

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**Incremento del cumplimiento de los pedidos planificados de una empresa
de alimentos**

INGE-2353

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Cisneros Aguirre Karen Johanna

Quimí Pérez Génesis Laura

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico a mi familia quienes se sacrificaron de diferentes formas para poder otorgarme la oportunidad de estudiar cómodamente en la gloriosa ESPOL. Para mis padres que han sido mi mayor inspiración para seguir adelante. Para mis hermanas que han sido mi mayor motivación a lo largo de estos años. Para Maru Torres que ha sido como una madre para mí y siempre ha estado a mi lado.

Karen

El presente proyecto lo dedico a mi familia que siempre me brindó su apoyo y cariño durante mi carrera universitaria.

Génesis

Agradecimientos

Agradezco a mis padres y hermanas que siempre han estado presente en mi crecimiento profesional. A mi abuela, abuelo y tía materna que han hecho lo imposible para que no nos falte nada en la casa. A mi abuela y tía paterna que han aportado significativamente en mi desarrollo profesional. A la empresa que me dio la oportunidad de realizar la materia integradora. A mis compañeros y a los profesores que han aportado con un granito en mis enseñanzas.

Karen

Mi más sincero agradecimiento a mi tutor por su guía y recomendaciones durante la elaboración de este proyecto. A mi compañera por su colaboración, a las demás personas que me alentaron y un especial agradecimiento a alguien que me apoyó siempre que lo necesité.

Génesis

Declaración Expresa

Nosotras Karen Cisneros Aguirre y Génesis Quimí Pérez acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 23 de enero del 2024.

Karen Johanna Cisneros
Aguirre

Génesis Laura Quimí
Pérez

Evaluadores

María Denise Rodríguez Zurita. Ph. D.

Profesor de Materia

Marcos Nicolajeff Buestán

Benavides. Ph. D.

Tutor de proyecto

Resumen

Un problema común que padecen muchas organizaciones es la dificultad para cumplir con la producción planificada durante cierto periodo de tiempo. Así pues, surge el proyecto realizado en una empresa productora de licor de cacao.

Durante el año 2023 se observó que en esta empresa no se cumplía con toda la producción planificada, por tanto, el objetivo del proyecto es aumentar el porcentaje promedio del cumplimiento de la producción planificada de la línea de licor de cacao en un 7,09% a través de herramientas de mejora continua.

Para desarrollar el proyecto se empleó la metodología DMAIC y se necesitó la colaboración significativa de la empresa. Se utilizaron herramientas estadísticas y recursos digitales en diversas etapas de la metodología. Como soluciones finales, se implementó un modelo de calificación de proveedores y un modelo de optimización para la planificación de la producción, posterior a la implementación de las soluciones se logró mejorar el porcentaje mensual del cumplimiento de la producción al 81,54%, que inicialmente era de 76.07%.

Finalmente, se observaron mejoras en las variables propuestas, como el aumento en el cumplimiento mensual de la producción, ingresos mensuales, satisfacción laboral y disminución de la cantidad mensual de material de empaque dañado.

Palabras Clave: Planificación de la producción, Modelo de calificación de proveedores, Modelo de optimización, DMAIC.

Abstract

A common problem faced by many organizations is the difficulty to meet the planned production during a certain period of time. Thus, the project carried out in a company producing cocoa liquor arises.

During the year 2023 it was observed that this company did not meet all the planned production, therefore, the objective of the project is to increase the average percentage of compliance with the planned production of the cocoa liquor line by 7,09% through continuous improvement tools.

To develop the project, the DMAIC methodology was used and the significant collaboration of the company was required. Statistical tools and digital resources were used at various stages of the methodology. As final solutions, a supplier qualification model and an optimization model for production planning were implemented. After the implementation of the solutions, the monthly percentage of production compliance was improved to 81,54%, which was initially 76,07%.

Finally, improvements were observed in the proposed variables, such as an increase in monthly production compliance, monthly income, job satisfaction and a decrease in the monthly amount of damaged packaging material.

Key words: Production planning, supplier qualification model, optimization model, DMAIC.

Índice General

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice General.....	III
Abreviaturas.....	VI
Simbología.....	VII
Índice de Figuras.....	VIII
Índice de Tablas.....	XII
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.2.1 Requerimientos.....	4
1.2.2 Variables de interés.....	6
1.2.3 Planteamiento del problema.....	7
1.2.4 Métricas de sostenibilidad (TBL).....	7
1.2.5 Variables adicionales.....	9
1.2.6 Alcance del proyecto (SIPOC).....	9
1.2.7 Mapeo del proceso.....	11
1.2.8 Plan de recolección de datos.....	15
1.2.9 Restricciones.....	16
1.3 Justificación del problema.....	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos específicos.....	17
1.5 Marco teórico.....	17
1.5.1 Seis Sigma.....	17

1.5.2	DMAIC.....	17
1.5.3	Job shop scheduling.....	18
1.5.4	SIPOC.....	18
1.5.5	SQA (Control de calidad de proveedores).....	18
1.5.6	VOC.....	18
1.5.7	TBL.....	18
Capítulo 2.....		19
2.1	Metodología	20
2.2	Medición.....	20
2.2.1	Recolección de datos	20
2.2.2	Problema enfocado	25
2.2.3	Verificación de confiabilidad de los datos	26
2.2.4	Análisis de estabilidad	35
2.3	Análisis.....	35
2.3.1	Lluvia de ideas de problema enfocado	36
2.3.2	Diagrama de Ishikawa	36
2.3.3	Matriz causa efecto	38
2.3.4	Diagrama de Pareto	39
2.3.5	Causas potenciales	40
2.3.6	Diagrama impacto esfuerzo	40
2.3.7	Plan de verificación de causas	41
2.3.8	Herramienta 5 porqués.....	54
2.4	Mejorar	55
2.4.1	Generación de soluciones potenciales	55
2.4.2	Priorización de soluciones	57
2.4.3	Herramienta 5W+2H para las soluciones	60
2.5	Implementar y Controlar	61

2.5.1	Desarrollo de la solución 1	61
2.5.2	Desarrollo de la solución 2	66
2.5.3	Plan de control	68
Capítulo 3	.....	70
3.1	Resultados y análisis	71
3.2	Análisis de los tres pilares de sostenibilidad	75
3.2.1	Pilar Social.....	75
3.2.2	Pilar Económico	77
3.2.3	Pilar ambiental	77
Capítulo 4	.....	78
4.1	Conclusiones	79
4.2	Recomendaciones.....	80
Referencias	.....	81
Apéndice	.....	83
Apéndice A	.....	83
Apéndice B	.....	86
Apéndice C	.....	87
Apéndice D	.....	88
Apéndice E	.....	89
Apéndice F	.....	90

Abreviaturas

CTQ Critical To Quality

SQA Supplier Quality Assurance

TBL Triple Bottom Line

VOC Voice of Customer

Simbología

TM Tonelada métrica

TM/mes Tonelada métrica al mes

\$/TM Dólares por tonelada métrica

Índice de Figuras

Figura 1. Línea base del porcentaje de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao	3
Figura 2. VOC del jefe de producción	4
Figura 3. VOC de controlador central, coordinador de contratos, asistente de calidad y supervisor de turno.....	5
Figura 4. Árbol CTQ (Critical to Quality)	5
Figura 5. Diagrama SIPOC del proceso de producción de licor de cacao (Parte 1)	10
Figura 6. Diagrama SIPOC del proceso de producción de licor de cacao (Parte 2)	10
Figura 7. Diagrama de flujo funcional del proceso de planificación de la producción.	11
Figura 8. OTIDA del proceso de producción de semielaborados de cacao (parte 1)	12
Figura 9. OTIDA de proceso de producción de semielaborados de cacao (parte 2)	13
Figura 10. OTIDA de proceso de producción de semielaborados de cacao (parte 3).....	14
Figura 11. Plan de recolección de datos.....	16
Figura 12. Resultados de trabajadores del área de producción en cuestionario sobre satisfacción laboral realizado en el año 2022	21
Figura 13. Valor monetario perdido por no producir lotes de licor de cacao durante los meses de octubre del 2022 hasta septiembre del 2023	21
Figura 14. Cantidad de material de empaque dañado por producto desde mayo a octubre de 2023.....	22
Figura 15. Porcentaje de rendimiento de las máquinas por área en la producción de licor de cacao	22
Figura 16. Volumen de producción diario de licor de cacao en TM por línea	23
Figura 17. Diagrama de Pareto del cumplimiento de la producción planificada por tipo de finura	23
Figura 18. Diagrama de pastel del volumen de producción del licor de cacao por finura en TM	24
Figura 19. Diagrama de Pareto del volumen de la producción del licor de cacao de finura 99 por línea en TM.....	24
Figura 20. Diagrama de intervalos de la línea 3 y línea 5	25
Figura 21. Gráfica de probabilidad para la muestra 1 del 2022 de la variable Y1	26
Figura 22. Gráfica de probabilidad para la muestra 2 del 2023 de la variable Y1	26

Figura 23. Gráfica de probabilidad para la variable Y1 con respecto a enero a julio del 2023 transformada a Johnson.....	27
Figura 24. Prueba T-Student para dos muestras	28
Figura 25. Diagrama de intervalos de la producción de licor de cacao entre la línea 3 y línea 5	29
Figura 26. Gráfica de probabilidad para la media de las diferencias de la línea 3	29
Figura 27. Gráfica de probabilidad para la media de las diferencias de la línea 5	30
Figura 28. Transformación de Johnson para la variable Y2, línea 3	30
Figura 29. Transformación de Johnson para la variable Y2, línea 5	31
Figura 30. Diagrama de cajas del valor monetario por no completar lotes en el año 2022 y 2023	33
Figura 31. Serie de tiempo del valor monetario perdido por no completar lotes en el año 2022 y 2023.....	33
Figura 32. Diagrama de cajas del material de empaque dañado por producto en el año 2022 y 2023.....	33
Figura 33. Serie de tiempo para material de empaque dañado para kibbled en 2022 y 2023 (Comportamiento creciente pero desplazado)	34
Figura 34. Diagrama de cajas del porcentaje de rendimiento de las máquinas entre oct y nov 2023.....	34
Figura 35. Carta de Control I-MR para la variable Y1	35
Figura 36. Lluvia de ideas de causas planteadas por el equipo	36
Figura 37. Diagrama de Ishikawa del problema enfocado	37
Figura 38. Matriz Causa y Efecto	38
Figura 39. Diagrama de Pareto de Causas	39
Figura 40. Matriz Impacto Esfuerzo	41
Figura 41. Causas potenciales.....	41
Figura 42. Plan de verificación de causas	42
Figura 43. Gráfica de Probabilidad del cumplimiento de la producción planificada cuando no presenta averías en máquinas.....	43
Figura 44. Gráfica de Probabilidad del cumplimiento de la producción planificada cuando presenta averías en máquinas.....	43
Figura 45. ANOVA de un factor del cumplimiento de la producción planificada cuando presenta averías en máquinas y cuando no presenta.....	44

Figura 46. Gráfica de intervalos del cumplimiento de la producción cuando hay fallas en las máquinas y cuando no.....	44
Figura 47. Gráfica de Probabilidad del cumplimiento de la producción planificada cuando existe producción continua	45
Figura 48. Gráfica de Probabilidad del cumplimiento de la producción planificada cuando hay interrupciones de lotes	45
Figura 49. ANOVA de un solo factor para cumplimiento de la producción planificada cuando existe producción continua o cuando existen interrupciones.....	46
Figura 50. Gráfico de intervalos para la producción continua y con interrupciones	46
Figura 51. Gráfica de Probabilidad de la producción de licor de cacao antes del mantenimiento	47
Figura 52. Gráfica de Probabilidad de la producción de licor de cacao después del mantenimiento.....	47
Figura 53. Mann-Whitney u Test de Cumplimiento de la Producción Planificadas antes del mantenimiento y después del mantenimiento	48
Figura 54. Correlación de Spearman	48
Figura 55. Gráfica de probabilidad de cumplimiento de la producción con Hot Orders.....	49
Figura 56. Gráfica de probabilidad de cumplimiento de la producción sin Hot Orders.....	49
Figura 57. Mann-Whitney u Test de Cumplimiento de la Producción Planificada con hot orders y sin hot orders.....	50
Figura 58. Diagrama de Intervalos de Objetivos de Producción Planificado y Producción de licor de cacao	51
Figura 59. Gráfica de probabilidad del lector de flujo.....	51
Figura 60. Gráfica de probabilidad de cumplimiento de producción planificada.....	52
Figura 61. ANOVA de un factor para la producción de licor de cacao planificada y real	52
Figura 62. Resumen de métodos empleados para verificación de causas raíz	53
Figura 63. Causas potenciales que afectan la variable de respuesta	54
Figura 64. Identificación de causas raíz con la herramienta 5 porqués	54
Figura 65. Causas raíz del problema.....	55
Figura 66. Soluciones potenciales propuestas	56
Figura 67. Solución por cada causa raíz	60
Figura 68. Aplicación de la herramienta 5W+2H para las soluciones seleccionadas.....	61
Figura 69. Pasos para el desarrollo de un SQA	62
Figura 70. Criterios, subcriterios e indicadores para el SQA	62

Figura 71. Ponderación de criterios	64
Figura 72. Modelo de SQA elaborado	65
Figura 73. Descomposición del problema parte 1	66
Figura 74. Descomposición del problema parte 2	67
Figura 75. Descomposición del problema parte 3	67
Figura 76. Modelo escrito en Gams y resultados luego de su ejecución	68
Figura 77. Formato para la presentación de resultados en Excel.....	68
Figura 78. Plan de control de las soluciones propuestas.....	69
Figura 79. Comparación del cumplimiento de la producción antes y después de aplicar las soluciones.....	72
Figura 80. Gráfica de probabilidad del cumplimiento de la producción planificada antes de la implementación de las soluciones.....	73
Figura 81. Gráfica de probabilidad del cumplimiento de la producción planificada después de la implementación de las soluciones	73
Figura 82. Prueba del coeficiente de correlación de Pearson	74
Figura 83. Prueba de Mann-Whitney.....	74

Índice de Tablas

Tabla 1. Herramienta 3W+2H para definir el problema	7
Tabla 2. Oportunidades de mejora para actividades identificadas como potenciales deficiencias dentro del proceso de planificación de la producción de licor de cacao	12
Tabla 3. Análisis de valor agregado de las actividades del proceso de producción de licor de cacao	15
Tabla 4. Valor P para media de las diferencias de las líneas 3 y 5	31
Tabla 5. Tabla detallada de la verificación de la recolección de datos de las variables X's ...	32
Tabla 6. Causas potenciales identificadas con el diagrama de Pareto	40
Tabla 7. Criterios para la selección de soluciones a cada causa raíz	57
Tabla 8. Selección de soluciones (Parte 1)	58
Tabla 9. Selección de soluciones (Parte 2)	59
Tabla 10. Selección de soluciones (Parte 3)	60
Tabla 11. Escala de Saaty	63
Tabla 12. Ponderaciones de criterios y subcriterios	64
Tabla 13. Consideraciones iniciales para el modelo de planificación de la producción	66

Capítulo 1

1.1 Introducción

Durante los últimos años el consumo de chocolate se ha vuelto muy popular de forma global (Cadby & Araki, 2022), en consecuencia, se ha incrementado la demanda del principal componente para su elaboración, el licor de cacao. El licor de cacao es un líquido espeso, dulce o amargo, similar a una pasta y se produce a partir de granos de cacao molidos. Suele utilizarse para la elaboración de chocolate, sin embargo, el mercado de este producto se ha vuelto bastante amplio ya que puede ser la materia prima para otros tipos de dulces e incluso para cosméticos. Bajo este contexto, se pronostica que para el año 2029 el tamaño del mercado de licor de cacao estará valorado en 31.53 millones de dólares (NASDAQ OMX's, 2023).

A partir de esta información, la industria ecuatoriana ha observado un potencial en este producto, es por ello que muchas empresas dedicadas a la producción de licor de cacao y otros derivados del cacao, han apostado a incrementar su producción.

Así pues, en este proyecto se tiene como objetivo incrementar la producción de una empresa dedicada a la manufactura de semielaborados de cacao, cuyo producto con mayor porcentaje de ventas ha sido el licor de cacao desde sus inicios.

