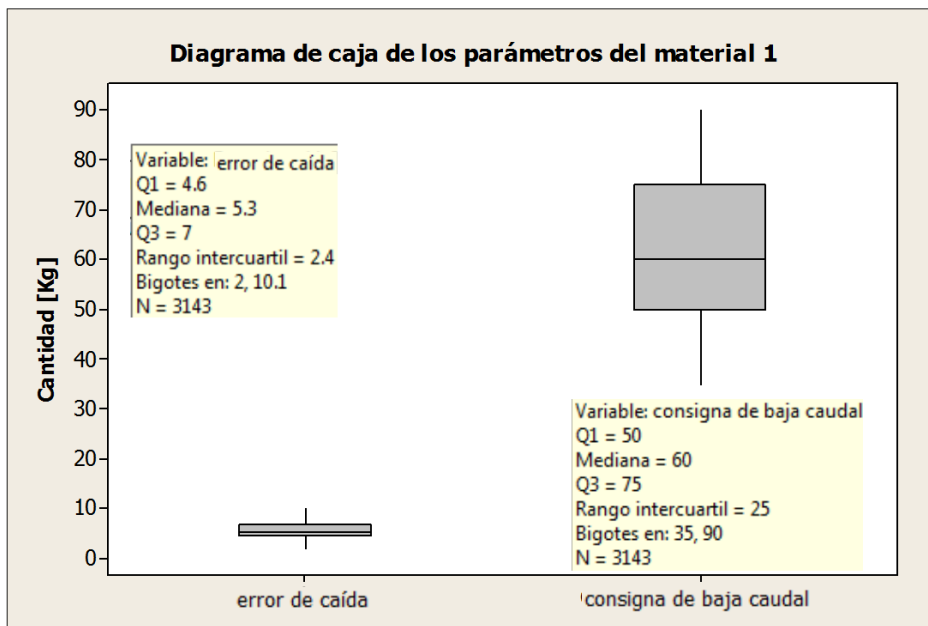
- Alteración de parámetros: en la torre de mezclas se presenta un problema que consiste en la libertad que tienen los maquinistas de modificar los parámetros de control de dosificación de todos los materiales, lo que causa identificar con mayor dificultad la variación del estándar del material una vez está siendo dosificado, para lo cual se realizó la siguiente acción que consiste en:
 - Definir un estándar de control de los parámetros en los materiales trabajados. Este estándar se creó con la finalidad de activar una alarma en el área, que indica que se ha presentado una situación o suceso fuera del normal lo cual podría causar una variación representativa en la dosificación de los materiales. Este estándar se creó a raíz de una lista de las dosificaciones de forma correcta en función de fecha y hora, creando un diagrama de caja para encontrar la forma correcta de trabajar los parámetros, de tal forma que no se exceda de tiempo ni de un control estable, que pueda perjudicar el trabajo de la maquinaria ya sea en cuanto a la transmisión de la información o determinando los bigotes (parte superior e inferior de la tolerancia) para hacer los gráficos de control quedando los resultados siguientes para los cuatro materiales.

Tabla VI. **Parámetros establecidos por material**

| | Parámetro de error de caída [Kg] | Parámetro de consigna de bajo caudal [Kg] |
|------------|----------------------------------|---|
| Material 1 | [2-10.1] | [35-90] |
| Material 2 | [2-10] | [30-150] |
| Material 3 | [2-25] | [40-300] |
| Material 4 | [2-10] | [20-150] |

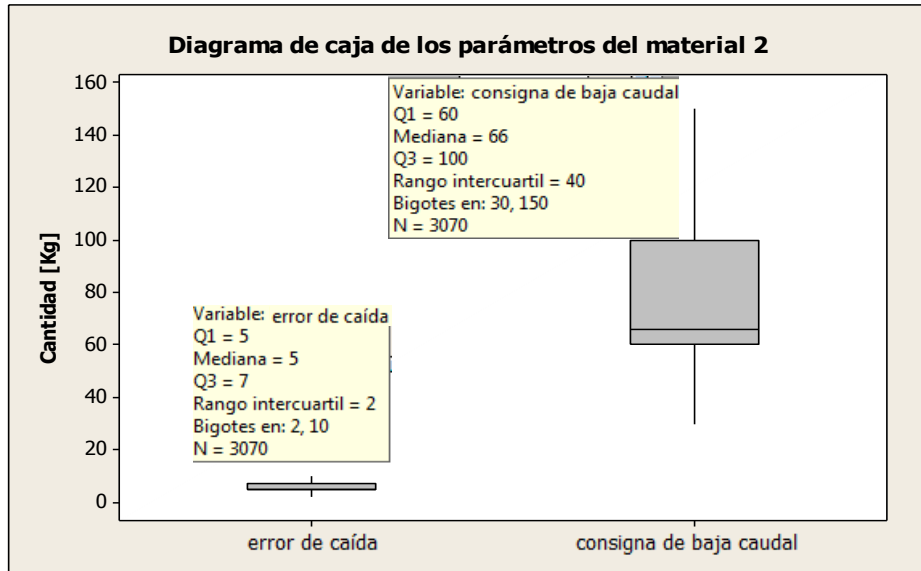
Fuente: elaboración propia.

Figura 72. **Diagrama de los parámetros del material 1**



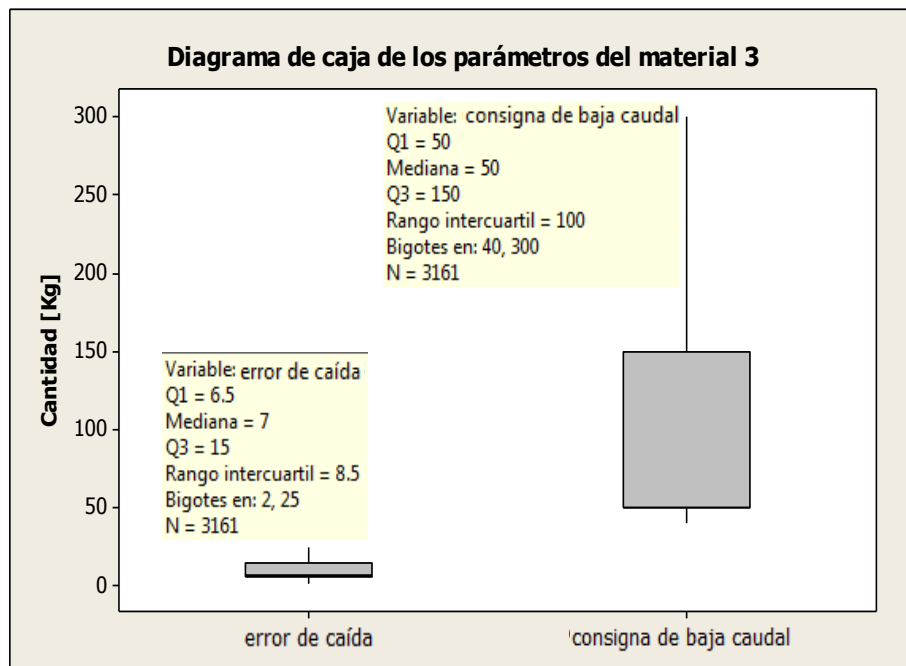
Fuente: elaboración propia.

Figura 73. Diagrama de los parámetros del material 2



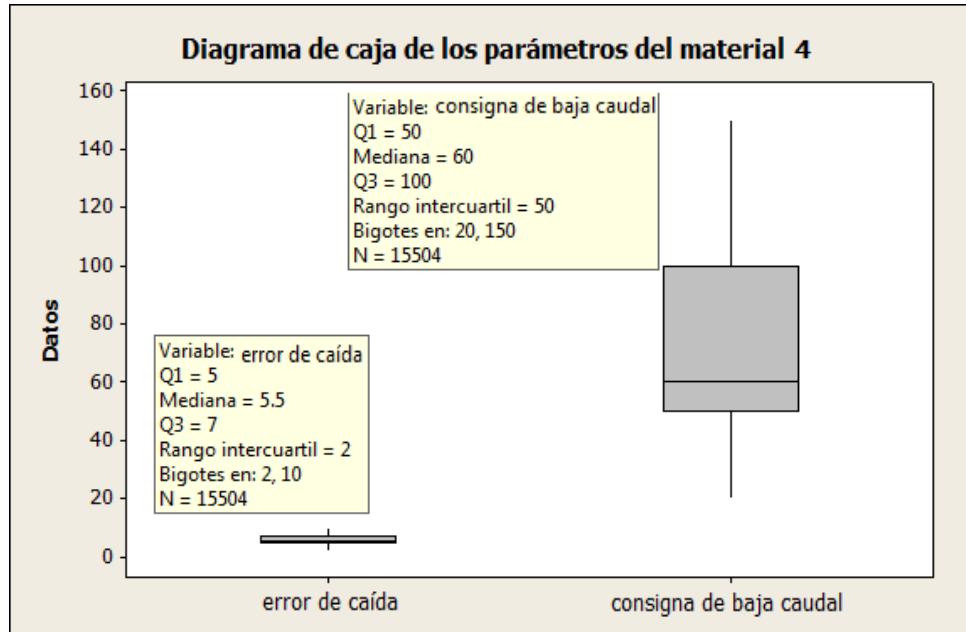
Fuente: elaboración propia.

Figura 74. Diagrama de los parámetros del material 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 75. Diagrama de los parámetros del material 4



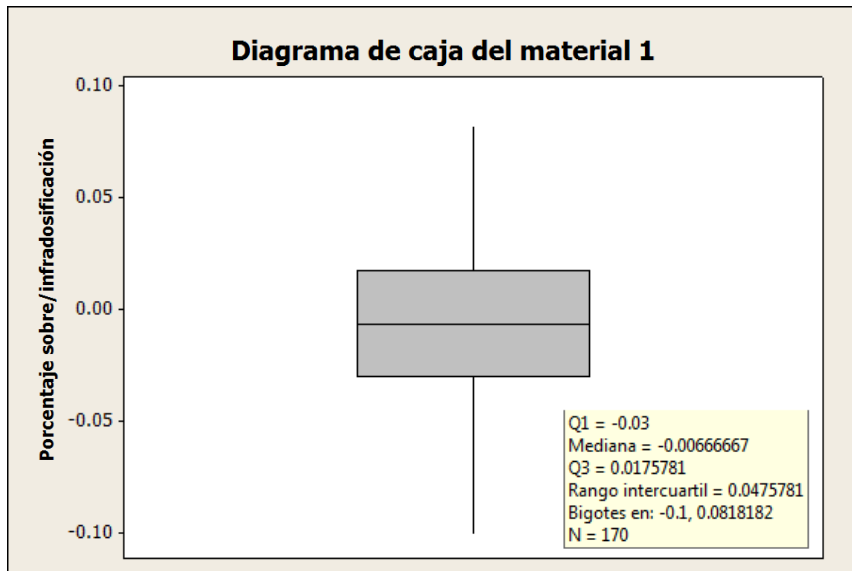
Fuente: elaboración propia.

- Tolerancias: este parámetro de control es el que está definido como la cantidad en kilogramos que se puede aceptar infradosificado o sobredosificado de los materiales en el área de mezclado. Este es un parámetro que el maquinista puede modificar, lo que causa que se dé en ocasiones producto terminado que no cumple el estándar porque se aumentó la tolerancia, lo que causa que se permita que deje pasar la sobredosificación o infradosificación sin marcar ningún tipo de alerta relacionada al tema, esta situación llevó a la implementación de las siguientes acciones:
 - Identificar el rango de las tolerancias de los materiales trabajados. Se realizó un estudio que consistió en infradosificar y sobredosificar recetas en diferentes tolerancias y se identificó que

el rango de tolerancia para los materiales trabajados era de 1% tanto en infradosificación como en sobredosificación. Pero con relación a capacidad del proceso de la máquina, no era posible bloquearlo bajo esa tolerancia.

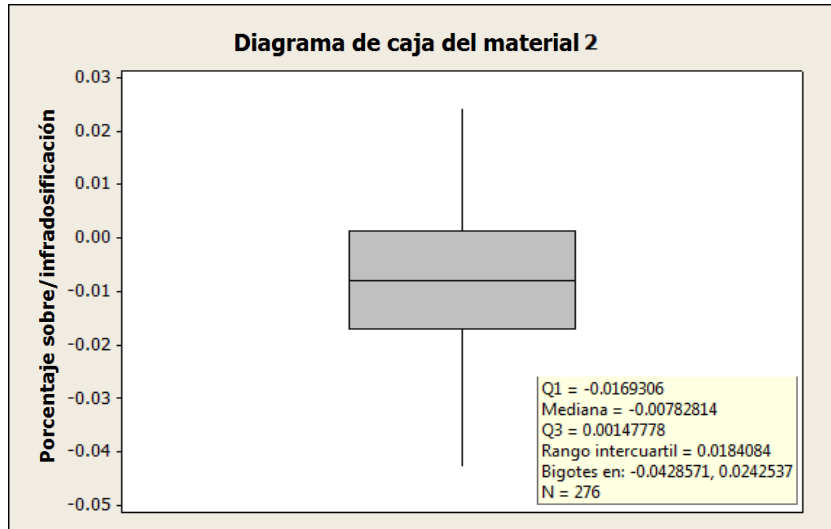
- Bloquear las tolerancias de los materiales trabajados. Se prosiguió a recomendar primero cambiar el dimensional del parámetro de la tolerancia de Kg a porcentajes y posteriormente a bloquear los parámetros en función de la capacidad de la máquina luego de haber realizado todos los cambios ya que estos causaron una modificación y validar si esos porcentajes sobredosificado e infradosificado causaban alguna desviación del sabor del producto terminado.

Figura 76. **Diagrama de caja del porcentaje sobre/infradosificación del material 1**



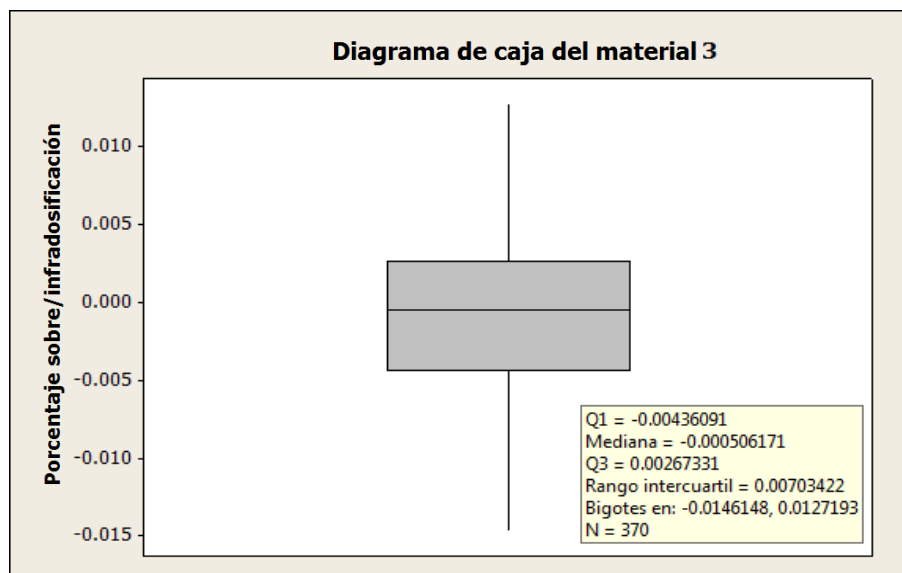
Fuente: elaboración propia.

Figura 77. **Diagrama de caja del porcentaje sobre/infradosificación del material 2**



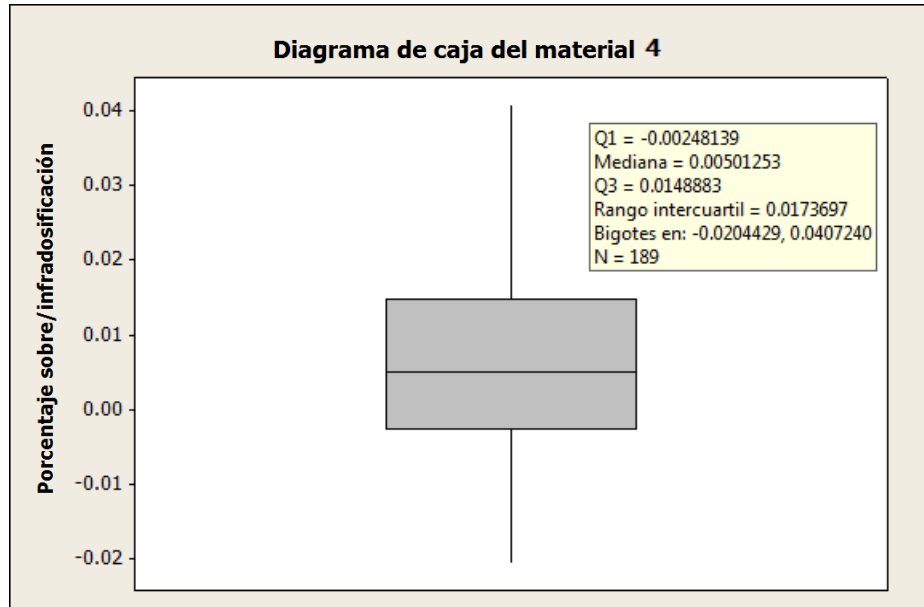
Fuente: elaboración propia.