1.2 Descripción del problema

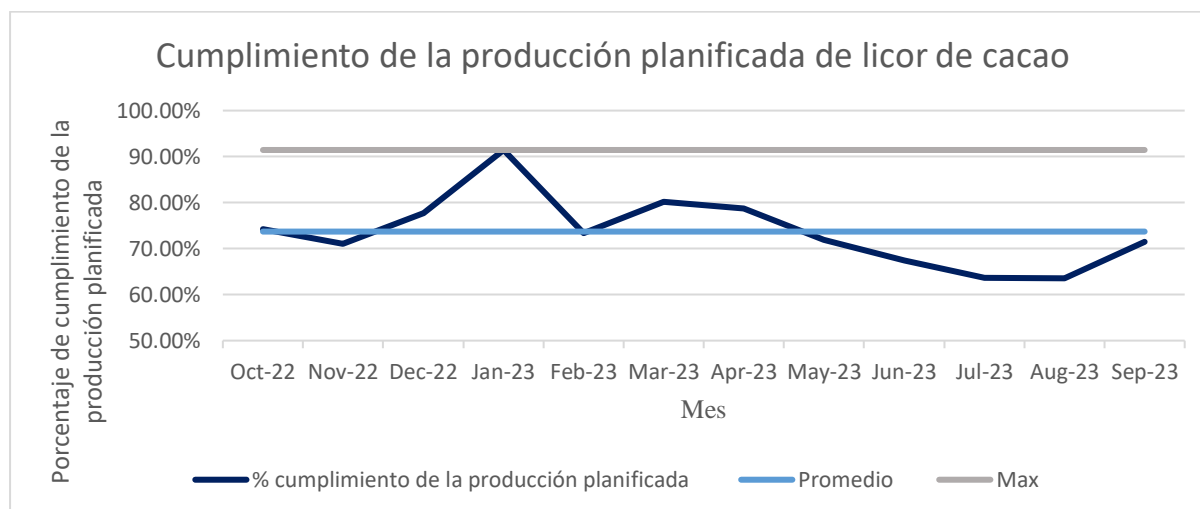
Este proyecto surgió de la necesidad de una empresa manufacturera de semielaborados de cacao de incrementar su producción, ya que era muy común que no lograra cumplir con todos los pedidos planificados durante el mes.

Como se menciona, la organización produce distintos semi elaborados de cacao, esto incluye: Licor de cacao, nibs de cacao, polvo de cacao y manteca de cacao. Sin embargo, en este proyecto se analizará la forma de incrementar la producción, específicamente, para el licor de cacao, producto que es elaborado según los requerimientos solicitados por el cliente.

En la Figura 1 se puede observar como la empresa, en la mayoría de meses, no ha logrado su objetivo de cumplir con toda la producción planificada, pues su meta es cumplir con al menos el 80% de los pedidos planificados, sin embargo, apenas se ha logrado cumplir el 73.7% de los pedidos. Adicionalmente, se puede observar que, en los meses analizados, el máximo porcentaje de cumplimiento de la producción planificada fue del 91.44% en el mes de enero de 2023.

Figura 1.

Línea base del porcentaje de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao



1.2.1 Requerimientos

Para definir el problema, inicialmente se identificó a las personas que estaban directamente relacionadas con él. Así, se tuvo que los principales clientes eran: El jefe de producción, el controlador central, el asistente de calidad, el supervisor de turno y el coordinador de contratos. Siendo el jefe de producción el cliente clave, quien ayudó a encaminar el proyecto a una solución que lograra cumplir con la meta propuesta.

Una vez identificados los clientes, se realizó el VOC o voz del cliente de modo que fuera posible identificar las necesidades de los involucrados, como se puede observar en la Figura 2 y Figura 3.

Figura 2.

VOC del jefe de producción

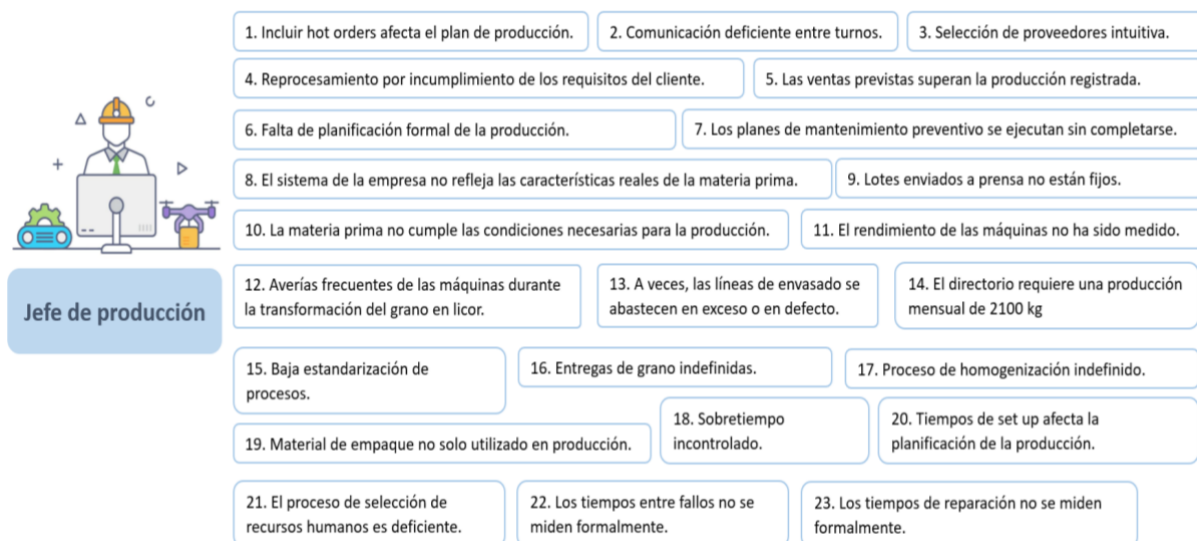


Figura 3.

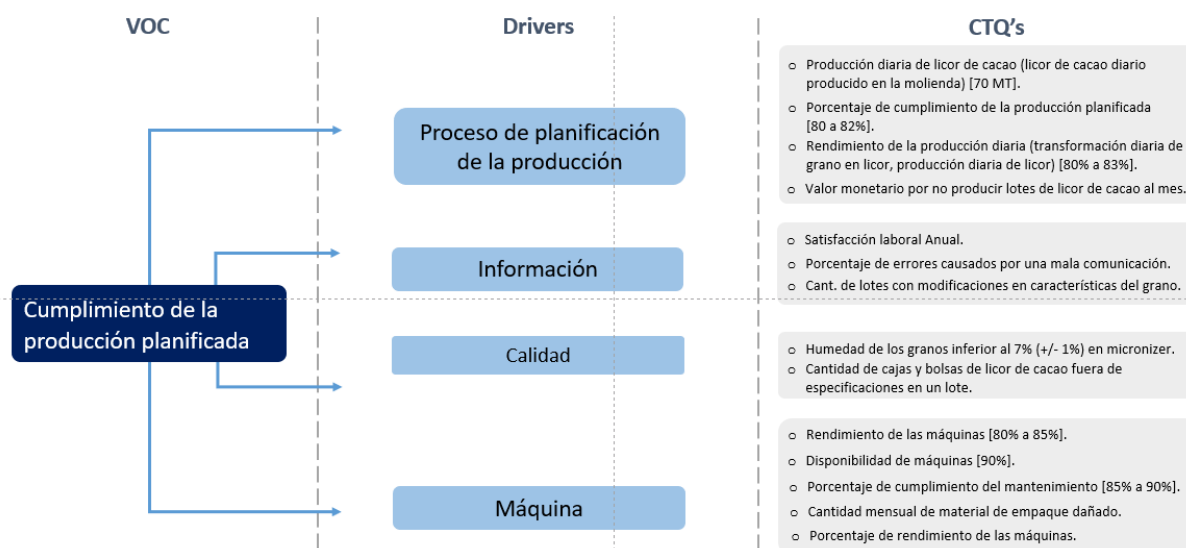
VOC de controlador central, coordinador de contratos, asistente de calidad y supervisor de turno



Posteriormente, las ideas anotadas fueron clasificadas en cuatro dimensiones (Proceso de planificación de la producción, información, calidad y máquina) utilizando un diagrama de afinidad, de donde finalmente se obtuvo indicadores críticos a través del árbol CTQ (Critical to Quality), como se observa en la Figura 4.

Figura 4.

Árbol CTQ (Critical to Quality)



1.2.2 Variables de interés

Al analizar el árbol CTQ se identificó la variable principal que ayudaría a estudiar la problemática, este es “Porcentaje de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao” (Y1), definido como se observa en la ecuación 1.1.

Y = Porcentaje de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao

$$Y = \frac{\text{Producción real de licor de cacao} \left[\frac{TM}{mes} \right]}{\text{Producción planificada de licor de cacao} \left[\frac{TM}{mes} \right]} * 100\% \quad (1.1)$$

En donde la producción real de licor de cacao y la producción planificada de licor de cacao se definen como se muestra en la ecuación 1.2 y 1.3.

$$\text{Prod. real} = \text{Prod. lector} - \text{licor prensa} - \text{ord. pendientes} \left[\frac{TM}{mes} \right] \quad (1.2)$$

Prod. Real = Producción real de licor de cacao

Prod. Lector = Suma de la producción medida por el lector de flujo de líneas 1, 3 y 5

Licor prensa = Licor de cacao enviado a prensa para elaboración de torta

Ord. Pendientes = Inventario del mes anterior, es decir órdenes pendientes por cumplir

$$\text{Prod. planificada de licor de cacao} = \text{Lotes mensuales a completar} \left[\frac{TM}{mes} \right] \quad (1.3)$$

Además, se identificó otra variable que podría ser de utilidad, a la cual se denominó “Producción diaria de licor de cacao” (Y2), definida como se muestra en la ecuación 1.4.

$$\text{Prod. diaria de licor de cacao} = \text{Prod. línea 1} + \text{prod. línea 3} + \text{prod. línea 5} \quad (1.4)$$

1.2.3 Planteamiento del problema

A partir de este punto, se trabajó con la variable principal Y1, así, se planteó el problema utilizando la técnica 3W+2H, que puede apreciarse en la Tabla 1.

Tabla 1.

Herramienta 3W+2H para definir el problema

¿Qué?	El porcentaje de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao ha sido bajo
¿Cuándo?	Durante marzo a septiembre de 2023
¿Dónde?	En la línea de producción de licor de cacao
¿Cuánto?	El porcentaje de cumplimiento de la producción planificada es un 7.09% menor de lo esperado
¿Cómo lo sé?	El porcentaje promedio de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao es 73.7% y el máximo esperado es del 80.8%

De esta forma, se tiene que el problema es: Durante marzo de 2023 a septiembre de 2023, el porcentaje promedio de cumplimiento de la producción planificada de la línea de licor de cacao ha experimentado un mal comportamiento, registrando un déficit del 7,09% frente a la cantidad mensual prevista del 80,8%.

1.2.4 Métricas de sostenibilidad (TBL)

Con el árbol CTQ, también se definieron las métricas de sostenibilidad o Triple Bottom Line a utilizar en el proyecto y fueron las siguientes:

Para la dimensión social se planteó como indicador la satisfacción laboral anual (ecuación 1.5) puesto que es importante conocer que tan a gusto se encuentran los trabajadores con sus actividades laborales, este indicador principalmente se analizó en los operadores del departamento de producción ya que es el área de enfoque del proyecto.

Satisfacción

$$\text{Laboral Anual} = \frac{\text{Num. op. muy satisfechos} + \text{Num. de op. satisfechos}}{\text{Total de operadores (op)}} * 100\% \quad (1.5)$$

La dimensión financiera, por su parte, tuvo un análisis relacionado al valor monetario perdido por el no cumplimiento de lotes, este indicador se planteó ser analizado de forma mensual y se define como indica la ecuación 1.6.

$$\begin{aligned} \text{Valor monetario por} \\ \text{no producir lotes de} \\ \text{licor de cacao al mes} &= \text{Precio del licor de cacao} \left[\frac{\$}{TM} \right] \\ &* \text{Cantidad de licor de cacao no producido} \left[\frac{TM}{mes} \right] \end{aligned} \quad (1.6)$$

Finalmente, para las métricas del TBL, en la dimensión ambiental se analizó la cantidad de empaque dañado de forma mensual ya que en la organización estudiada era común observar grandes cantidades de material de empaque dañado. El indicador se define como se indica en la ecuación 1.7.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad} \\ \text{mensual de} \\ \text{material de} \\ \text{empaque} \\ \text{dañado} &= \sum (\text{Cajas para liq. de cacao dañadas} + \text{fundas para liq. de cacao} \\ &\quad + \text{Cajas para kibbled dañadas} \\ &\quad + \text{fundas para kibbled dañadas}) \text{ por día} \end{aligned} \quad (1.7)$$

1.2.5 Variables adicionales

En el árbol CTQ se definió una variable que se consideró importante a analizar, así pues, se plantea la variable “Disponibilidad”, misma que permite estudiar el rendimiento de las máquinas ya que para su análisis se utilizan las paradas no programadas presentadas durante la producción de licor de cacao, de esta forma se muestra su formulación en la ecuación 1.8.

$$\text{Porcentaje de rendimiento de las máquinas} = \frac{\text{Tiempo productivo al día}}{\text{Tiempo disponible para producción al día}} * 100\% \quad (1.8)$$

1.2.6 Alcance del proyecto (SIPOC)

A partir de la elaboración de un diagrama SIPOC fue posible identificar aspectos importantes que se ven involucrados dentro del proceso de producción de licor de cacao que está relacionado directamente a la variable de respuesta. En el diagrama SIPOC se pudo identificar los proveedores, material o información entrante, material o información saliente y el cliente por cada etapa del proceso.

En el SIPOC, se enfatizó en la etapa de molino, en donde se ve involucrado el plan de producción que es una entrada importante que podría tener efecto sobre la variable de respuesta (Y1). El SIPOC elaborado puede observarse en las Figura 5 y Figura 6.

Figura 5.

Diagrama SIPOC del proceso de producción de licor de cacao (Parte 1)

Proveedores	Entradas	Proceso de producción	Salidas	Cliente
-Proveedores de granos de cacao -Servicios generales	-Granos de cacao -Máquina de limpieza de grano	Limpieza de grano	-Grano de cacao limpio -Inventario de materia prima en Planta (MT) -Informe de averías en máquina	-Departamento de producción
-Departamento comercial -Servicios generales	-Granos de cacao limpios (%Humedad = 7% +/-1%)	Pre-tostado	-Nibs de cacao <5,5% Humedad -Cáscara de grano de cacao -Informe de micronizador (parámetros) -Informe de avería de la máquina	-Departamento de producción
-Departamento de producción -Servicios generales	-Cocoa Nibs 5,5% Hum. -Herramientas mecánicas	Winnowing	-Cocoa Nibs 5,5% Humedad -Cáscara de cacao -Reporte de micronizer (parámetros) -Informe de avería de la máquina	-Roasters (máquina) -Departamento de producción
-Departamento de producción -Servicios generales	-Nibs de cacao 5,5% Humedad -Herramientas mecánicas	Tostado	-Grano de cacao tostado -Reporte de roaster (CCP1) -Informe de avería de la máquina	-Molino (máquina) -Departamento de producción
-Departamento de producción -Departamento de mantenimiento -Servicios generales	-Granos de cacao tostados Planificación de la producción -Herramientas mecánicas -Pre-molinos y molinos (máquina)	Molino	-Licor de cacao -Reporte de molino (parámetros) Lector de flujo Informe de avería de la máquina Cumplimiento de la producción planificada de Licor de Cacao	-Tanques de almacenamiento -Departamento de producción

Figura 6.