Figura 78. **Diagrama de caja del porcentaje sobre/infradosificación del material 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 79. **Diagrama de caja del porcentaje sobre/infradosificación del material 4**



Fuente: elaboración propia.

Para seleccionar el rango se aproximó a la unidad máxima de los bigotes (líneas verticales del diagrama de caja), ya que al aplicarlo a los maquinistas se necesita de facilidad de comprensión. El porcentaje establecido por material según estudio es el siguiente:

- El material 1 una tolerancia de [10%,-10%]
- El material 2 una tolerancia de [4%,-4%]
- El material 3 una tolerancia de [1%,-1%]
- El material 4 una tolerancia de [4%,-4%]

4.2. Ventajas y desventajas

Entre las ventajas se puede mencionar:

- Reducción considerable de los reclamos relacionados a las desviaciones del sabor (calidad) que se obtendrá del producto terminado.
- Mejor funcionamiento en aspectos relacionados con la maquinaria en el área de mezclado.
- Mejor control y capacidad de identificar por parte del personal los problemas que se dan en el área y las soluciones que deben de implementar para alcanzar de la mejor forma.
- Capacidad de encontrar otras posibles mejoras que se puedan realizar para apoyar las acciones implementadas y reducir variables en la dosificación para encontrar la cantidad exacta por material.
- Mayor precisión en la planificación de requerimiento de materia prima.
- Menos paros por mal funcionamiento de la dosificación de los materiales, debido a los aspectos eléctricos o mecánicos.
- Parámetros de control de dosificación más estandarizados lo cual hace que la labor del maquinista sea lo más estable posible.

Entre las desventajas se puede mencionar:

- Que al no darse el seguimiento correspondiente a las acciones realizadas el sistema de dosificación puede regresar a ser el mismo. Por

ejemplo, si no se sigue la frecuencia de mantenimiento de los filtros de los silos diarios.

- El cambio de proveedores o acciones de emergencia pueden llegar a causar variaciones que oculten el valor de las ya implementadas. Por ejemplo que se utilice otro material en la ubicación donde se dosifica dicho material específicamente.
- Es posible mantener una pequeña ganancia si se quiere mantener la calidad del producto terminado en todas las dosificaciones, a pesar, de que en el proceso se presenten variaciones y aumente la tendencia a sobredosificación de los materiales, en otros casos se aumentará la calidad del producto terminado, pero aumentará la pérdida de material y, por lo tanto, los costos.

4.3. Beneficios

Los beneficios del proyecto pueden ser a corto y a largo plazo, una medida beneficia el proceso de producción en el área de mezclado y la otra va enfocada al funcionamiento estable del producto terminado en relación con la calidad del producto terminado y el establecimiento de la marca que los ofrece por cumplir siempre con las necesidades del consumidor.

4.3.1. Beneficios a corto plazo

Los beneficios que trajo la implementación de las acciones son en el instante en que son dosificados los materiales, es decir, que se da un proceso más exacto a la hora de dosificarse, se necesita en menor medida la intervención de los maquinistas para realizar la dosificación, hay una mejora

relacionado con el tiempo en varias ocasiones. En cuanto a la dosificación de los componentes, cuando estos no son requeridos en gran cantidad, por ejemplo en una receta que requiera una tercera parte del silo de un material, el proceso será constante durante la elaboración de dos corridas, pero a la siguiente se hará una parada para no trasegarse el material al mismo tiempo que se dosifica y así no sobredosificar la receta, ya que el aumento de presión y el peso del material haría que el mismo fluya de forma más veloz.

4.3.2. Beneficios a largo plazo

Los beneficios que las acciones implementadas trajeron en relación con la cantidad de cada material requerida, es que tiende a ser más precisa y, por lo tanto, la planificación de los pedidos por material es más exacta. Con esto se da una mayor probabilidad de ganancia al adquirir la materia prima, si esta contiene más del que se ha solicitado, también se podría realizar una reducción de la cantidad demandada de materia prima, aumentando la frecuencia de pedido de la misma, esto para hacer un proceso de producción más dinámico. En cuanto a la calidad del producto, se recibirá una menor cantidad de reclamos debido al sabor del producto terminado ya que este podría llegar a cumplir en toda ocasión con los estándares para satisfacer al consumidor haciendo que la marca crezca en fiabilidad para el mismo.

4.4. Programa de mantenimiento

Los programas de mantenimiento se tienen establecidos, sin embargo, se implementaron acciones de mejora para realizar el proceso de una forma más ágil y poder tener opciones para realizar el proceso de la forma correcta. El mantenimiento preventivo busca prever las fallas que se pueden presentar y analizarlas en el proyecto con los estudios realizados. El mantenimiento

correctivo que se da en las ocasiones relacionadas a fallos que no se han estudiado crea una oportunidad de mejora y reduce la cantidad de tiempo perdido en dicha área de producción que, en relación a costos, es una de las que más afecta a la empresa.

4.4.1. Mantenimiento preventivo

La forma más correcta de que se impidan fallos en el proceso es identificando mantenimientos que impidan que falle la maquinaria en un momento indeseado, ante ello se definen acciones de mantenimiento que apoyen al correcto funcionamiento de la dosificación, las cuales consisten en las siguientes:

- Mantenimiento quincenal: consiste en el cambio de los filtros de los silos diarios (material 1, 2 y 3) esto para que no se acumulen sobredosificaciones o aumento de presión en el sistema y se cumpla con el estudio que identificó que era una de las necesidades del área. Para que se le dé el seguimiento correspondiente al cambio de los filtros y a la limpieza correspondiente se crearon acciones que han de mitigar el hecho de que esta condición se cumpla:
 - Se creó una rutina estándar para que el personal capacitado sepa qué documentación, herramientas y equipo de protección personal (EPP) se necesita para realizar la acción, así como el tiempo que debe tomar hacer cada una de las acciones. Se crearon subpasos en el proceso, para que el personal comprenda, en caso que se le dificulte terminar el paso de dicha rutina estándar, esto para que tenga más conocimiento y pueda realizar el trabajo de la forma correcta.

- Se creó un indicador en el cual se encuentran los tres silos diarios. Es comúnmente apuntar la fecha en que se realizó el cambio de filtros y cumplir el mantenimiento quincenalmente, colocando el color verde si se cumplió en el momento correcto y de no cumplirse, poner el color rojo. Esta situación activa una colaboración por parte del equipo de trabajo en una posición más alta en la jerarquía del área de producción lo que lleva a realizar la acción dándole la prioridad requerida y anotando la fecha en que se hizo.

- Mantenimiento trimestral: es el que verifica el funcionamiento de la compuerta, sensores, sistema mecánico y sistema neumático. Se agregó la verificación de la altura de la compuerta cuando se encuentra en posición semiabierta especificada por material.

- Mantenimiento anual: consiste en un mantenimiento total en el que es desmantelado el sistema completo de dosificación. Luego pasa a realizarse una inspección visual de todos los componentes (accionador neumático, motor, caja reductora, aspa, acoples, compuerta, sensor de posición radial de la compuerta y compuerta), identificando, fallos puntuales o posibles fallos para luego ser reparados, engrasar los componentes que lo requieran o limpiarlos, pintarlos. Por último, se arma el sistema completo, se ajusta tanto el sistema mecánico, neumático y eléctrico, ajustando la altura de la compuerta a la que se ha especificado. Este punto debe ceñirse al estudio por material y de darse una situación de mejora sobre la misma, ajustarlo a la nueva altura. Por ejemplo, se logró establecer un solo proveedor y la altura de la compuerta en posición semiabierta, se puede reducir la misma optando por esa mejora midiendo correctamente la altura con herramientas creadas para medir

dicha altura. Estas herramientas son, básicamente, reglas de metal de diferentes tamaños que se colocan para dar la correcta altura a la compuerta.

4.4.2. Mantenimiento correctivo

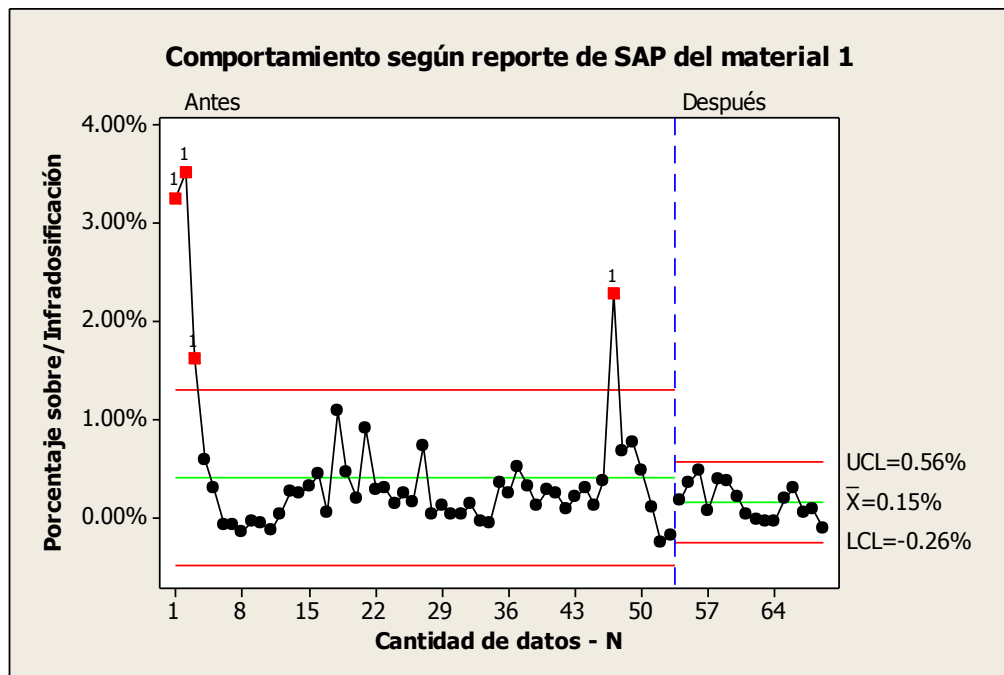
Los mantenimientos correctivos que se recomendaron se aplicarán en momentos donde la compuerta que es la encargada de dejar pasar el material está funcionando de forma inestable causando que la dosificación sea muy variable.

Este consiste en que el acople del accionador neumático con el de la compuerta se ajustará de forma precisa logrando así un mejor funcionamiento y rotación de la compuerta. El diseño de la compuerta tiene forma de arco que gira proporcionalmente en función de la posición, esto da una luz donde se deja caer el material, ya sea para abrir, dejar en posición semiabierto y cerrar la compuerta en el momento correcto y con la mayor precisión, cuando el sistema neumático genera el torque necesario para girarla.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA

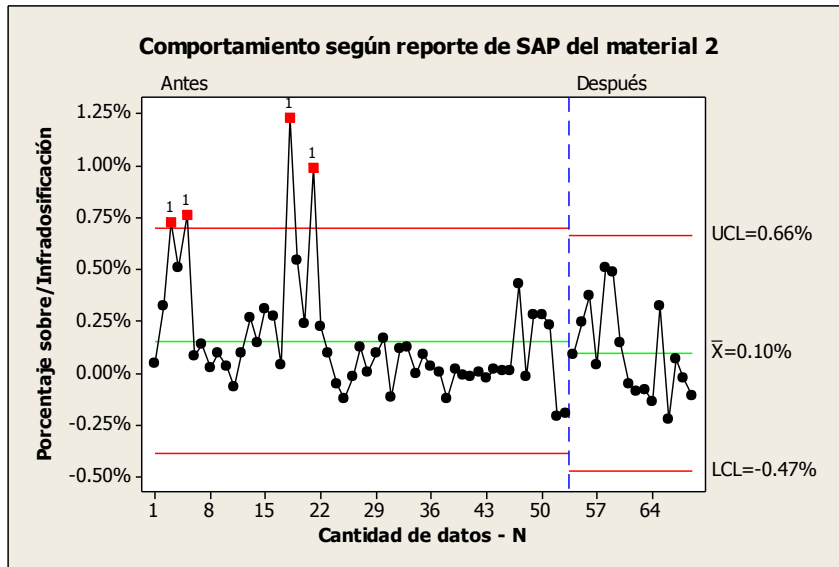
Esta etapa del proyecto se caracterizó porque buscó la forma de regular correctamente las acciones ejecutadas para solucionar el problema de la variación de la dosificación y buscó también oportunidades de mejora de la misma para lograr un mayor beneficio y alcanzar los objetivos. Antes de comenzar la etapa de control se requirió ver el impacto de las acciones implementadas, se comparó el antes y después de ejecutarlas y se verificó si se logró una mejora tangible para poder darle el seguimiento así como plantear las mejoras correspondientes.

Figura 80. Variación antes y después de la dosificación del material 1



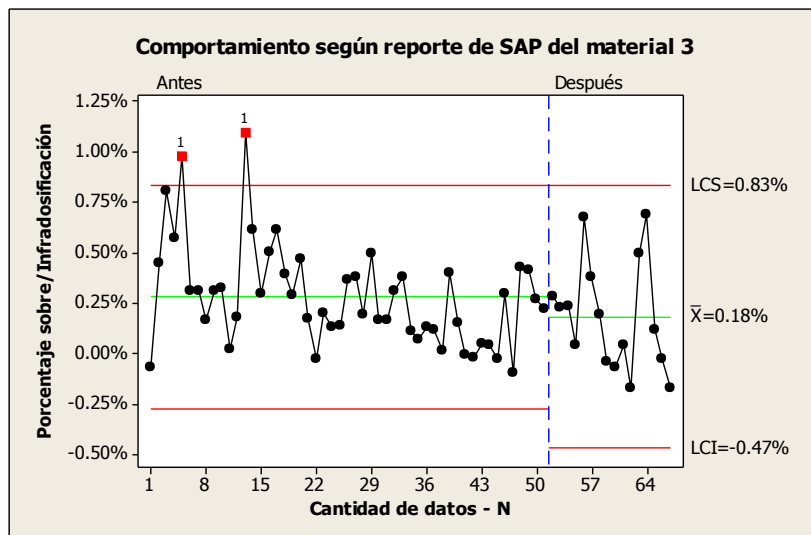
Fuente: elaboración propia.

Figura 81. Variación antes y después de la dosificación del material 2



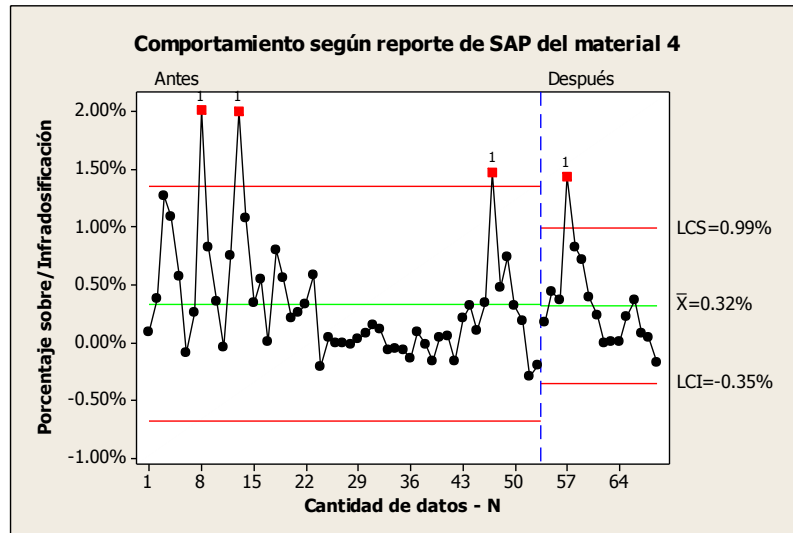
Fuente: elaboración propia.

Figura 82. Variación antes y después de la dosificación del material 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 83. Variación antes y después de la dosificación del material 4



Fuente: elaboración propia.

En los resultados finales se presentaron dos situaciones, en todas se presentó una reducción de la media de pérdida (es menos positiva) y de datos atípicos (con el número uno en color rojo), en un caso se logró reducir el rango de variación y en el otro se aumenta.

Tabla VII. Porcentaje de pérdida promedio alcanzada

| | Porcentaje inicial [%] | Porcentaje objetivo [%] | Porcentaje alcanzado [%] |
|------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Material 1 | 0.41 | 0.28 | 0.15 |
| Material 2 | 0.16 | 0.08 | 0.10 |
| Material 3 | 0.28 | 0.20 | 0.18 |
| Material 4 | 0.33 | 0.23 | 0.32 |

Fuente: elaboración propia.

Todas las mejoras realizadas lograron un ahorro de:

- Material 1 un ahorro de \$5 300,00
- Material 2 una pérdida de \$800,00
- Material 3 una pérdida de \$600,00
- Material 4 una pérdida de \$900,00

Para lograr un ahorro neto de \$3 000,00 con un porcentaje de pérdida promedio de los cuatro material es igual a 0.19% alcanzando el objetivo total deseado, con oportunidades de mejora para los no alcanzados y alcanzar de esa manera un mayor ahorro.

5.1. Controles para mejorar el proceso de dosificación

Se establecieron diferentes controles para lograr un resultado óptimo, los cuales se realizaron con la finalidad de que el personal que trabaja en el área las aplique en el momento adecuado. Ya sean acciones que afecten al aspecto mecánico de la dosificación, el control del sistema en sí o el control de la materia prima, esto para ver si sobre las alertas activadas, la causa raíz fue por no cumplir con el estándar en el ingreso pero se debía seguir produciendo.