Diagrama SIPOC del proceso de producción de licor de cacao (Parte 2)

Proveedores	Entradas	Proceso de producción	Salidas	Cliente
-Departamento de calidad -Departamento de mantenimiento -Servicios generales	-Licor de cacao de líneas de molienda -Licor de cacao por transferencias -Manteca de cacao -Herramientas mecánicas	Almacenamiento	-Licor de cacao homogeneizado -Licor de cacao (Temperatura <50°C) -Producción diaria de licor de cacao -Informe de averías de la máquina	-Temperadora (máquina) -Departamento de producción
-Tanque de almacenamiento -Departamento de producción -Servicios generales	-Licor de cacao -Correo solicitando transferencia del licor de cacao a la prensa	Prensa	-Manteca -Torta -Reporte de producción de manteca -Reporte de producción de torta	-Tanque de almacenamiento -Inventario
-Departamento de calidad -Departamento de producción -Servicios generales	-Licor de cacao (temp. 50°C) -Herramientas mecánicas -Temperadora de bloques/Kibbled (máquinas)	Temperado	-Licor de cacao (Temperatura < 30°C para alto contenido en grasa y < 32°C para bajo contenido en grasa) -Templeado de bloques e informe de Kibbled (parámetros)	-Departamento de producción -Departamento de calidad
-Departamento de calidad -Departamento de producción -Servicios generales	-Licor de cacao (Temperatura <29,7°C) -Palets -Herramientas mecánicas -Material de empaque	Empacado	-Palets de cajas de licor (25kg/25,2kg/15kg) -Palets de sacos de licor de cacao (25kg/1250kg) -Informe de inventario (cantidad)	-Departamento de producción -Departamento de calidad -Inventario
-Departamento de calidad -Departamento de producción -Servicios generales -Inventario	-Palets de cajas de licor (25kg/25,2kg/15kg) -Palets de sacos de licor de cacao (25kg/1250kg) -Informe de inventario -Herramientas mecánicas	Almacenamiento de producto final	-Palets de cajas de licor (25kg/25,2kg/15kg) -Palets de sacos de licor de cacao (25kg/1250kg) Cantidad de material de empaque dañado	-Industrias de chocolate -Industrias de semielaborados de cacao

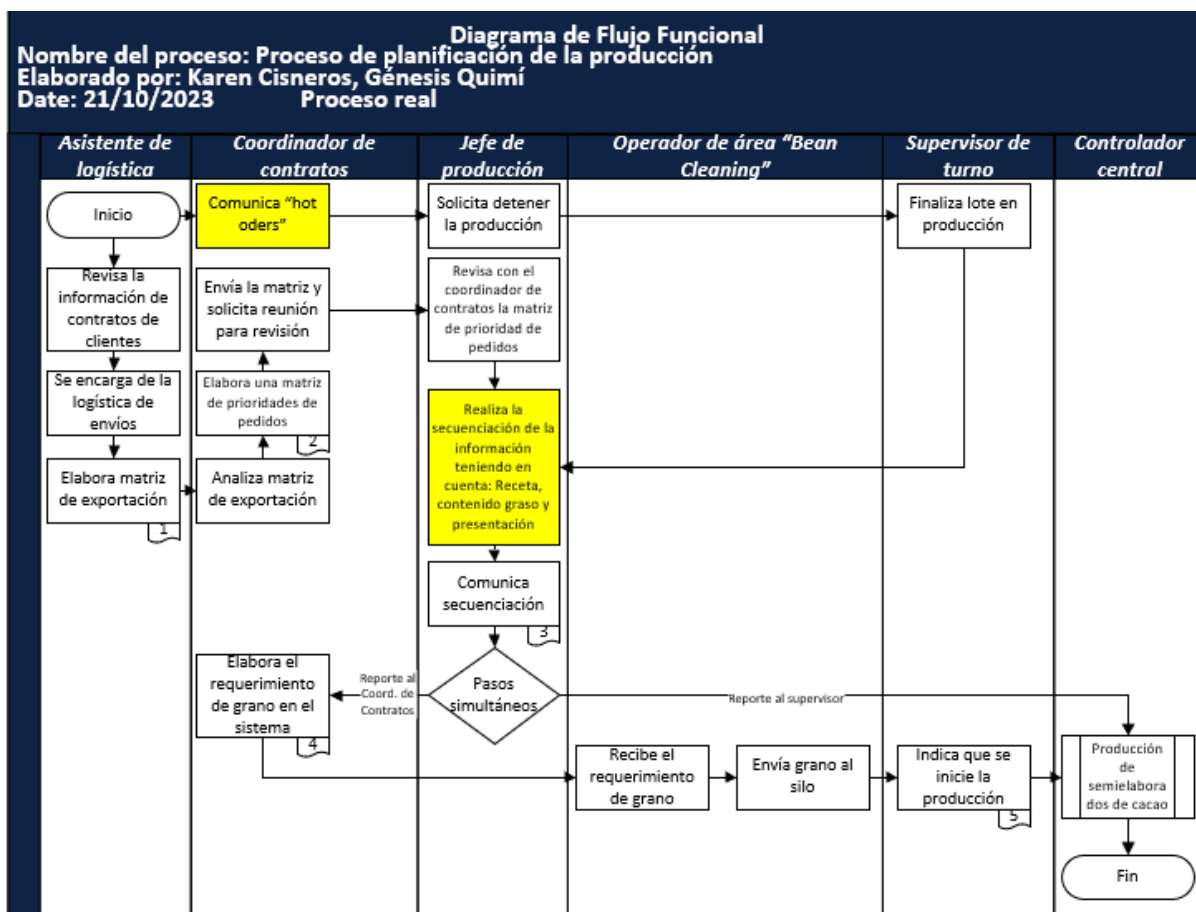
1.2.7 Mapeo del proceso

En la variable de interés “Porcentaje de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao”, se consideró dos procesos que están directamente relacionados.

El primer proceso pertenece al área administrativa de la producción, es decir que corresponde a la planificación de la producción, proceso que puede evidenciarse en el diagrama de flujo funcional presentado en la Figura 7.

Figura 7.

Diagrama de flujo funcional del proceso de planificación de la producción



A partir del diagrama se pudo identificar potenciales deficiencias que son: el comunicado de “Hot orders” o pedidos inesperados y la secuenciación de la producción. Posteriormente, para estas actividades se propusieron oportunidades de mejora, como se señala en la Tabla 2.

Tabla 2.

Oportunidades de mejora para actividades identificadas como potenciales deficiencias dentro del proceso de planificación de la producción de licor de cacao

Actividad	Oportunidad
Realiza la secuenciación de la información teniendo en cuenta: Receta, contenido graso y presentación.	<ul style="list-style-type: none"> ○ El flujo de información debe ser claro para evitar reuniones extraordinarias. ○ La planificación de la producción necesita más información sobre el estado de la planta, como los niveles de inventario, la velocidad y el estado de los equipos. ○ Establecer objetivos a corto plazo para el departamento de producción.
Informa hot orders	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reservar tiempo de producción disponible para el desarrollo de pedidos en caliente.

El segundo proceso planteado es el proceso de producción de licor de cacao, mencionado previamente en el SIPOC, para graficar este proceso se elaboró un OTIDA, mismo que se presenta en la Figura 8, Figura 9 y Figura 10.

Figura 8.

OTIDA del proceso de producción de semielaborados de cacao (parte 1)

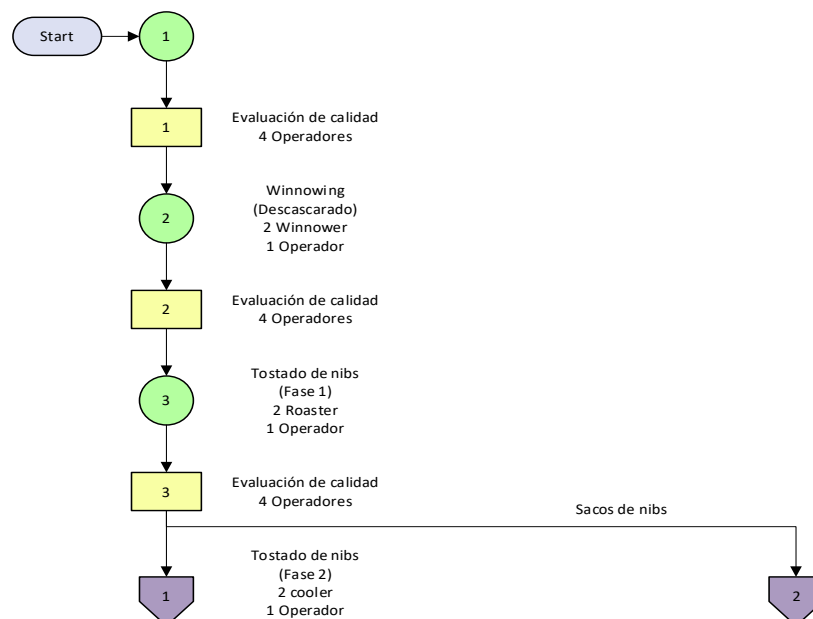


Figura 9.

OTIDA de proceso de producción de semielaborados de cacao (parte 2)

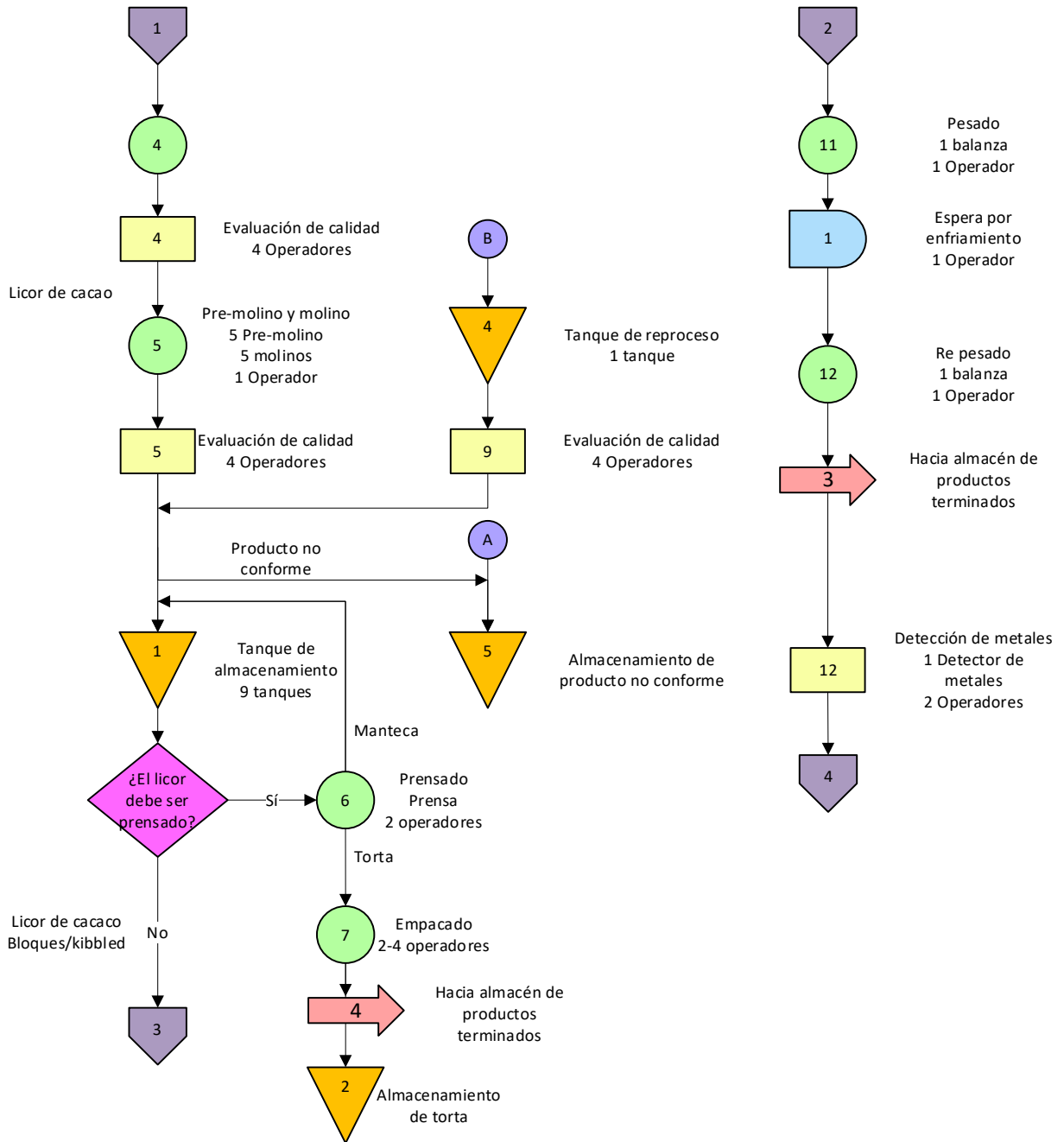
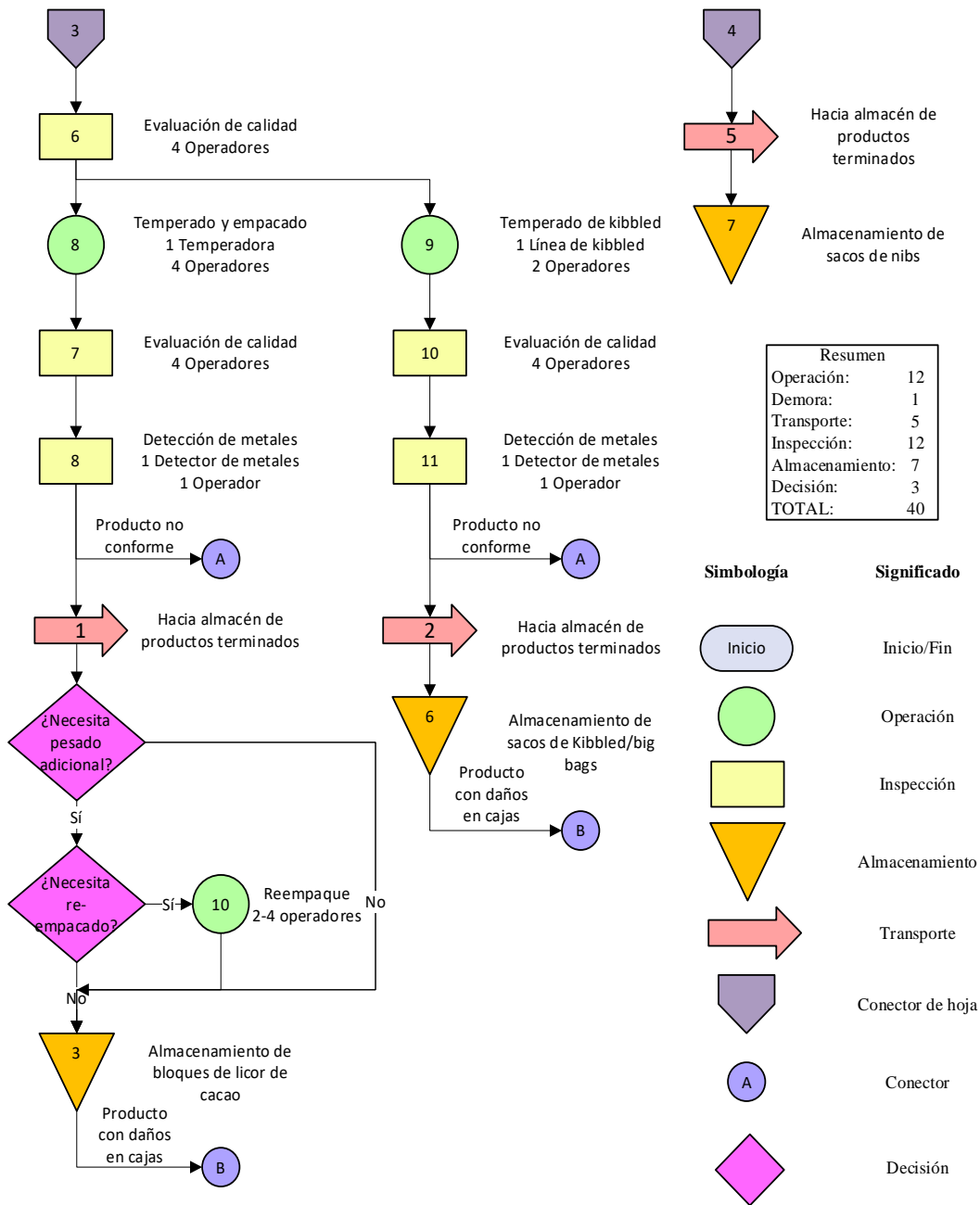


Figura 10.

OTIDA de proceso de producción de semielaborados de cacao (parte 3)



A partir del OTIDA se pudo identificar un posible cuello de botella en las etapas de “Pre-molino” y “Molino” del proceso de producción, sin embargo, no se ha probado que en estas etapas se encuentre el cuello de botella ya que no se han realizado los respectivos análisis. Se pueden suponer como posibles cuellos de botella dado que el tiempo de ciclo de la producción es mayor que en otras etapas del proceso.

Además, se encontraron las siguientes fábricas ocultas:

- Segundo pesado de bloques de licor de cacao para enviar lista de peso al cliente (Ciertos clientes lo exigen).
- Re-embalaje de algunos lotes para poner y cambiar correctamente la bolsa de plástico dentro del empaque externo de licor de cacao.