5.1.1. Control estadístico para el proceso

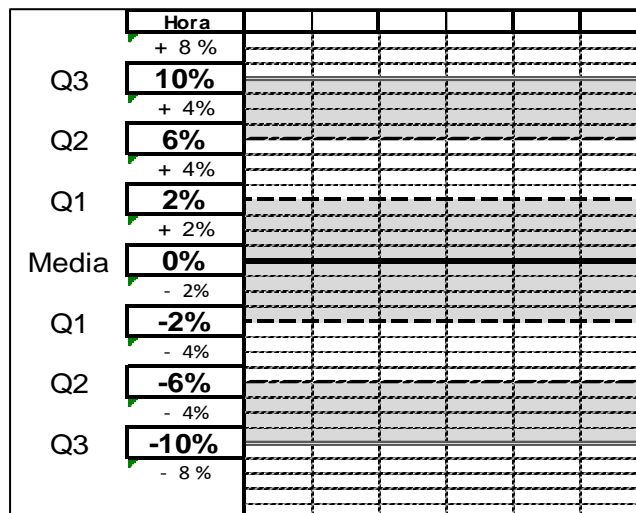
Para el control del proceso se recomendaron gráficos de control derivados de diagramas de caja utilizados para la reducción de datos aberrantes o datos atípicos, para verificar si se está cumpliendo con el estándar (con ayuda del gráfico de medias y la capacidad de proceso) que al haberse implementado las acciones de cambio se siga manteniendo y de no presentarse esta situación que derivados o acciones de mejora son necesarios implementar, como lo sería

por ejemplo, verificar la posibilidad de necesitar solo un proveedor por cada materia prima, que cumpla con la mayor cantidad de requerimientos para mantener las especificaciones durante la producción del producto terminado. Sin embargo, esas especificaciones tienen relación con la composición química, si no contienen alguna especie de plaga que afecte al producto terminado y no se enfocan en las características físicas de los materiales.

5.1.1.1. Gráficos de control o gráfica de medias, $\bar{\bar{X}}$

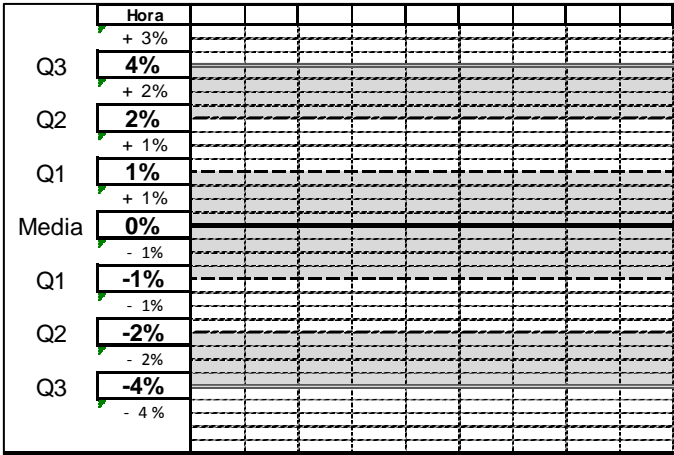
Se crearon gráficos de control para verificar si se podría llegar a cumplir con la tolerancia establecida de dosificación, tomando en cuenta la tolerancia determinada por parte de la calidad del producto, que puede soportar la máquina con la finalidad de que esta se mantenga en dicho rango.

Figura 84. Gráfico para la variación de la dosificación con las tolerancias del material 1



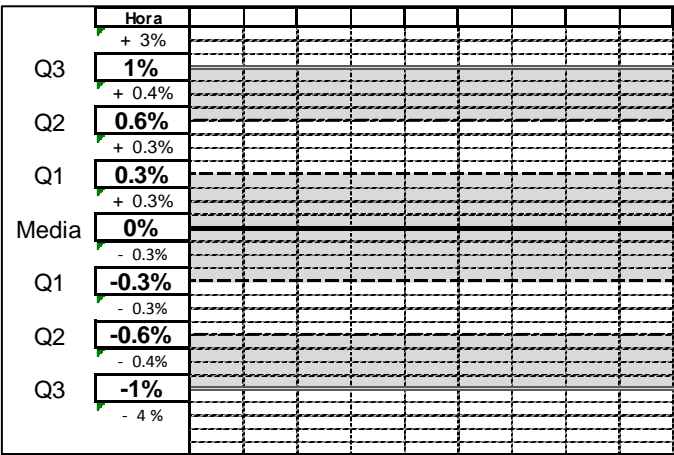
Fuente: elaboración propia.

Figura 85. **Gráfico para la variación de la dosificación con las tolerancias del material 2**



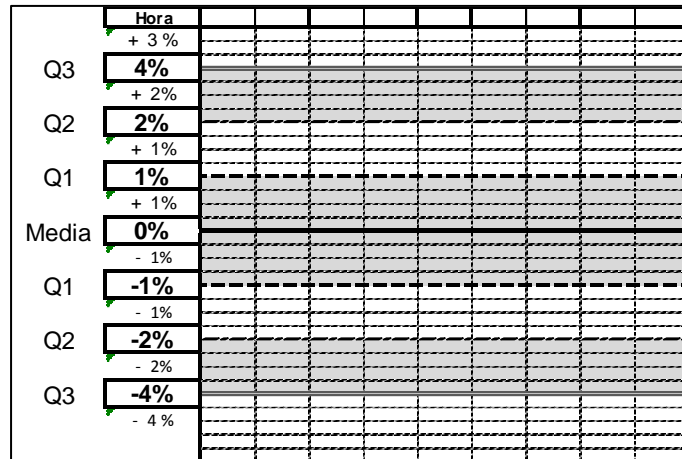
Fuente: elaboración propia.

Figura 86. **Gráfico para la variación de la dosificación con las tolerancias del material 3**



Fuente: elaboración propia.

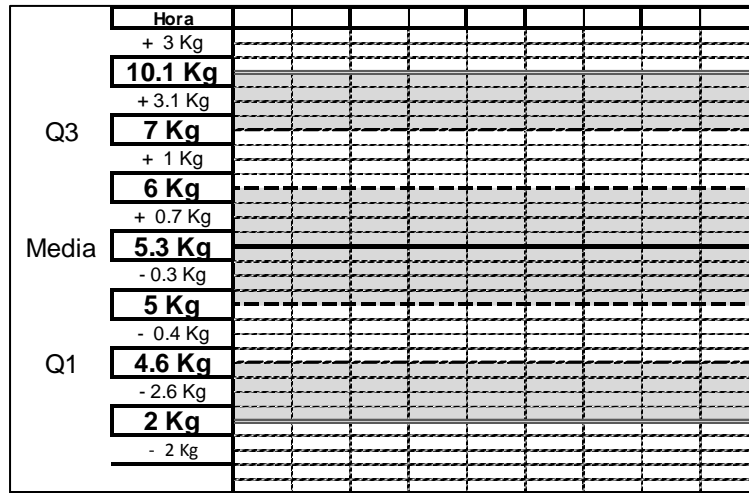
Figura 87. **Gráfico para la variación de la dosificación con las tolerancias del material 4**



Fuente: elaboración propia.

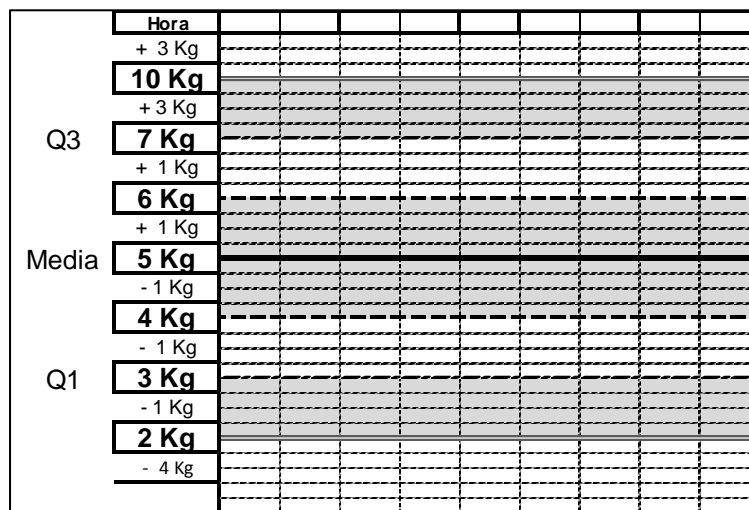
A su vez, se crearon gráficos de control en base a los diagramas de caja, para utilizar de forma más correcta los parámetros que se emplean para la dosificación. Este gráfico va a servir como apoyo para activar las alertas de cuando en el proceso de dosificación se dé una situación fuera de lo común y verificar con el apoyo del personal capacitado observe las causas raíz del cambio de parámetros.