Y se identificaron oportunidades de mejora como:

- Mejora del tiempo mediante la automatización de los procesos de inspección
- Plan de mantenimiento básico supervisado
- Pronóstico de fallos en máquinas (paradas no programadas)

Ya que al analizar el valor que agregan las actividades, se pudo observar que apenas el 30% de todas las actividades agregaban valor, como se demuestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Análisis de valor agregado de las actividades del proceso de producción de licor de cacao

Agregan valor		No agregan valor		No agregan valor, pero son necesarias	
Operaciones	12	Demoras	1	Inspecciones	12
		Transporte	5		
		Almacenamiento	7		
		Decisión	3		
AV	30%	NAV	40%	NAVN	30%

1.2.8 Plan de recolección de datos

Después de haber determinado la variable de decisión, las métricas del TBL y la variable para medir el rendimiento perdido de las máquinas, se elaboró el plan de recolección de datos, mismo que detalla la información recolectada, periodo, lugar, manera de recolección y razón para la recolección de la información. Se puede observar en la Figura 11.

Figura 11.*Plan de recolección de datos*

Variable	Qué?				Factor de estratificación	Cuándo?	Dónde?	Cómo?	Por qué?	Quién?
	Significado operativo	Unidad de medición	Tipo de dato	Tamaño de muestra		Fecha	Punto de origen	Método de recolección	Uso futuro	Persona a cargo
Y1	Porcentaje de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao	Porcentaje	Continuo		Por línea de producción		Área administrativa de producción	Utilización de informes mensuales de producción, presupuesto de producción e informes del lector de flujo (molienda)	Conocer el estado actual de la variable de respuesta	Equipo de trabajo
Y2	Producción diaria de licor de cacao	MT/día	Continuo		Por línea de producción		Área de molino	Utilización de informes mensuales de producción e informes del lector de flujo (molienda)	Conocer el estado actual de la variable de respuesta	Jefe de producción
X1	Satisfacción Laboral Anual	Porcentaje	Continuo	No es necesario el tamaño de la muestra, todos los datos se registran	Por área (Enfoque en producción)	Desde octubre 2023 hasta noviembre 2023	Área de recursos humanos	Reportes de recursos humanos	Identificar si es una causa de la disminución de la producción	Asistente de producción
X2	Valor monetario por no producir lotes de licor de cacao al mes	\$/mes	Continuo		-		Área administrativa de producción	Reportes de logística	Analizar las pérdidas económicas por incumplimiento de producción	Asistente de producción
X3	Cantidad mensual de material de empaque dañado	Material de empaque dañado/mes	Discreto		Por producto		Área de inventario	Reportes de inventario y de producción	Analizar el impacto Ambiental de la compañía	Jefe de producción
X4	Porcentaje de rendimiento de las máquinas	Porcentaje	Continuo		Por área		Área de producción	Registrar los tipos de averías y el momento en que se produjeron en el formulario de recogida de datos.	Analizar el estado de las máquinas	Operadores -Supervisor de turno

1.2.9 Restricciones

- Inexistente plan de producción establecido
- Variabilidad en la elaboración del licor de cacao
- Variabilidad en entregas de grano de cacao

1.3 Justificación del problema

Tratar de cumplir con la producción planificada es un aspecto importante para la organización ya que de no cumplirse se provoca insatisfacción de los clientes, quienes en numerosas ocasiones han presentado descontentos y quejas, de modo que puede existir la posibilidad de perder ciertos contratos con los clientes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Aumentar el porcentaje promedio de cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao en un 7,09% (del 73,7% al 80,8%), lo que representa el 40% del GAP, mediante herramientas de mejora continua en los próximos 4 meses.

1.4.2 Objetivos específicos

- Promover el cuidado del medio ambiente reduciendo la cantidad de material de empaque dañado.
- Mejorar la satisfacción laboral mediante la reducción de sobretiempos, capacitaciones ergonómicas y otras estrategias que motiven a los trabajadores.
- Aumentar los ingresos de la empresa mediante la finalización de la mayor cantidad de lotes planificados a producir en el mes.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Seis Sigma

Para Harsimran et. al (2020), Seis sigma es una metodología de mejora continua que utilizan las organizaciones para mejorar sus procesos. Aplicado fundamentalmente para el establecimiento de uniformidad en procesos con el objetivo de reducir la variación y minimizar defectos.

1.5.2 DMAIC

Es una metodología que utilizan las empresas con el objetivo de mejorar la calidad de sus procesos a través de cinco etapas: definir (D), medir (M), analizar (A), mejorar (I) y controlar (C) (Chen, Guo-Ping, Chun-Min, & Chun-Hung, 2023).

1.5.3 Job shop scheduling

Modelo de optimización que busca la programación óptima para un conjunto de trabajos en donde cada uno de los trabajos requiere una secuencia conocida de procesadores que pueden realizar un trabajo a la vez. (Rardin, 2013)

1.5.4 SIPOC

Herramienta utilizada para la mejora continua que consiste en mapear los procesos de una organización teniendo en cuenta proveedores, entradas, etapas, salidas y clientes claves del proceso analizado, lo que ayuda a observar y comprender la forma en la que se realiza el proceso y las interacciones del sistema (Felizzola & Luna, 2014).

1.5.5 SQA (Control de calidad de proveedores)

Es un proceso colaborativo empleado para garantizar que un proveedor suministre de forma confiable bienes o servicios que satisfagan las necesidades del cliente, en este caso, las necesidades de la empresa. (Sarache et. al, 2019)

1.5.6 VOC

Para Kumar et. al (2021), VOC o voice of customer, cuya traducción es voz del cliente, consiste en la recopilación y análisis de opiniones, preferencias y expectativas de los clientes con respecto a un producto o servicio ofrecido por cierta organización. Se utiliza para comprender la necesidad del cliente y mejorar los productos o servicios que se ofrecen.

1.5.7 TBL

Modelo teórico que implica los conceptos de valor social, económico y medioambiental que son de gran atención para las empresas ya que les permite medir su impacto y beneficios en estas tres dimensiones (Solovida & Latan, 2021).

Capítulo 2

2.1 Metodología

En el proyecto, se aplica la metodología DMAIC, explicada a través de los capítulos y se resume a continuación.

El primer apartado contempló la etapa de Definir el problema, la siguiente fase corresponde a la etapa de Medición, que inició en la sección anterior y culmina en esta. Además, se continúa con las etapas de Análisis y Mejora; y finalmente se detalla la de Implementación y Control en el capítulo 3.

2.2 Medición

Para la etapa de medición se requiere recolectar datos confiables y verificables, esto con la finalidad de enfocar el problema. Posteriormente, en la fase de Análisis, se encuentran las causas raíz del problema enfocado y sus posibles soluciones.

La etapa de Medición permitirá conocer la información a utilizar y que, a su vez, deberá ser recolectada. Además, se establece y evidencia la confiabilidad de los datos para luego analizar causas que pueden estar totalmente relacionadas con la variable “Y1”

2.2.1 Recolección de datos

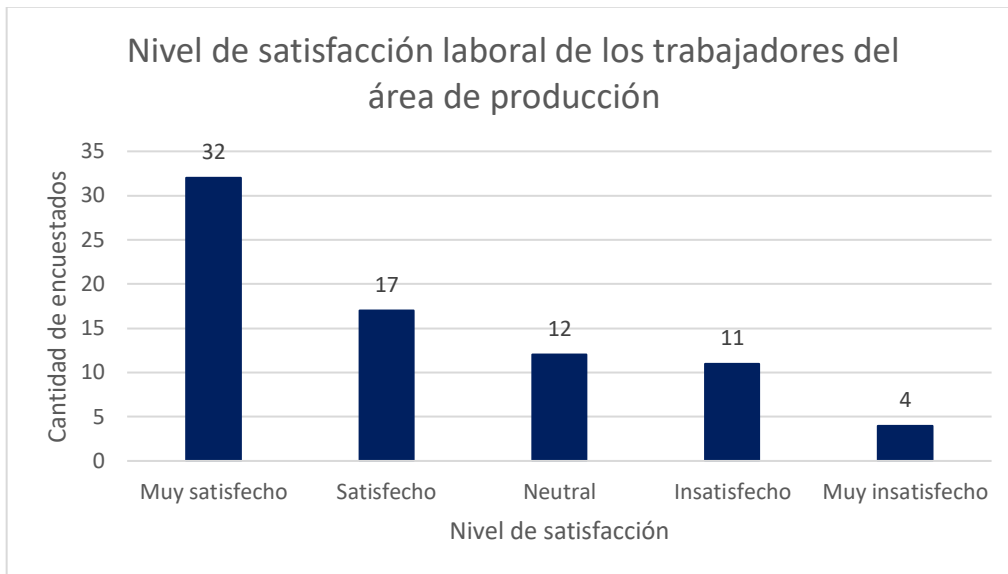
El capítulo anterior detalla el plan de recolección de datos, así, se ejecutó tal como se explica en la Figura 11.

Para la recolección de datos, la empresa proporcionó la información necesaria del sistema operativo y de los reportes de producción.

Iniciando con las variables de los pilares de sostenibilidad, se recolectaron los datos siguiendo las estratificaciones indicadas. Para la variable de satisfacción laboral anual se realizó un diagrama de barras (Figura 12) con la información de un cuestionario de satisfacción laboral realizado al departamento de producción en el año 2022.

Figura 12.

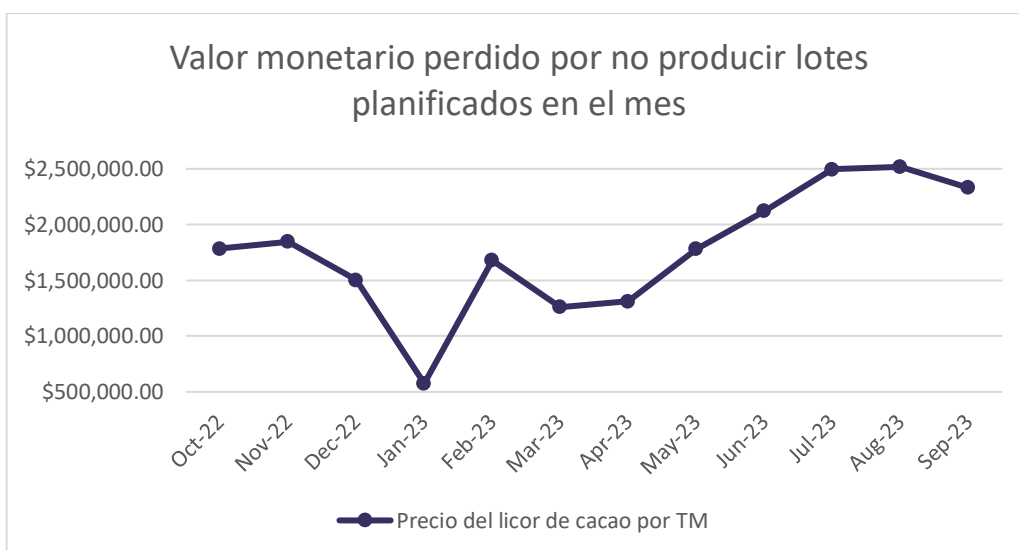
Resultados de trabajadores del área de producción en cuestionario sobre satisfacción laboral realizado en el año 2022



En el caso de la variable económica, se tomó información desde octubre de 2022 hasta septiembre de 2023 acerca de los lotes planificados para producción pero que no habían logrado producirse y se multiplicó dicho valor por el precio del licor de cacao en la bolsa de Nueva York en el año 2023. Así, se obtuvo la línea de tiempo presentada en la Figura 13.

Figura 13.

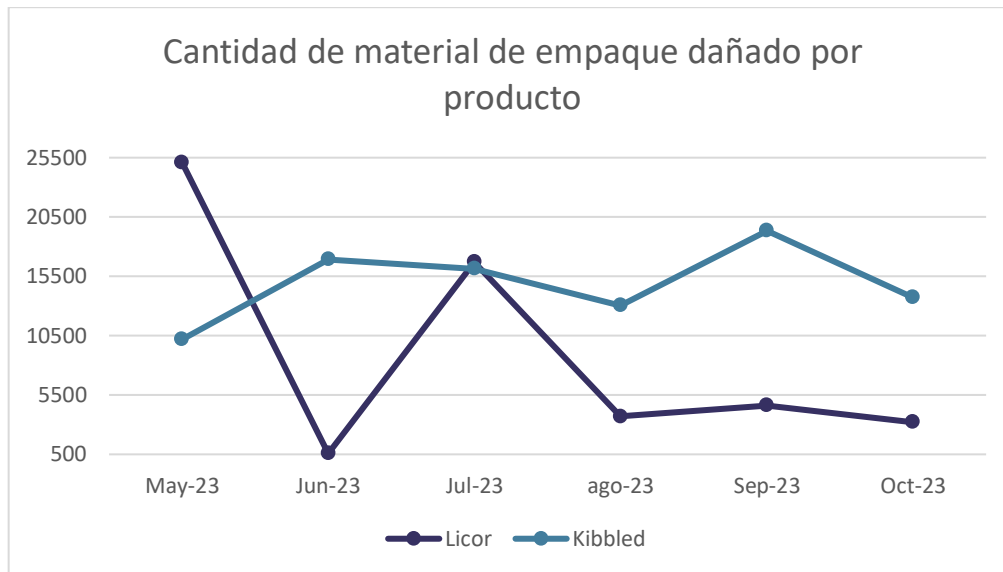
Valor monetario perdido por no producir lotes de licor de cacao durante los meses de octubre del 2022 hasta septiembre del 2023



Para la variable de cantidad mensual de material de empaque dañado, se utilizó información desde mayo a octubre de 2023 (Figura 14) y se analizó estratificando por producto.

Figura 14.

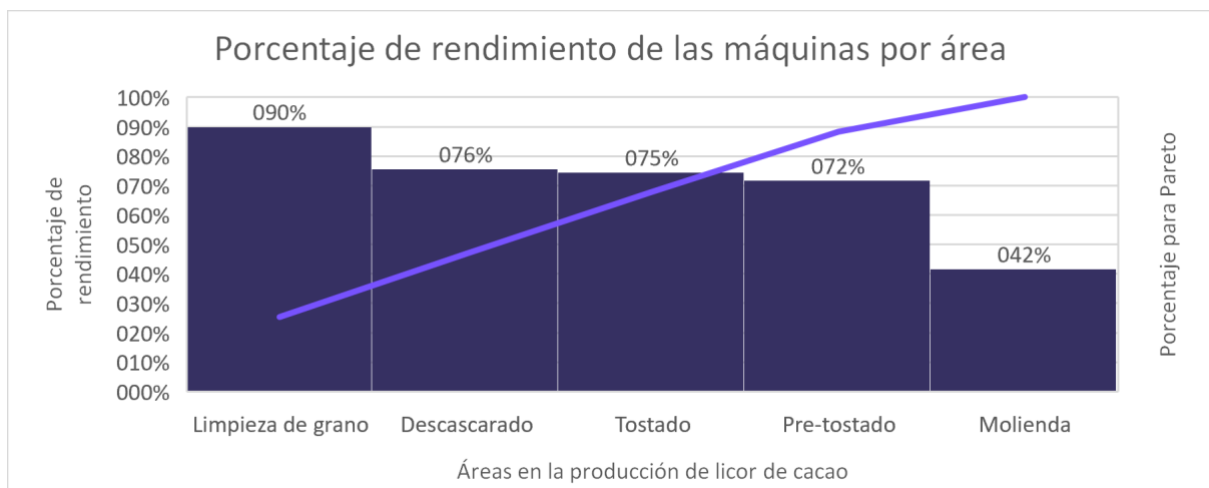
Cantidad de material de empaque dañado por producto desde mayo a octubre de 2023



Al continuar con la variable que mide el porcentaje del rendimiento de las máquinas, se presenta la Figura 15, en donde se tomaron los tiempos perdidos por paradas no planificadas y se restó del tiempo disponible para la producción.

Figura 15.

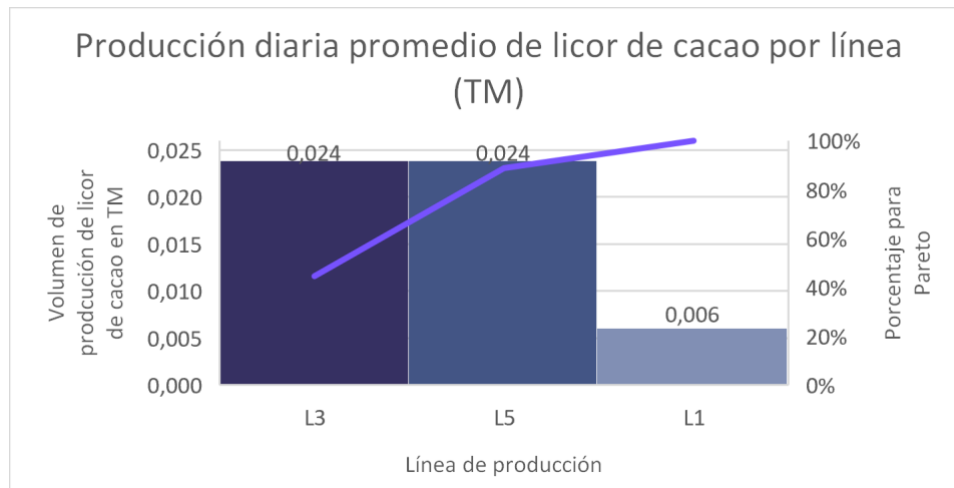
Porcentaje de rendimiento de las máquinas por área en la producción de licor de cacao



Por otra parte, se recolectaron datos del volumen diario de producción por línea para presentar información referente a la variable Y2 (Figura 16).

Figura 16.

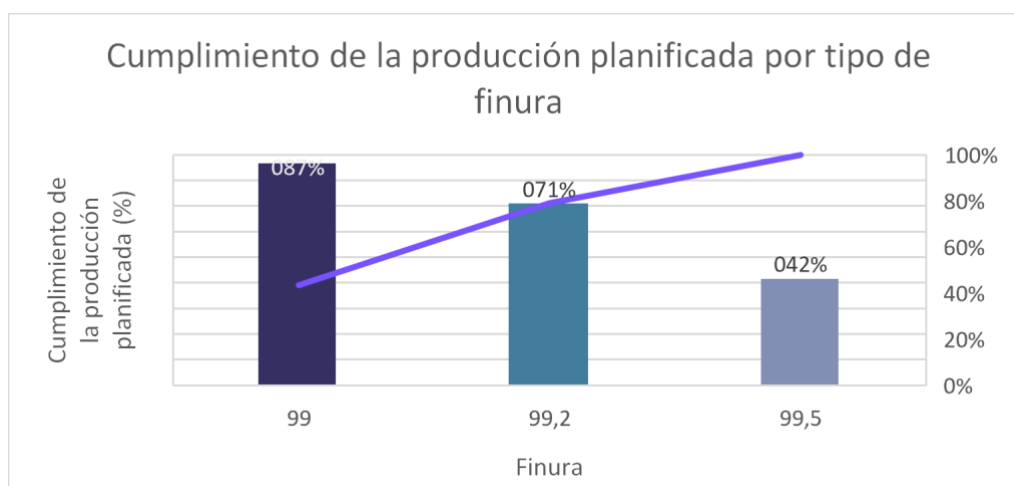
Volumen de producción diario de licor de cacao en TM por línea



Para la recolección de datos de la variable Y1 se segmentó por línea y finura, a partir de esto, se tuvo la Figura 17 en donde se evidencia que el problema enfocado se delimita a las líneas 3 y 5 con finura 99.

Figura 17.

Diagrama de Pareto del cumplimiento de la producción planificada por tipo de finura

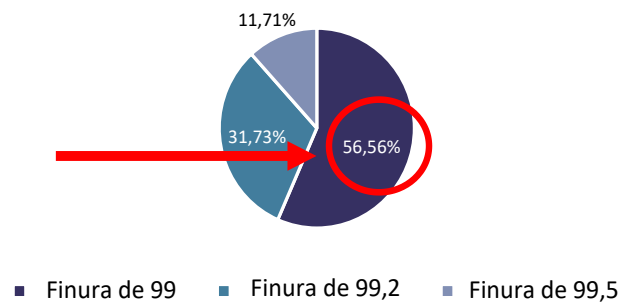


De acuerdo a la Figura 17, se puede inferir que la finura 99,2 y 99,5 son aquellas a las que se debería enfocar el problema, pero primero se debe analizar el volumen de producción para cada tipo de finura.

Figura 18.

Diagrama de pastel del volumen de producción del licor de cacao por finura en TM

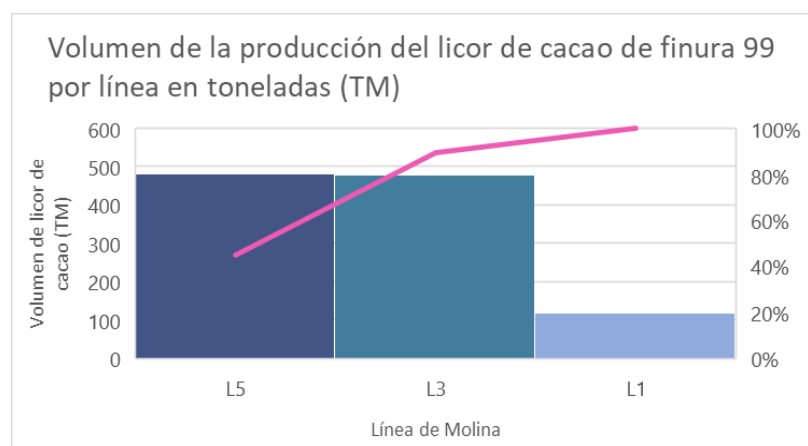
Volumen de la producción del licor de cacao por finura en toneladas métricas



De acuerdo a la Figura 18, se concluye que la finura con mayor volumen de producción en los molinos es la finura 99, por tanto, se enfoca el problema con respecto a los lotes producidos con dicha finura. Otro factor de estratificación es la línea de molienda con la que se producirán estos lotes específicamente, para analizar este factor se realiza otro diagrama de Pareto de la producción con finura del 99.

Figura 19.

Diagrama de Pareto del volumen de la producción del licor de cacao de finura 99 por línea en TM

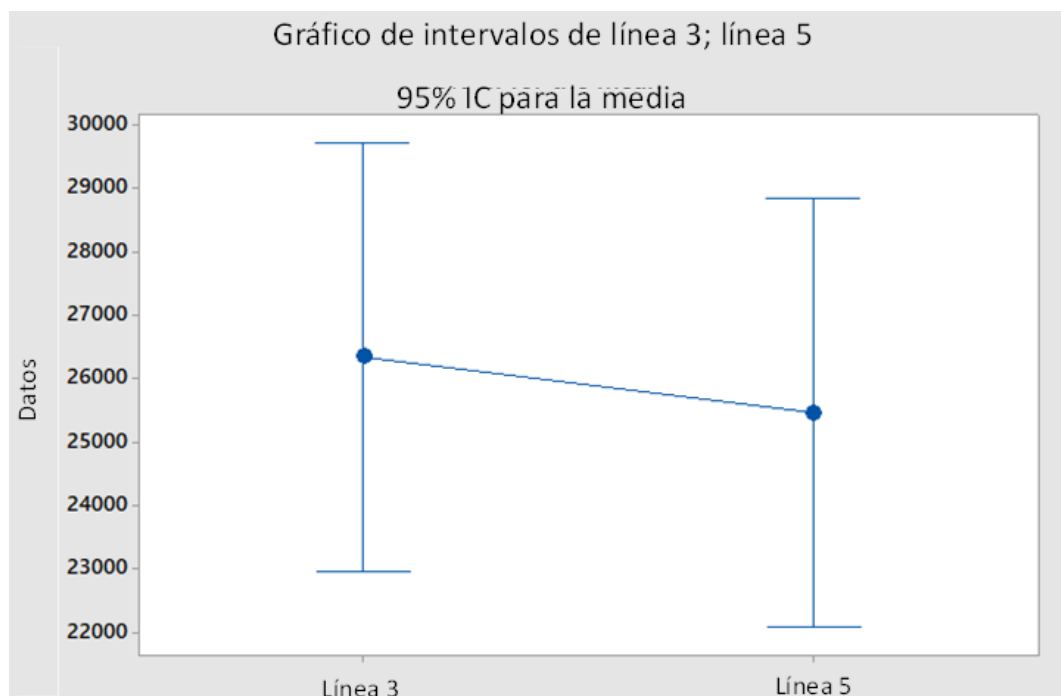


En la Figura 19, se aprecia que las líneas 3 y 5 deben considerarse para el problema enfocado, ya que poseen mayor volumen de producción.

Las líneas 3 y 5 son homogéneas, tienen las mismas características y parámetros en las máquinas (la línea 1 difiere de las otras dos); por tanto, se considerarán ambas líneas para el problema enfocado. Además, el volumen de producción es similar para ambos casos, como se puede observar en la Figura 20.

Figura 20.

Diagrama de intervalos de la línea 3 y línea 5



2.2.2 Problema enfocado

El problema enfocado se detalla a continuación con el mes en donde se empezó a ver la variación en el cumplimiento de la producción planificada del licor de cacao con los puntos de estratificación definidos anteriormente.

Durante marzo a septiembre de 2023, el porcentaje promedio del cumplimiento de la producción planificada de licor de cacao con finura del 99 en las líneas 3 y 5 ha experimentado un rendimiento deficiente.

2.2.3 Verificación de confiabilidad de los datos

Para la variable Y1, la verificación se realizó mediante una prueba T-Student. Se tomaron datos de los meses de enero a julio del 2023 y se comparó con la información del año 2022. Se realizaron pruebas de normalidad para ambas muestras (Figura 21 y Figura 22).

Figura 21.

Gráfica de probabilidad para la muestra 1 del 2022 de la variable Y1

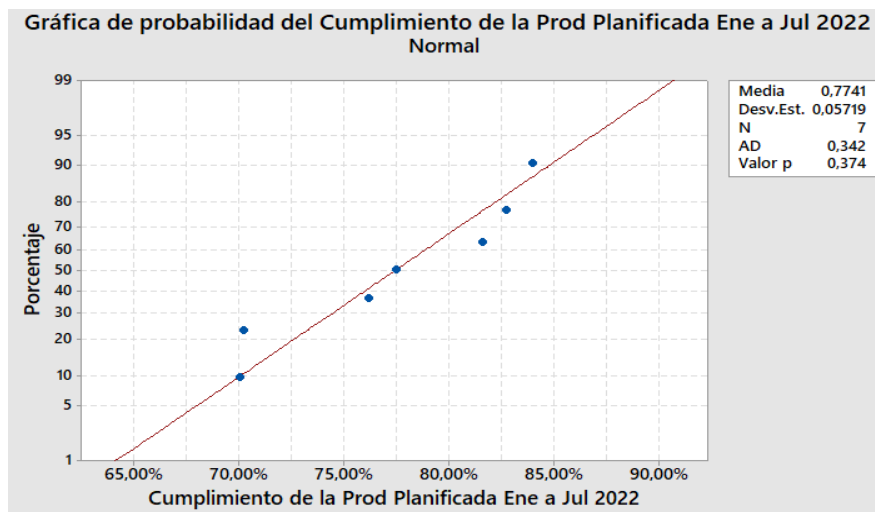
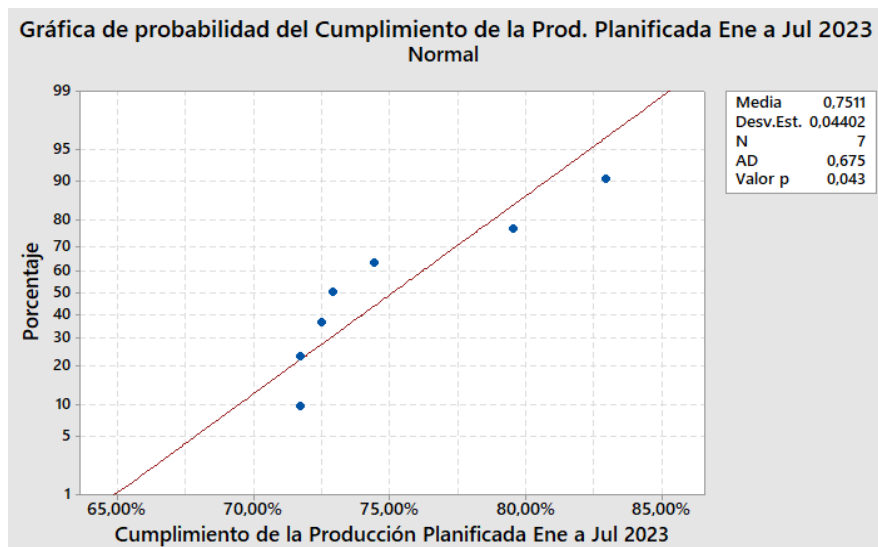


Figura 22.

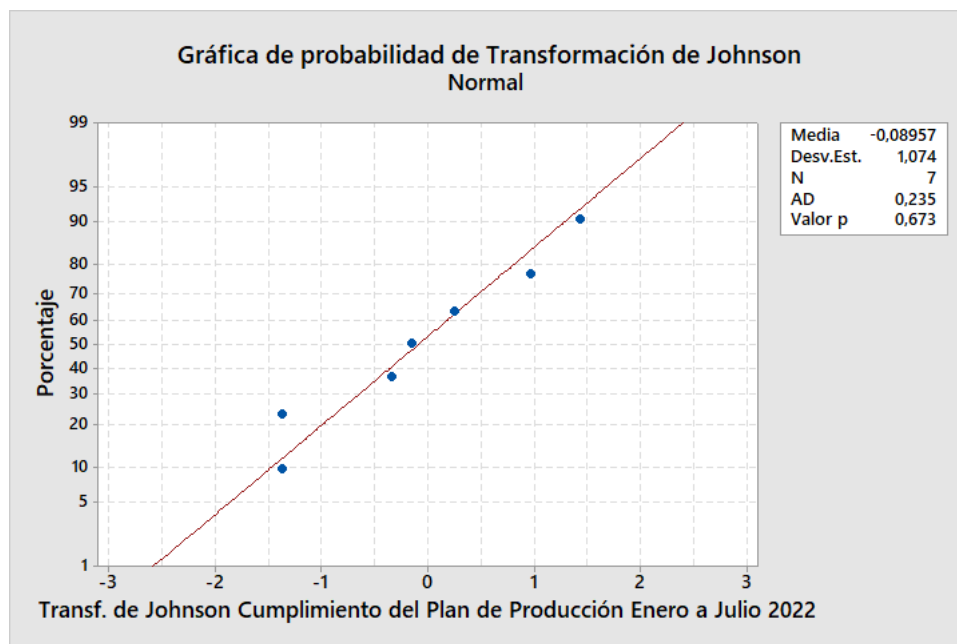
Gráfica de probabilidad para la muestra 2 del 2023 de la variable Y1



En la Figura 21 se visualiza que los datos del año 2022 tienden a estar distribuidos normalmente, mientras que en la Figura 22 los datos del año 2023 tienden a no estar distribuidos normalmente. Consecuentemente, se transformaron los datos del año 2023 para que presentara una distribución normal (Figura 23).

Figura 23.

Gráfica de probabilidad para la variable Y1 con respecto a enero a julio del 2023 transformada a Johnson



Al realizar la prueba T-Student para las dos muestras se concluyó que no existía evidencia para rechazar la hipótesis nula, la diferencia de la media no era significativa (Figura 24). Se concluyó que los datos tomados del año 2023 eran confiables y podían ser empleados para la etapa de análisis.

Figura 24.*Prueba T-Student para dos muestras*

Prueba T e IC de dos muestras: Cumplimiento de la Producción Planificada de Enero a Julio 2022; Enero a Julio 2023

Método

μ_1 : media del Cumplimiento de la Producción Planificada de Enero a Julio 2022

μ_2 : media del Cumplimiento de la Producción Planificada de Enero a Julio Jan to Jul 2023

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Enero a Julio 2022	7	0,7741	0,0572	0,022
Enero a Julio 2023	7	0,7511	0,0440	0,017

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,0231	(-0,0370; 0,0831)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

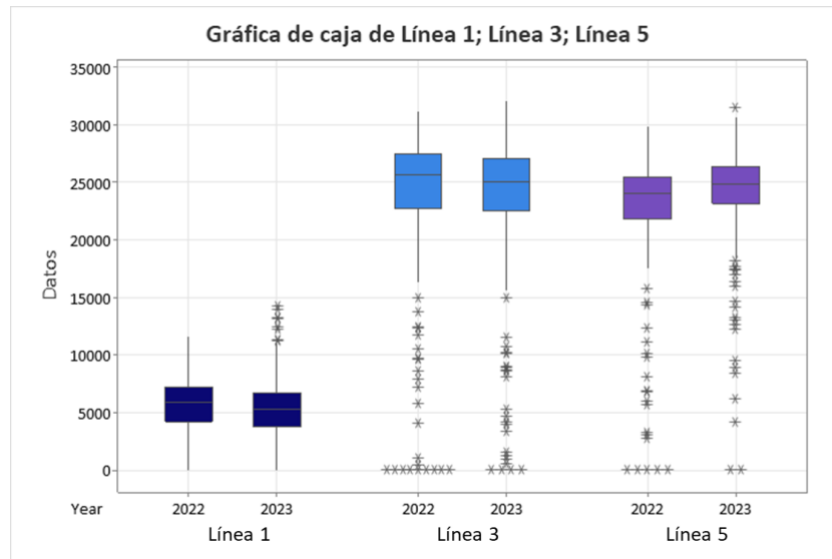
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
0,85	11	0,416

Para la variable Y2, producción diaria de licor de cacao, se realizó un diagrama de cajas para observar el volumen de producción de las líneas, comparando información del año 2023 con el año 2022. Se observó que no existía diferencia significativa entre las medias del volumen de producción en cada línea (Figura 25).