Figura 88. **Gráfico para el control del parámetro de error de caída del material 1**



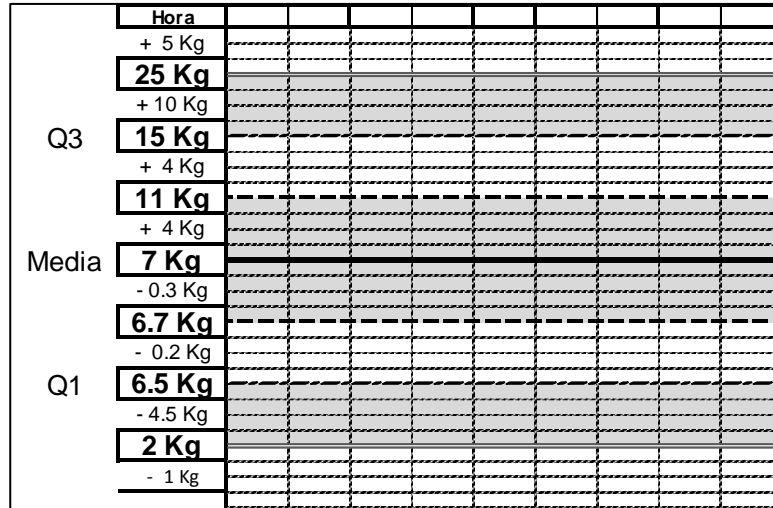
Fuente: elaboración propia.

Figura 89. **Gráfico para el control del parámetro de error de caída del material 2**



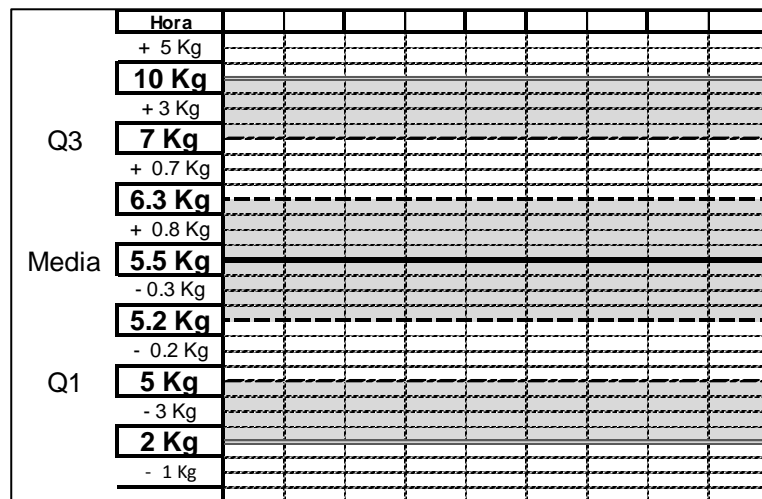
Fuente: elaboración propia.

Figura 90. **Gráfico para el control del parámetro de error de caída del material 3**



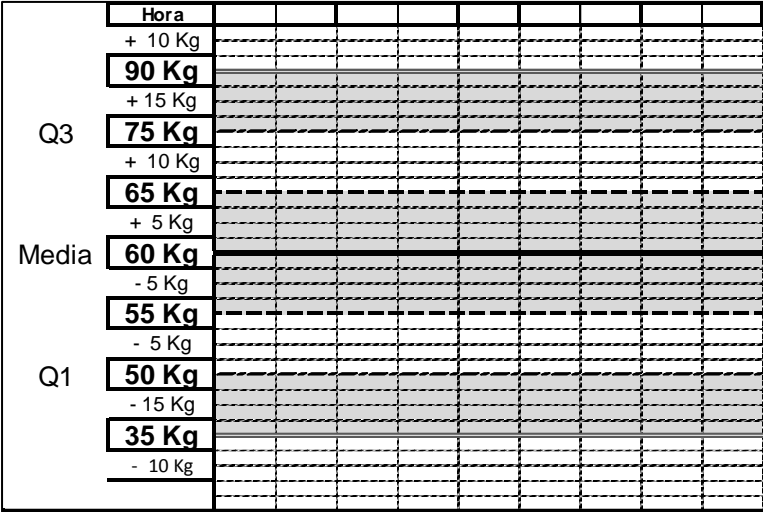
Fuente: elaboración propia.

Figura 91. **Gráfico para el control del parámetro de error de caída del material 4**



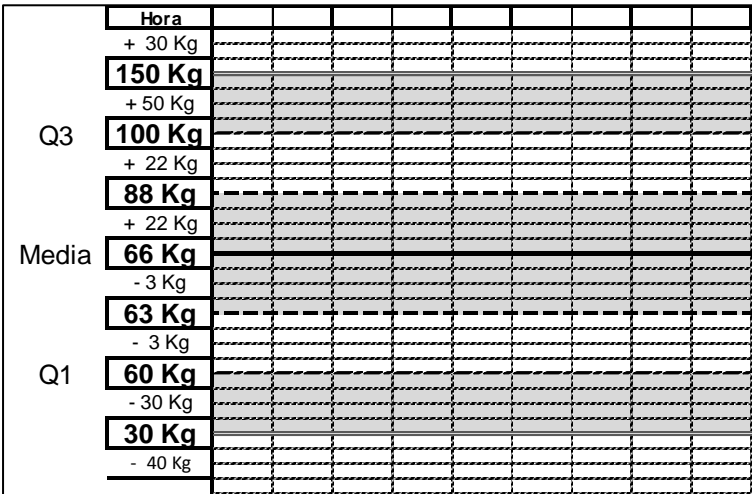
Fuente: elaboración propia.

Figura 92. **Gráfico para el control del parámetro de consigna de baja caudal del material 1**



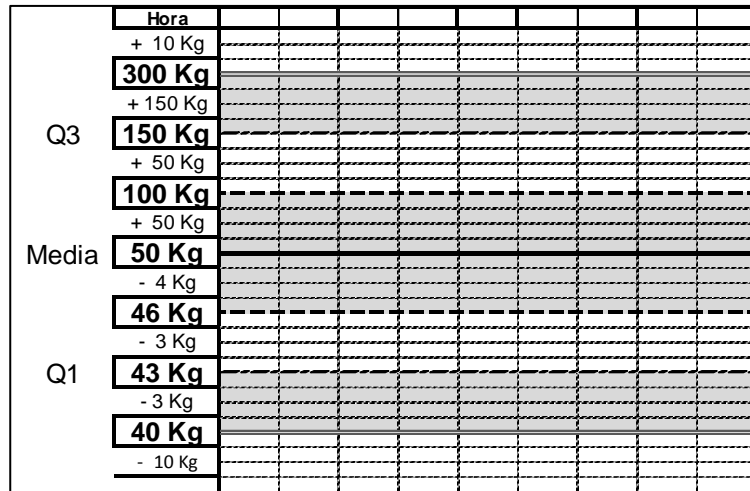
Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Gráfico para el control del parámetro de consigna de baja caudal del material 2**



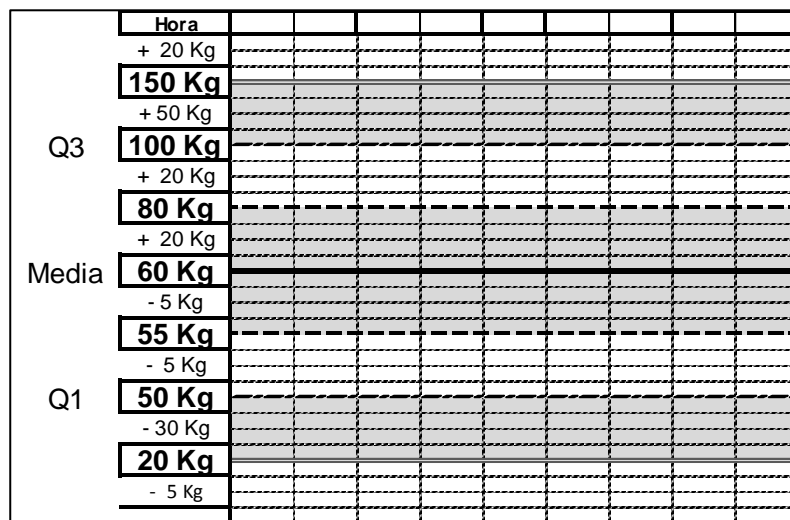
Fuente: elaboración propia.