Figura 25.

Diagrama de intervalos de la producción de licor de cacao entre la línea 3 y línea 5

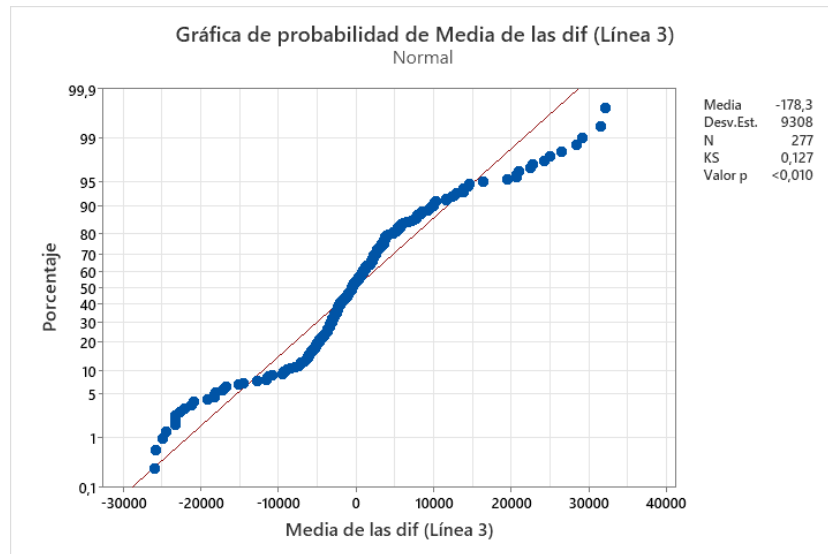


Sin embargo, para comprobar la confiabilidad de forma estadística, se aplicó una prueba T de una muestra para la media de las diferencias del volumen de producción por línea, comparando la producción del año 2022 con el año 2023. Para esto, se necesitó comprobar la normalidad de los datos (Figura 26 y

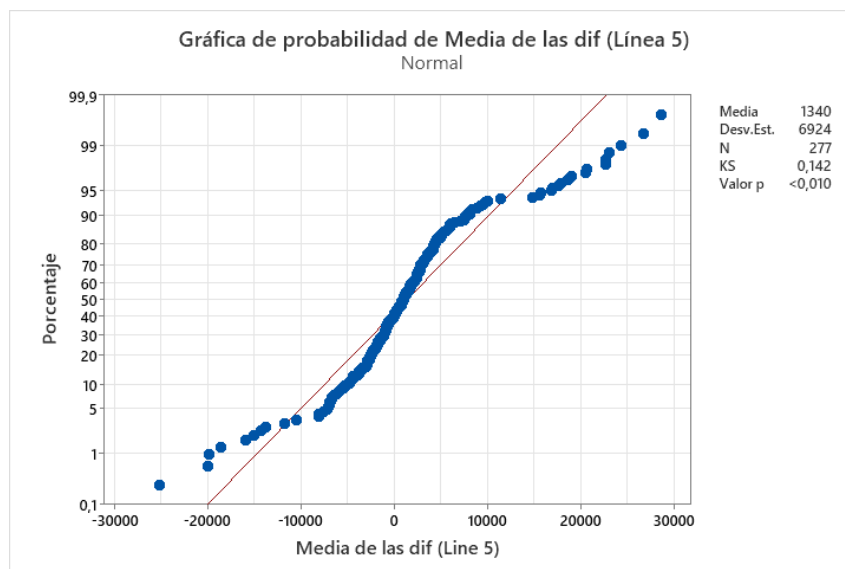
Figura 27), sin considerar la línea 1 ya que no está bajo análisis como indica el problema enfocado.

Figura 26.

Gráfica de probabilidad para la media de las diferencias de la línea 3

**Figura 27.**

Gráfica de probabilidad para la media de las diferencias de la línea 5



Se evidencia que los datos de ambas líneas no se distribuyen normalmente, por tanto, se transformaron los datos, como se ilustra en la Figura 28 y Figura 29.

Figura 28.

Transformación de Johnson para la variable Y2, línea 3

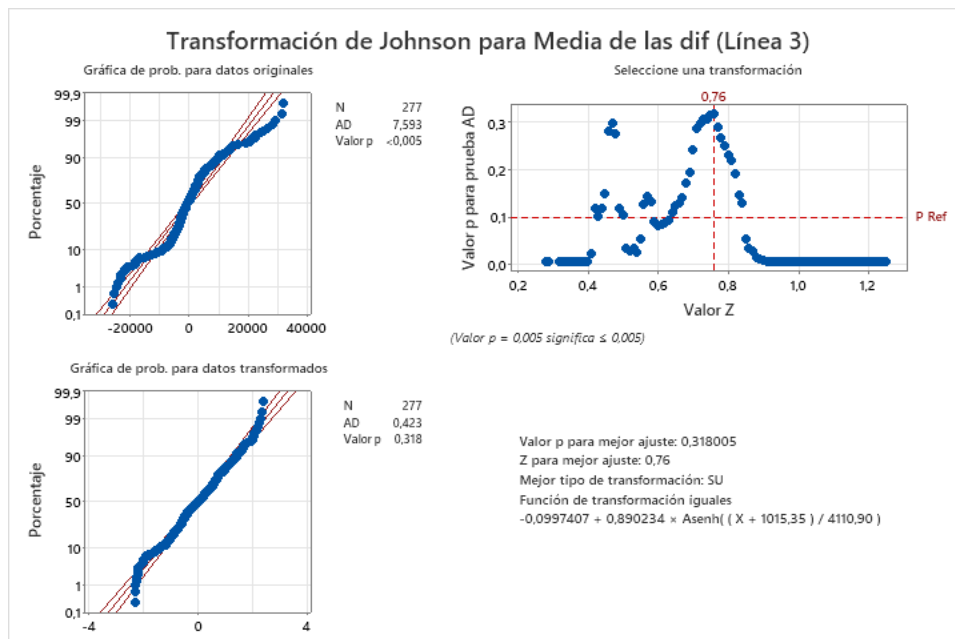
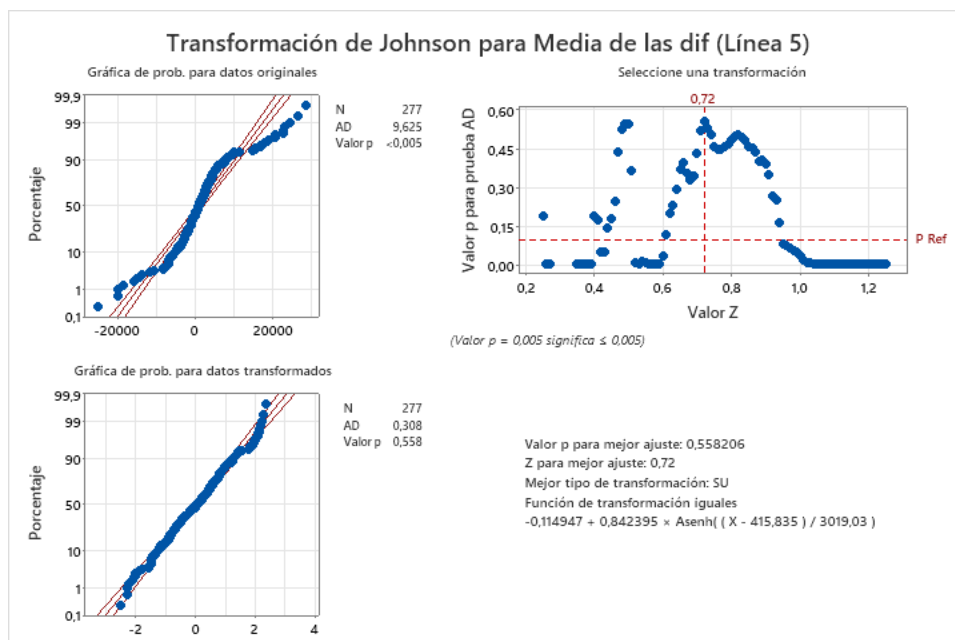


Figura 29.

Transformación de Johnson para la variable Y2, línea 5



Al realizar la prueba T para una muestra se obtuvieron los valores P presentados en la Tabla 4, en donde se acepta la hipótesis nula (media igual a 0) para ambos casos y se determina que no existe diferencia significativa entre los datos tomados en 2022 y 2023.

Tabla 4.

Valor P para media de las diferencias de las líneas 3 y 5

Valor P	
Línea 3	Línea 5
0,981	0,852

Para la verificación de los datos de las demás variables que se definieron, se detalla la **Error! Reference source not found.**, que resume las pruebas tomadas con su respectiva descripción y resultado.

Adicionalmente, se muestra el diagrama de cajas de la media de las diferencias tomada para la variable X2, valor monetario perdido por lotes no cumplidos (Figura 30) y la serie de tiempo para observar el comportamiento similar de los datos (Figura 31). Se emplea la misma técnica para la variable X3, cantidad de envases dañados por producto, en donde se observa diferencia significativa para el producto Kibbled (Figura 32) pero presenta un comportamiento similar de los datos (Figura 33). Finalmente, para la variable X4, porcentaje de rendimiento de las máquinas, se muestra el diagrama de cajas para la media de las diferencias (Figura 34).

Tabla 5.

Tabla detallada de la verificación de la recolección de datos de las variables X's

X's	¿Qué se probó?	¿Cómo se probó?	Resultados
X1	Confiabilidad de los datos de satisfacción laboral entre 2022 y 2023	Mediante un diagrama de cajas y una prueba T de una muestra para la media de las diferencias	Valor p = 1 Ninguna diferencia significativa
X2	Confiabilidad de los datos del valor monetario de los lotes no cumplidos entre 2022 y 2023	Mediante un diagrama de cajas y una prueba T de una muestra para la media de las diferencias	Valor p = 0,081 Ninguna diferencia significativa

X3	Confiabilidad de la cantidad de envases dañados por producto entre 2022 y 2023	Mediante un diagrama de cajas y una prueba T de una muestra para la media de las diferencias. Serie de tiempo para kibbled para ver el comportamiento de los datos	Los envases dañados en la producción de licor tienen un valor $P = 0,142$ Ninguna diferencia significativa Los envases dañados en la producción de Kibbled tienen un valor $P = 0,005$ Diferencia significativa, observando la serie de tiempo tiene un comportamiento similar pero desplazado.
X4	Confiabilidad de los datos del porcentaje de rendimiento de las máquinas entre octubre y noviembre de 2023	Mediante un diagrama de caja y una prueba T de dos muestras	Valor $p = 0,893$ Ninguna diferencia significativa

Figura 30.

Diagrama de cajas del valor monetario por no completar lotes en el año 2022 y 2023



Figura 31.

Serie de tiempo del valor monetario perdido por no completar lotes en el año 2022 y 2023

**Figura 32.**

Diagrama de cajas del material de empaque dañado por producto en el año 2022 y 2023

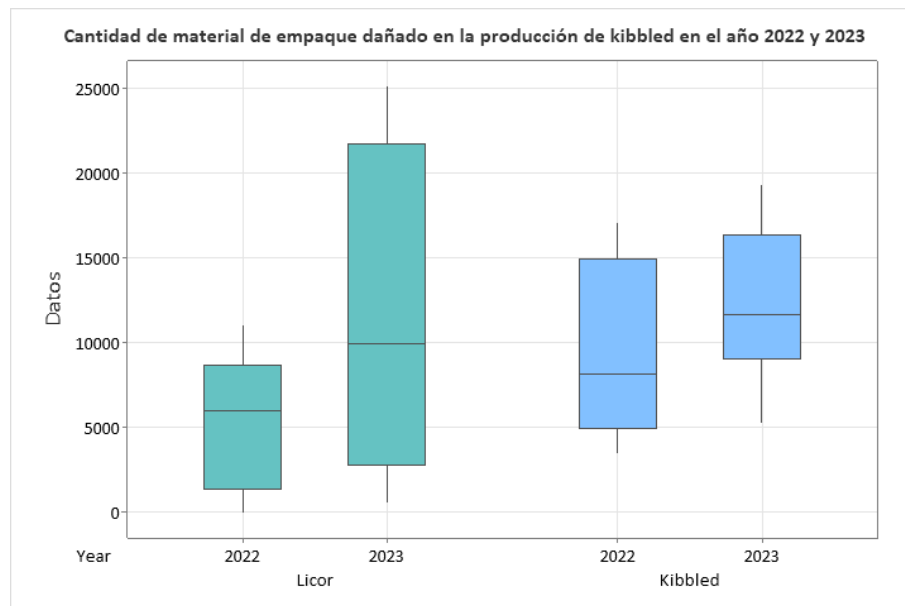


Figura 33.

*Serie de tiempo para material de empaque dañado para kibbled en 2022 y 2023
(Comportamiento creciente pero desplazado)*

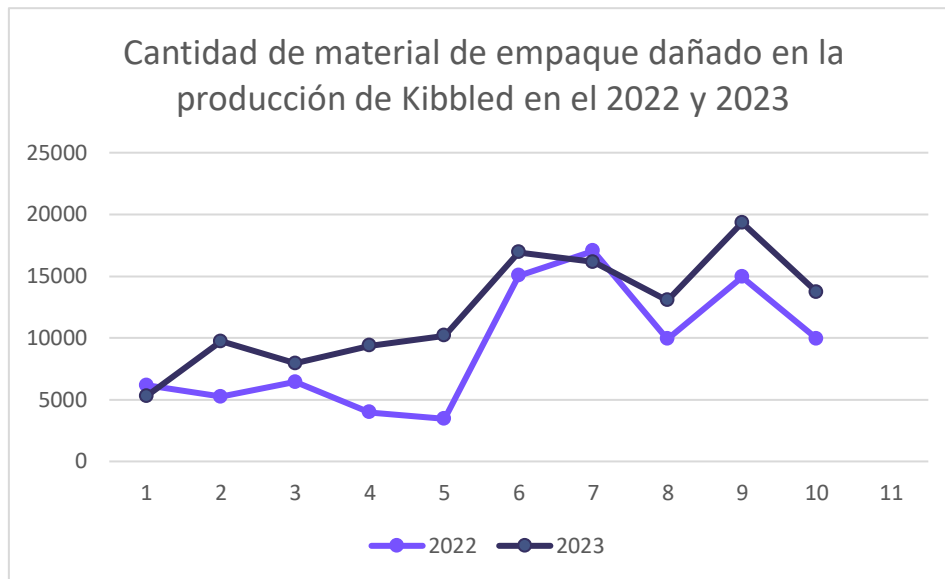
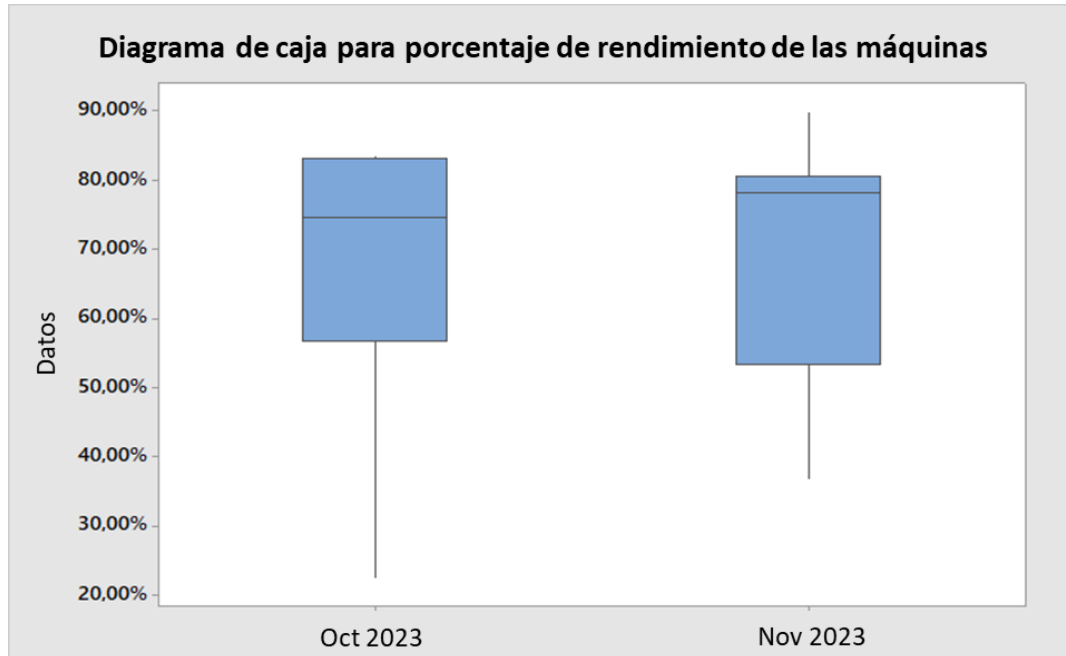
**Figura 34.**