Figura 94. **Gráfico para el control del parámetro de consigna de baja caudal del material 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 95. **Gráfico para el control del parámetro de consigna de baja caudal del material 4**

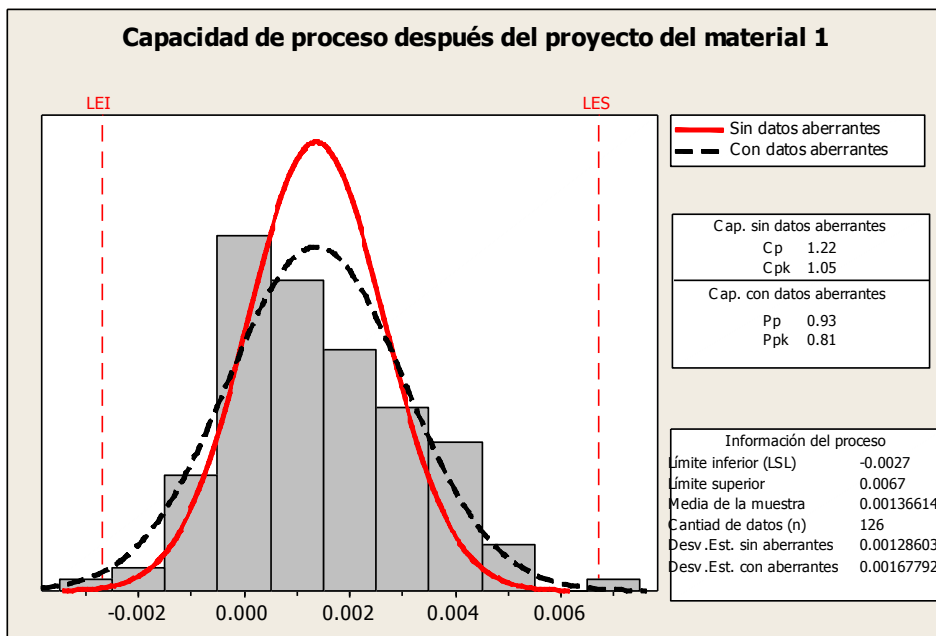


Fuente: elaboración propia.

5.1.1.2. Capacidad del proceso (Cp)

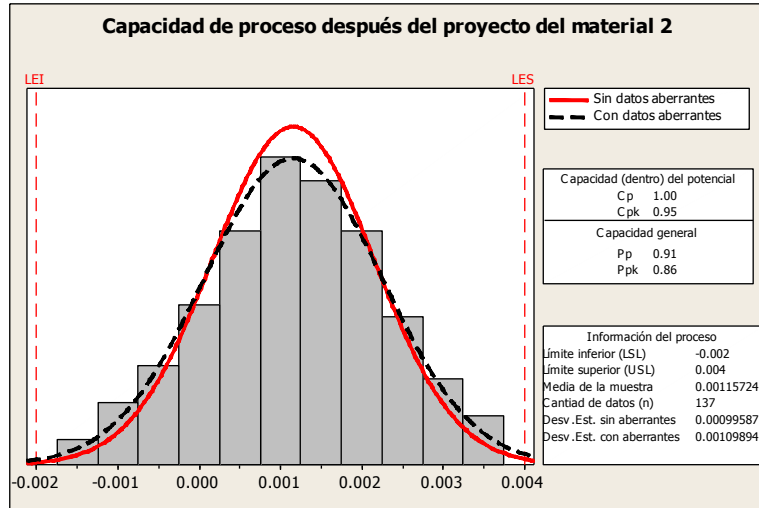
La herramienta estadística utilizada tuvo la finalidad de identificar en primer lugar en qué situación se encontraba el proceso de la dosificación, enfocado en máquina como en el material. Se llegó a diferentes conclusiones en función del estudio, para las actividades que se recomendaron por material, luego de implementar las acciones, los cambios y cuál sería el resultado si estos se proyectaban según la misma tendencia. De acuerdo con las acciones de implementación, la descripción de la capacidad del proceso por material es la siguiente:

Figura 96. **Capacidad del proceso luego de implementación del material 1**



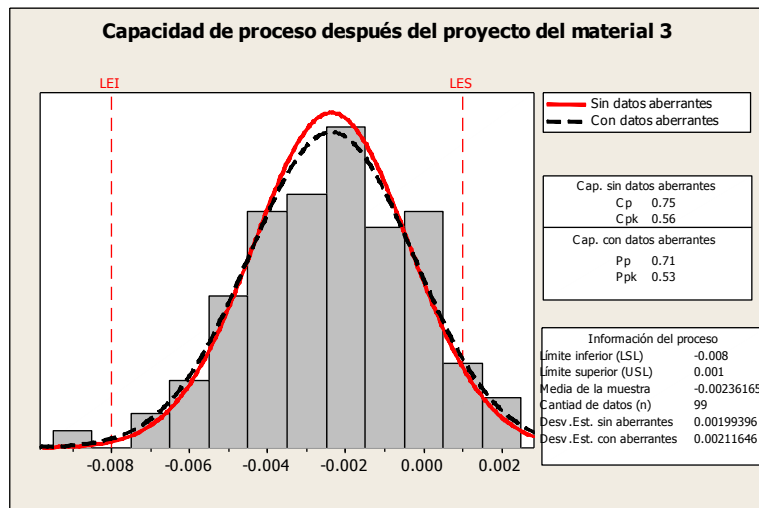
Fuente: elaboración propia.

Figura 97. **Capacidad del proceso luego de implementación del material 2**



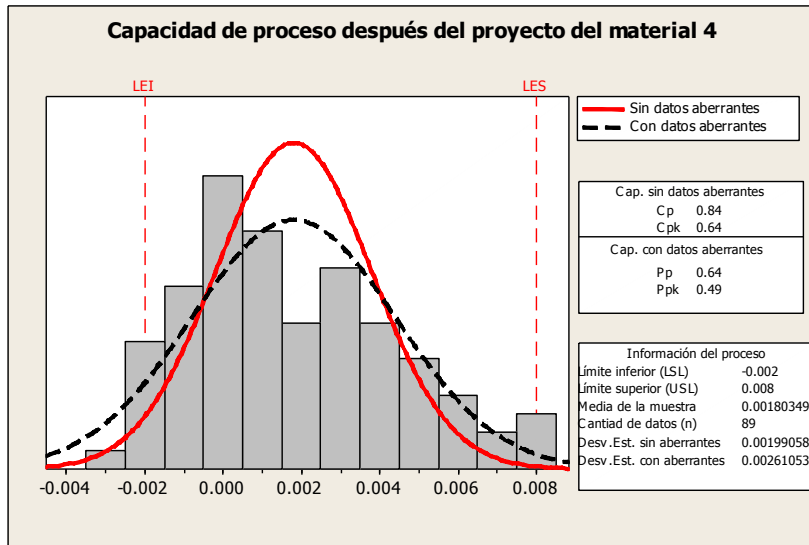
Fuente: elaboración propia.

Figura 98. **Capacidad del proceso luego de implementación del material 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 99. **Capacidad del proceso luego de implementación del material 4**



Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Control para las variables de la materia prima

Para el control de la materia prima no se logró implementar los controles, ya que para que se cumplieran se requería que los proveedores cumplieran con esos estándares, que en la bodega se utilizaran los materiales una vez se cumpliera con el estándar y conocer que los materiales podían cumplir una tendencia de parámetro identificada en el proceso de transporte de la misma hasta ser dosificada. Sin embargo, se recomendó qué materiales podrían ser implementando un control y en qué variables se debería prestar la prioridad por el impacto que generaría estandarizarlas y el cambio que se presentaría al momento de ser dosificado una vez controlada esa variable. El material y la variable que se recomendó profundizar en el estudio para lograr un mejor control son los siguientes:

- Humedad al material 2 y 3
- Granulometría al material 1 y 3

Ambos estudios profundizarían en la reducción, tanto del rango, como de la media de las dosificaciones, ya que las demás variables ya fueron implementadas y se logró con ello resultados óptimos.

5.1.3. Control para el sistema mecánico

Para el control del sistema mecánico se establecieron acciones, las cuales serían agregadas a las especificaciones de los programas de mantenimiento, estas fueron:

- Frecuencia de cambio de filtros y creación de rutina estándar para el cambio.
- Verificación anual del funcionamiento de la compuerta, en especial el acople del accionador neumático con el de la compuerta.
- Verificación anual del estado de la compuerta (empaques, lubricación, existencia de deformación o desgaste).
- Verificación de la altura de la compuerta en posición semiabierta por material.

Figura 100. **Vista interior del área de desfogue y filtros siguiendo la frecuencia de mantenimiento**



Fuente: biblioteca de imágenes de producción.

Todas las verificaciones fueron agregadas en los programas de mantenimiento de cada uno de los materiales trabajados, con la finalidad de que se le dé el seguimiento correspondiente y, de darse cualquier eventualidad que cambie las especificaciones planteadas, existan pasos por seguir para corregirlas. Para cada uno de los controles mecánicos se realizaron acciones que le dieran el seguimiento correspondiente, las cuales son las siguientes:

- En el caso de que no se cambien los filtros la acción es priorizar el cambio para que no se presenten fallos en la dosificación.