Diagrama de cajas del porcentaje de rendimiento de las máquinas entre oct y nov 2023

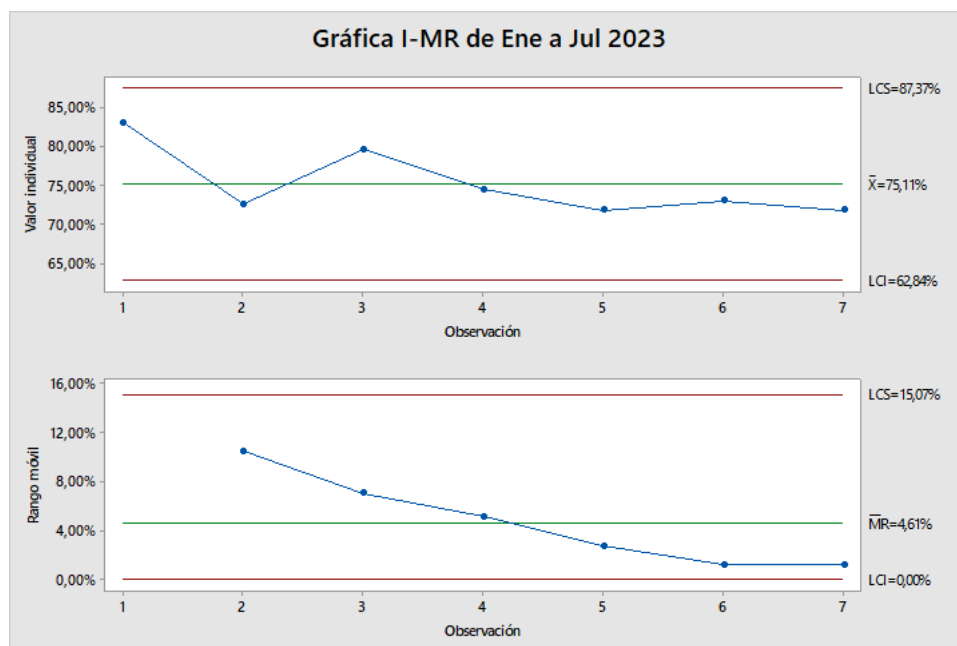


2.2.4 Análisis de estabilidad

La variable Y presenta un comportamiento normal luego de la transformación de Johnson ilustrada en la Figura 23. El cumplimiento de la producción planificada muestra un proceso estable en la carta de control de lecturas individuales y rango móvil, la cual es elegida por la cantidad de datos utilizados para la variable, como se muestra en la Figura 35.

Figura 35.

Carta de Control I-MR para la variable YI



La carta de control I-MR para valores individuales, demuestra que los datos aprueban las pruebas. En la gráfica de rango móvil, se observa que hay una tendencia a disminuir.

2.3 Análisis

En la etapa de análisis se definen las principales causas del problema y se proponen soluciones que puedan implementarse para controlarlas. En esta sección fue necesaria la colaboración de la empresa de modo que se realizaron reuniones y entrevistas para conocer sus opiniones.

2.3.1 Lluvia de ideas de problema enfocado

Para determinar las causas del rendimiento deficiente del cumplimiento de la producción planificada para los lotes con finura 99 en la línea 3 y 5 de molinos, se realizó una reunión general para realizar una lluvia de ideas (hoja, notas y diagrama de Ishikawa impreso) con el equipo de trabajo para detallar las causas que originaban el problema enfocado (**Figura 36**).

Figura 36.

Lluvia de ideas de causas planteadas por el equipo

Lluvia de ideas de causas	
○ Grano de baja calidad	○ Capacidad de almacenamiento insuficiente
○ Grano o frijol impuro	○ Fallas frecuentes de la máquina durante el procesamiento de grano a licor
○ Insuficientes recursos disponibles para mantenimiento	○ Las mallas de la línea no se cambian con regularidad
○ Retrasos en los procesos anteriores (Revise que los tipos de letra sean los mismos en todo el documento)	○ En el pre-molino, la olla riega el licor de cacao
○ Demora en la confirmación de finura de lote por parte de los operadores	○ Las bolas se desgastan en el proceso de molienda
○ Falta de conocimiento de la producción del turno anterior	○ Tiempo prolongado en el procesamiento de granos
○ Alta variabilidad en el mantenimiento	○ Cambios frecuentes de bombas
○ El mantenimiento no está controlado	○ Daños frecuentes en las tuberías del pre-molino
○ Método informal para la planificación de la producción	○ Operadores mal capacitados
○ Parámetros no estandarizados	○ Desmotivación en el trabajo
○ Todo se registra manualmente	○ Confusión en la entrada de valores en las máquinas
○ Algunas máquinas no cuentan con instrumentos de medición para medir parámetros	○ Fatiga laboral
○ Muestreo en la etapa final de la molienda	○ Informes inexactos
○ Planes de mantenimiento mal detallados	○ Metas organizativas desafiantes
	○ La información del sistema no coincide con los parámetros reales
	○ Cambios repentinos en la producción provocados por pedidos urgentes

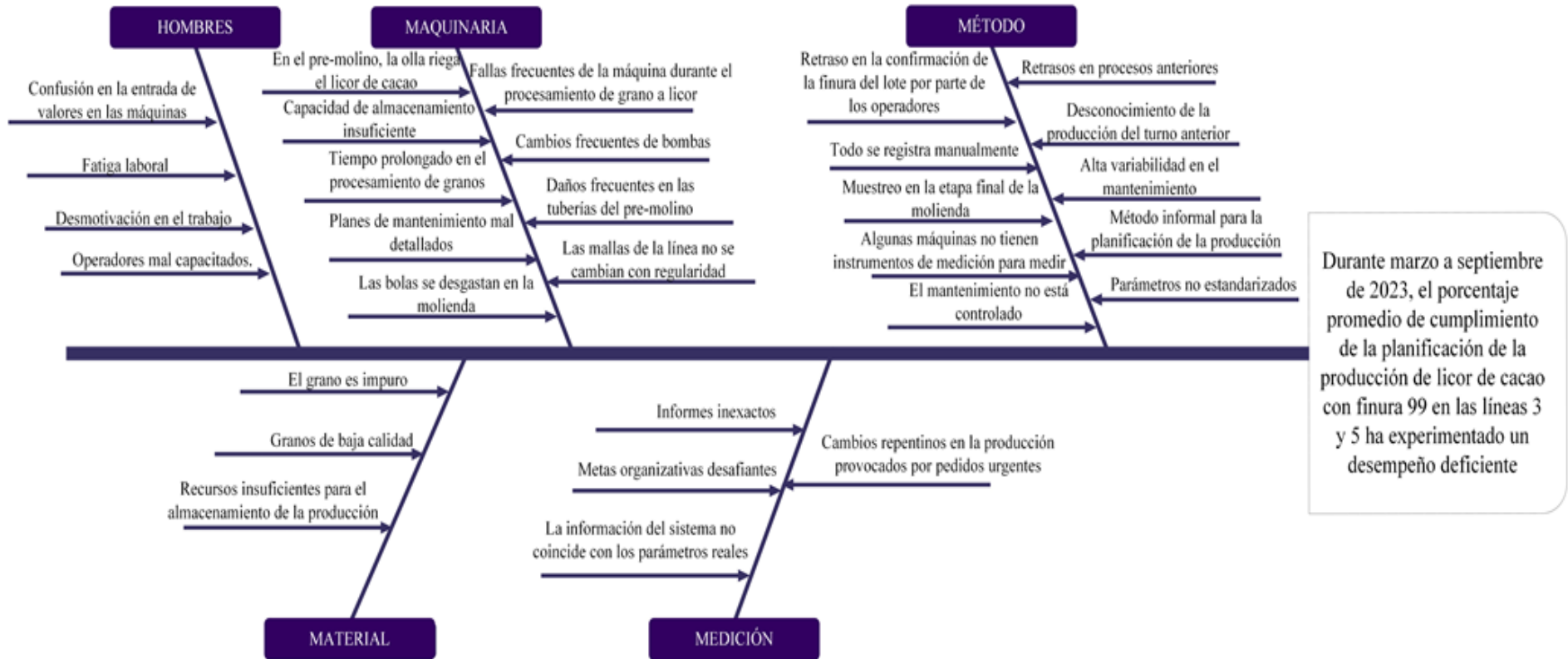
2.3.2 Diagrama de Ishikawa

De acuerdo a la lluvia de ideas, se pudo evidenciar que los segmentos con mayores causas existentes eran método y maquinaria (Figura 37).

Después de definir las posibles causas fue necesario filtrarlas de manera que se pudiera encontrar las causas raíz en posteriores análisis. Primero se elabora un diagrama de Ishikawa con las causas definidas en la lluvia de ideas.

Figura 37.

Diagrama de Ishikawa del problema enfocado



Durante marzo a septiembre de 2023, el porcentaje promedio de cumplimiento de la planificación de la producción de licor de cacao con finura 99 en las líneas 3 y 5 ha experimentado un desempeño deficiente

2.3.3 Matriz causa efecto

Para continuar, se elaboró la matriz de causa y efecto (Figura 38) para conocer las causas primordiales que afectaban directamente al problema enfocado.

Figura 38.

Matriz Causa y Efecto

No	Matriz Causa - Efecto	Y1=Cumplimiento de planificación de producción de licor de cacao							Moda
		Jefe de producción	Coordinador de Contratos	Controlador central	Supervisor de turno	Asistente de Calidad	Analista 1 (KC)	Analista 2 (GQ)	
Hombre									
1	Confusión en el ingreso de valores en las máquinas	6	9	9	9	9	9	9	60
2	Fatiga laboral	3	3	6	6	3	3	6	30
3	Desmotivación en el trabajo	6	3	9	6	9	3	6	42
4	Operadores poco capacitados	3	3	6	9	6	9	9	45
Maquinaria									
5	En el pre-molino, la olla riega licor de cacao	6	3	9	9	9	6	6	48
6	Capacidad de almacenamiento insuficiente	9	6	6	3	3	6	3	36
7	Ya es hora de procesar los frijoles	9	9	3	3	6	9	6	45
8	Planes de mantenimiento poco detallados	9	3	9	9	6	9	6	51
9	Desgaste de bolas en fresadora	9	9	6	9	9	6	6	54
10	Fallas frecuentes de las máquinas durante el procesamiento de grano a licor	6	9	9	9	6	9	9	57
11	Cambios frecuentes en bombas	3	1	6	6	6	6	3	31
12	Daño frecuente de tuberías del pre-molino	9	6	9	9	6	9	9	57
13	Las mallas en la línea no se cambian regularmente	9	3	9	9	9	9	9	57
Método									
14	Retraso en la confirmación de la finura del lote por parte de los operadores	3	1	6	6	3	6	3	28
15	Retrasos en procesos anteriores	3	9	1	6	3	9	9	40
16	Todo se registra manualmente	3	6	6	6	3	3	1	28
17	Desconocimiento de la producción del turno anterior	9	6	9	9	6	9	6	54
18	Muestreo en la etapa final de molienda	1	3	3	1	1	1	1	11
19	Alta variabilidad en el mantenimiento	9	6	6	9	3	9	9	51
20	Método informal para la planificación de la producción	9	9	6	9	6	9	9	57
21	Algunas máquinas no tienen instrumentos de medición para medir	6	3	1	1	3	9	6	29
22	El mantenimiento no está controlado	9	6	9	9	9	9	9	60
23	Parámetros no estandarizados	9	3	6	9	3	9	9	48
Material									
24	Grano impuro	9	3	6	9	3	9	6	45
25	frijoles de baja calidad	9	6	3	9	6	9	6	48
26	Recursos insuficientes para el almacenamiento de la producción	9	3	3	6	9	6	1	37
Medición									
27	Informes inexactos	3	1	3	1	3	6	3	20
28	Cambios repentinos en la producción causados por pedidos calientes	9	6	6	9	6	6	9	51
29	Objetivos organizacionales desafiantes	3	3	9	9	6	9	9	48
30	La información del sistema no coincide con los parámetros reales	3	1	3	3	1	6	6	23

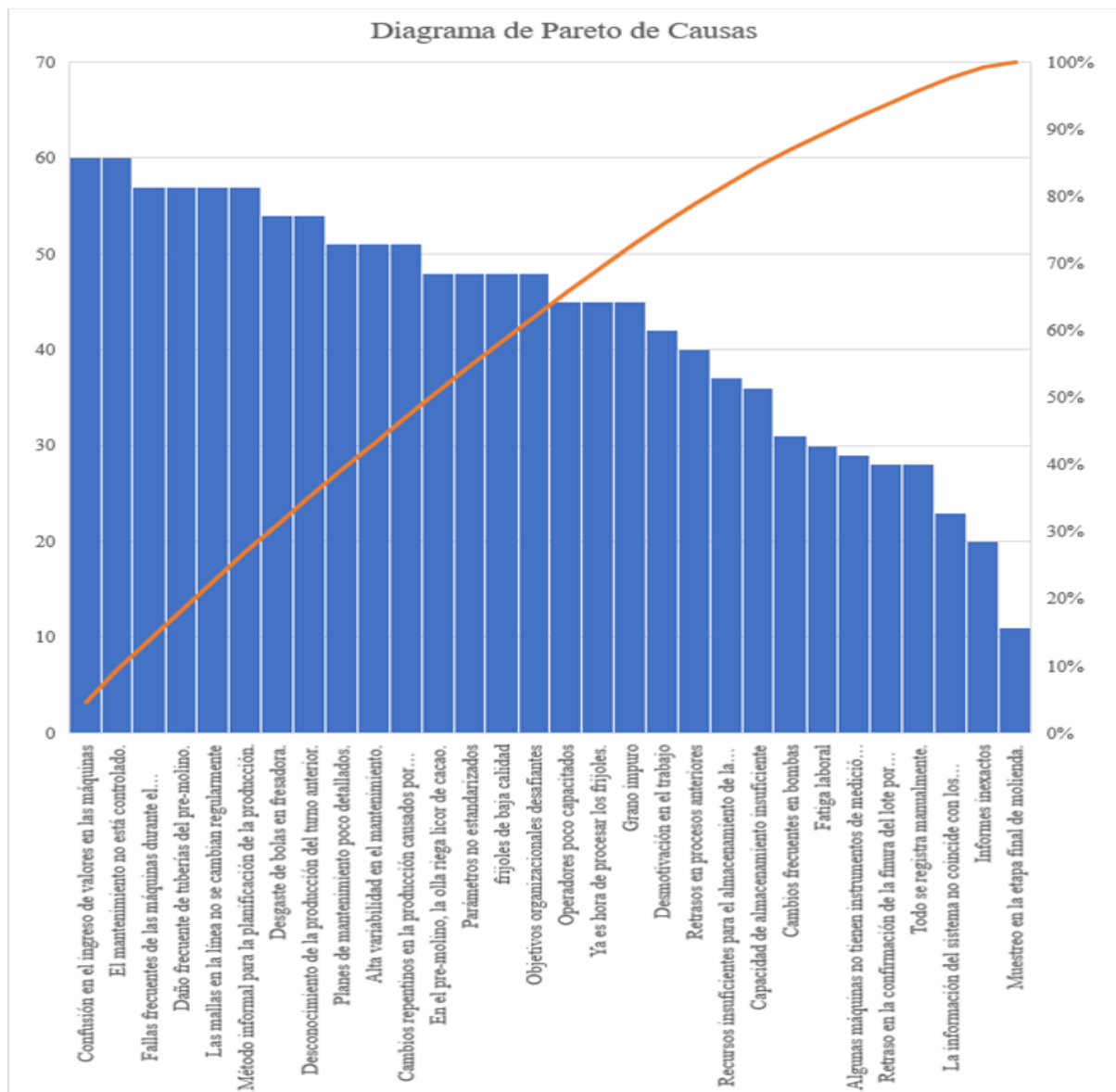
Las evaluaciones están basadas en la suma de los valores que seleccionaba el cliente, estos valores podían ser 1, 3, 6 y 9. Siendo 9, un valor que tiene mucha relación con el problema enfocado y 1, es que tiene poca relación con él.