- Con la verificación del accionador neumático se prosigue con lubricar y verificar que las piezas funcionen correctamente y ver que los acoples estén ajustados perfectamente, tanto del accionador como con el de la compuerta.
- Al no realizarse la verificación del funcionamiento de la compuerta, la acción que prosigue es realizar la inspección y si se presenta algún defecto con relación a la compuerta, su empaque, la lubricación, deformación o desgaste, se proceda a colocar nuevas piezas o maquinar la compuerta o repararla para que trabaje adecuadamente.
- Con la altura de la compuerta la acción es darle un seguimiento más estricto para la cual se crearon pequeñas piezas de metal con diferentes tamaños a fin de ajustar la compuerta de forma más precisa, en donde los instrumentos de medición tienen difícil acceso.

6. MEDIO AMBIENTE

La búsqueda de tener empresas más ecológicas o que sean amigables con el ambiente es de vital importancia, para tener un ecosistema en el cual los seres humanos se puedan desenvolver y seguir desarrollándose, es por esa razón que el proyecto ha buscado no solo lograr sus objetivos particulares sino que, a su vez, reducir cualquier tipo de contaminación que pudiera producir.

6.1. Situación actual

Actualmente, la empresa no ha priorizado proyectos netamente ecológicos, sin embargo, sí se realizan proyectos para reducción de desperdicios o que en algún momento busquen la reducción de los mismos.

6.1.1. Medidas de mitigación utilizadas

Se plantearon diferentes medidas para que al implementar las acciones de mejora se lograra mitigar en gran medida los tipos de contaminación encontrados, no obstante, se logró identificar que no todos los tipos de contaminación se mitigaron, entre otras razones porque los requerimientos de inversión para poder hacerlo eran muy altos.

6.1.1.1. Desechos sólidos

Con el proyecto se logró identificar en las primeras observaciones cierta cantidad de desechos que van desde los desechos que se retiran en la limpieza de la maquinaria y tubería al cambiar de producto terminado, hasta pérdida en

gran cantidad de sacos llenos de producto terminado de más de 500 kg, lo cual ocasiona una gran pérdida de producto terminado.

6.1.1.2. Contaminación acústica

Existe una constante contaminación acústica debido a la maquinaria que está trabajando, lo cual causa que el personal requiera de un equipo de protección auditivo con la finalidad de mitigar esta variable para no perjudicar al personal, ya que este es el que mayor tiempo pasa expuesto a este tipo de contaminación.

En el caso de la propagación de la contaminación acústica hacia el exterior de la empresa, está mitigada por la estructura de la construcción, por lo que no es una variable significativa para ser considerada como sujeto de mejora.

6.1.1.3. Contaminación del agua

Las observaciones realizadas con la contaminación del agua en el área de enfoque del proyecto, llegó a concluir que la empresa no tiene contaminación, ya que al fabricar productos alimenticios deshidratados, la utilización del agua se ve limitada y esta no tiene otro uso más que para la higienización del personal, que entra para comenzar a laborar.

6.1.1.4. Contaminación del aire

Actualmente, se presenta contaminación del aire, tanto dentro como fuera de la empresa, esto debido a que no se tiene un desfogue correcto de aire y filtrado de los materiales, lo que causa que el aire contenga partículas de los

diferentes materiales que se utilizan para la realización de las variedades de productos.

6.2. Propuesta para mejora

Al plantearse las diferentes medidas para mitigar los problemas del medio ambiente, primero se buscó identificar qué tanta relación tenía cada una de ellas con el proyecto para verificar su capacidad de mitigar cualquiera de los tipos de contaminación. Se logró identificar que las que podían llegar a ser mitigadas en gran medida era la del aire y las de desechos sólidos. Estas acciones estaban siendo implementadas ya en el proyecto porque las observaciones demostraron que no solo beneficiaban a la dosificación de los materiales sino al ambiente. Las acciones que colaboraron y cómo fue beneficiaron al ambiente son:

- Reducción de los desechos sólidos: se mitigó en medida en función de cómo las dosificaciones en el área se mantengan más estables y dentro del rango de tolerancia, esto evitará el gran desperdicio de materia prima y de producto terminado que se tenía en los inicios del mismo.
- Contaminación del aire: la acción que mitigó en gran medida la contaminación del aire dentro del área de dosificación de los materiales, fue la frecuencia del cambio de filtros, porque estos no solo tenían la funcionalidad de reducir el aumento de presión sino que también filtrar todas las partículas contenidas en el aire que pasaba al momento de ser liberado. A su vez, se recomendó que la calidad de los mismos era de vital importancia para que el proceso de filtrado de las partículas fuera el más correcto.

CONCLUSIONES

1. Luego de analizar los materiales trabajados se logró establecer que hay variables que afectan directamente la dosificación así como el comportamiento de la misma, por lo cual deben implementarse acciones y medidas para estandarizar, controlar o conocer en qué situación se encuentra el trabajo para crear indicadores o acciones que ayuden a cumplir la mejora continua y crear así un proceso más controlado.
2. Luego de todos los estudios, se logró identificar que la fluidez es la variable que más influencia tiene y la reducción de la misma mientras es dosificada tendría un impacto tangible notorio y, entre mayor sea el conocimiento del comportamiento de la misma bajo las diferentes condiciones de trabajo, mejor serán las acciones para controlar las dosificaciones.
3. La secuencia de pasos por seguir va desde: ingreso a bodega, tiempo de permanencia, comportamiento del material bajo esas condiciones, tipo de transporte más adecuado para no alterar las características físicas del material, forma más eficiente de controlar su fluidez mientras es dosificado, conocimiento de la frecuencia y de las partes del equipo que requieren mantenimiento.
4. Los beneficios son tanto tangibles como intangibles. Los primeros como lo económico que abarca desde la reducción de costos relacionados con la materia prima (unitario, almacenaje, orden y déficit). Los intangibles relacionados con la calidad del producto y satisfacción del consumidor.

5. El mantenimiento definido para mantener el proceso de dosificación controlado es quincenal para el cambio de filtros; mensual, para la revisión de partes externas del sistema de dosificación; trimestral y anual para el mantenimiento total de los silos. Esto para los primeros tres materiales y para el cuarto, ubicado en tolva, la decisión del mantenimiento total dependerá de la disponibilidad de tiempo.

6. Los controles establecidos para verificar el proceso de dosificación fueron, indicadores para el control del cambio de filtros, control de parámetros, variación de la dosificación en función de la tolerancia establecida, alerta o cadenas de ayuda para trasladar los fallos del sistema a los superiores para tomar acciones inmediatas, creación de una rutina estándar para el correcto cambio de filtros, un documento para la predicción de riesgos a la hora de cambiar los filtros y actualizar programas de mantenimiento en función de las nuevas especificaciones creadas.

RECOMENDACIONES

1. Al Departamento de Compras: verificar la posibilidad de reducir la materia prima de alto volumen por lote pedido a la mitad, para reducir la cantidad de tiempo que se mantiene en bodega.
2. A bodega: implementar un sistema de ordenamiento y de abastecimiento que reduciría tiempo de espera en bodega, así como la utilización de la materia en orden de llegada y no aleatoriamente.
3. Al Departamento de Producción: darle el seguimiento correspondiente al cambio de filtros e integrarlo al sistema electrónico en SAP para darle el seguimiento a la ejecución de la actividad y seguir la normativa establecida por la rutina estándar.
4. Al Departamento de Ingeniería: replicar de forma correcta la altura de la compuerta de los demás materiales en tolvas, para ello es necesario realizar pruebas en base a la fluidez, ajustando la compuerta a la altura en posición semiabierta, reduciendo la variación de la dosificación y establecer un punto específico de la posición del accionador neumático, ya que sobre ellas no debe haber variación alguna.
5. Evaluar la opción de agregar sensores de humedad en línea para silos, para amarrar a rangos de humedades estudiadas, así como también realizar un estudio más profundo relacionado con a la activación del soplante más detenidamente, y enfocada a diseñar el programa de computadora vinculado al Controlador Lógico Programable (PLC).

BIBLIOGRAFÍA

1. ACEDO, Juan y GONZÁLEZ, Rico. *Problemática de utilización de materias primas fibrosas en fábricas de piensos y plantas de mezclas, influencia sobre la tecnología de fabricación a emplear*. España: FEDNA 2006, 67 p.
2. DUNCAN, Acheson j. *Control de calidad y estadística industrial*. 5ta. Ed. México: Editorial Alfaomega, 77p.
3. IICA. *Agroindustria y competitividad: estructura y dinámica*. Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005. 408p.
4. _____. *La gestión asociativa de los procesos de la producción*. Colombia: Módulo No.4, 2002. 68p.
5. GONZÁLEZ, Fernando y GONZÁLEZ, Aleu. *Seis Sigma para gerentes y directores. Colección negocios, empresa y economía*, Capítulo 4. Mitos y realidades de Seis Sigma.
6. VILAR BARRIO, José Francisco. *Cómo mejorar los procesos en su empresa*. España: Fundación Confemetal, 55p.