2.3.4 Diagrama de Pareto

Para seleccionar las causas con mayor valor de acuerdo a lo que el cliente prefiere, se elaboró un diagrama de Pareto de causas mostrado en la Figura 39.

Figura 39.

Diagrama de Pareto de Causas



2.3.5 Causas potenciales

A partir del diagrama de Pareto se encontraron las causas potenciales (Tabla 6).

Tabla 6.

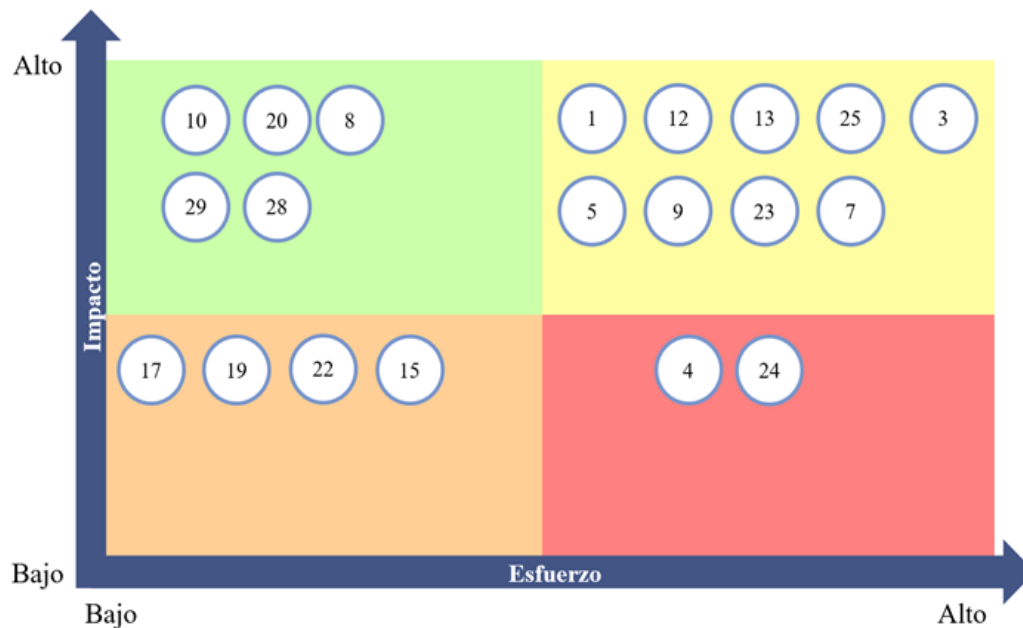
Causas potenciales identificadas con el diagrama de Pareto

No	Causa
1	Confusión en el ingreso de valores en las máquinas
22	El mantenimiento no está controlado
10	Fallas frecuentes de las máquinas durante el procesamiento de grano a licor
12	Daño frecuente de tuberías del pre-molino
13	Las mallas en la línea no se cambian regularmente
20	Método informal para la planificación de la producción
9	Desgaste de bolas en fresadora
17	Desconocimiento de la producción del turno anterior
8	Planes de mantenimiento poco detallados
19	Alta variabilidad en el mantenimiento
28	Cambios repentinos en la producción causados por pedidos calientes
5	En el pre-molino, la olla riega licor de cacao
23	Parámetros no estandarizados
25	frijoles de baja calidad
29	Objetivos organizacionales desafiantes
4	Operadores poco capacitados
7	Ya es hora de procesar los frijoles
24	El grano es impuro
3	Desmotivación en el trabajo
15	Retrasos en procesos anteriores

2.3.6 Diagrama impacto esfuerzo

El diagrama de Pareto es un filtro que contribuyó a que el análisis fuera más detallado por lo que para tener mayor detalle se evaluaron las causas en una matriz impacto y esfuerzo.

Se ilustra en la Figura 40 y detalla que las causas que se toman son las que causen mayor impacto y menor esfuerzo de control por lo que las causas 10, 20, 8, 29 y 28 fueron las elegidas para proseguir con el análisis.

Figura 40.*Matriz Impacto Esfuerzo*

De esta forma, las causas seleccionadas son la indicadas en la **Figura 41**:

Figura 41.*Causas potenciales*

Fallas frecuentes de las máquinas durante el procesamiento de grano a licor

- Causa potencial 1

Método informal para la planificación de la producción

- Causa potencial 2

Planes de mantenimiento poco detallados

- Causa potencial 3

Cambios repentinos en la producción causados por Hot Orders

- Causa potencial 4

Objetivos organizacionales desafiantes

- Causa potencial 5

2.3.7 Plan de verificación de causas

Con las causas seleccionadas se planteó el plan de verificación de causas (Figura 42), mismo que fue ejecutado por el equipo de trabajo.

Figura 42.*Plan de verificación de causas*

Variable Y1	X	Causa potencial	Impacto X->Y1	¿Cómo se ve?	¿Quién verifica?	¿Dónde se verifica?	Estado
		Descripción		Método	Responsable	Lugar	
Porcentaje de cumplimiento de la planificación de la producción de la línea de licor de cacao	X1	Daños frecuentes en las máquinas durante el proceso de transformación de grano-licor	Las líneas se detienen, lo que disminuye el volumen de producción y reduce el porcentaje de realización de la producción.	Anova de un factor. Comparar los días en los que se produjeron fallos significativos y los días con una producción normal.	Equipo de trabajo	Área de molino	Completado
	X2	Método informal de planificación de la producción	Los lotes a producir están mal secuenciados, de modo que hay lotes que se almacenan durante largos periodos de tiempo y provocan elevados tiempos de preparación, lo que reduce el porcentaje de realización de la producción.	Anova de un factor. Compara el cumplimiento de la planificación de la producción fluida frente a la producción con interrupciones. Se utilizará un gráfico de intervalos, una prueba de normalidad y un ANOVA de un factor con un tamaño de muestra de 30 para estudiar			Completado
	X3	Planes de mantenimiento poco detallados	Averías frecuentes y repetitivas en máquinas de cada línea que a pesar de ser arregladas siguen produciéndose, disminuyendo el volumen de producción y por tanto disminuyendo el porcentaje de realización de la producción.	Estadística descriptiva, Pareto. Identificar cambios repetitivos a lo largo de un periodo y realizar una comparación histórica para conocer las causas de este hecho.			Completado
	X4	Cambios repentinos en la producción causado por hot orders	Las hot orders alteran la secuenciación de la producción, lo que provoca retrasos en la medición de los parámetros del licor de cacao, afectando al porcentaje de cumplimiento de la producción.	Estadística descriptiva. Análisis y verificación del cumplimiento de la planificación de la producción con hot orders y hot orders. Se utilizará gráfico de cajas, estadística descriptiva y verificación de hipótesis (test de Mann-Whitney y correlación de Spearman) con un tamaño muestral de 30 para el estudio.			Completado
	X5	Objetivos organizacionales desafiantes	Objetivos empresariales que no tienen en cuenta la producción diaria máxima que puede alcanzarse	Anova de un factor. Comparar los objetivos de la empresa con la producción real. Se utilizará un gráfico matricial y de correlaciones en una muestra de 24 personas para el estudio.			Completado

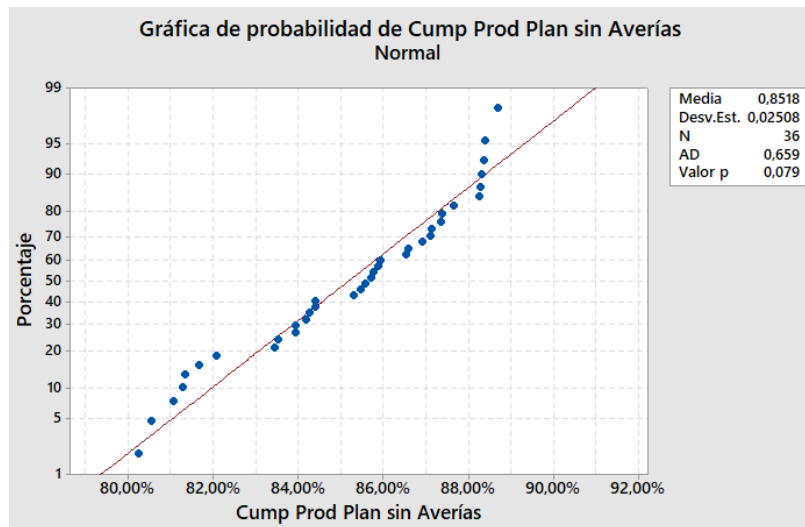
En el plan de verificación de causas se resaltó con color verde aquellas causas potenciales que presentaban evidencia estadística sobre su influencia significativa hacia la variable Y1, aquellas causas que no tienen influencia significativa se señalaron de color gris.

Causa Potencial 1.- Daños frecuentes en las máquinas durante el proceso de transformación de grano-licor

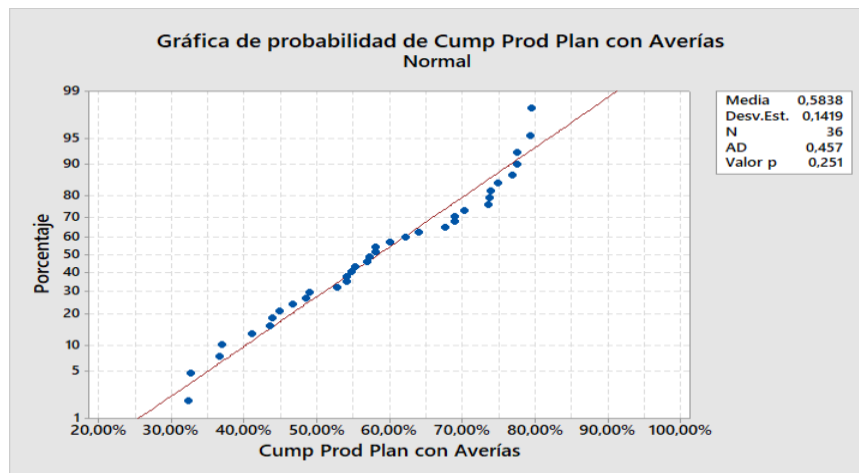
Para analizar cuan significativo es el efecto de la causa potencial 1, se utilizó Anova de un factor, por tanto, primero fue necesario probar la normalidad de los datos (Figura 43 y Figura 44).

Figura 43.

Gráfica de Probabilidad del cumplimiento de la producción planificada cuando no presenta averías en máquinas

**Figura 44.**

Gráfica de Probabilidad del cumplimiento de la producción planificada cuando presenta averías en máquinas



Con valores p mayores a 0,05 para ambas muestras, se concluye que los datos tienen una distribución normal. Posteriormente, se realizó el análisis Anova de un factor (Figura 45).

Figura 45.

ANOVA de un factor del cumplimiento de la producción planificada cuando presenta averías en máquinas y cuando no presenta

ANOVA de un solo factor: Cumplimiento de la Producción Planificada sin Averías; ... con Averías

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Cump Prod Plan sin Averías; Cump Prod Plan con Averías

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	1,2931	1,29310	124,55	0,000
Error	70	0,7267	0,01038		
Total	71	2,0198			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,101891	64,02%	63,51%	61,94%

Medias

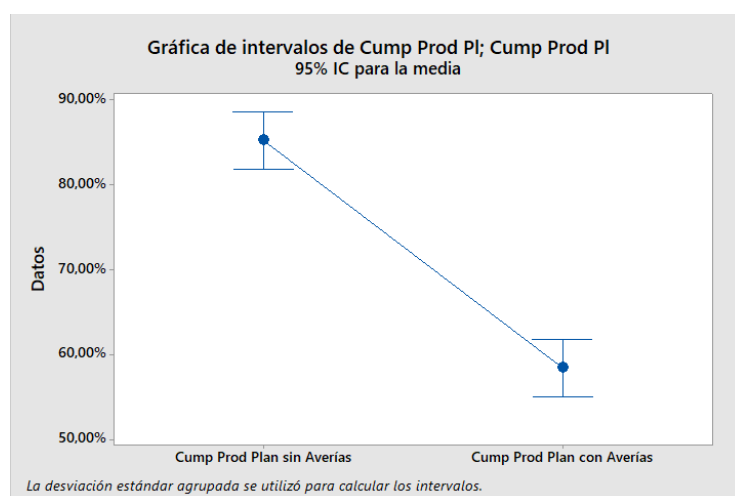
Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Cump Prod Plan sin Averías	36	0,85179	0,02508	(0,81792; 0,88566)
Cump Prod Plan con Averías	36	0,5838	0,1419	(0,5499; 0,6176)

Desv.Est. agrupada = 0,101891

Adicionalmente, se muestra la gráfica de intervalos (Figura 46) para las muestras.

Figura 46.

Gráfica de intervalos del cumplimiento de la producción cuando hay fallas en las máquinas y cuando no



Causa Potencial 2.- Método informal de planificación de la producción

Para la segunda causa, la muestra 1 y 2 tienen una diferencia significativa en al menos una media por lo que se rechaza la hipótesis nula de que todas las medias son iguales.

Figura 47.

Gráfica de Probabilidad del cumplimiento de la producción planificada cuando existe producción continua

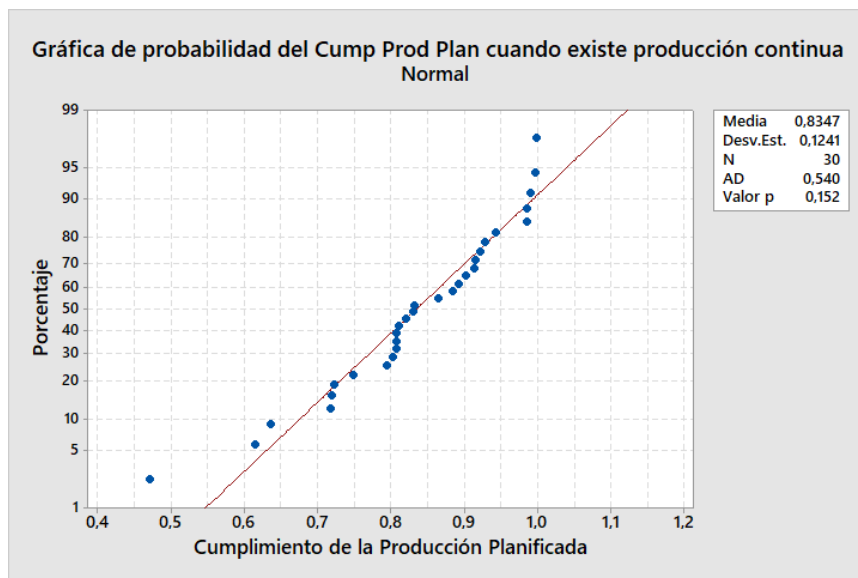
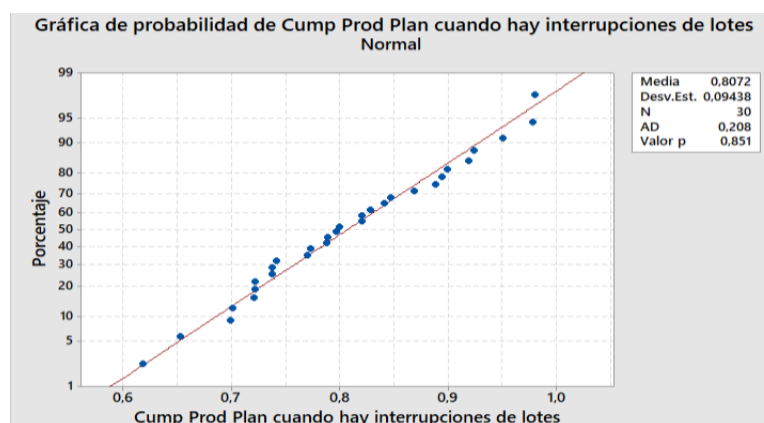


Figura 48.

Gráfica de Probabilidad del cumplimiento de la producción planificada cuando hay interrupciones de lotes



De acuerdo a la Figura 47 y Figura 48, se evidencia que ambas muestras se comportan distribuidas normalmente. Posteriormente, se realiza ANOVA de un factor.

Figura 49.

ANOVA de un solo factor para cumplimiento de la producción planificada cuando existe producción continua o cuando existen interrupciones

ANOVA de un solo factor: Cumplimiento de la producción planificada cuando existe producción continua (x1); cuando hay interrupciones de lotes (x2)

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	x1; x2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0,01134	0,01134	0,93	0,338
Error	58	0,70488	0,01215		
Total	59	0,71622			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,110241	1,58%	0,00%	0,00%

Medias

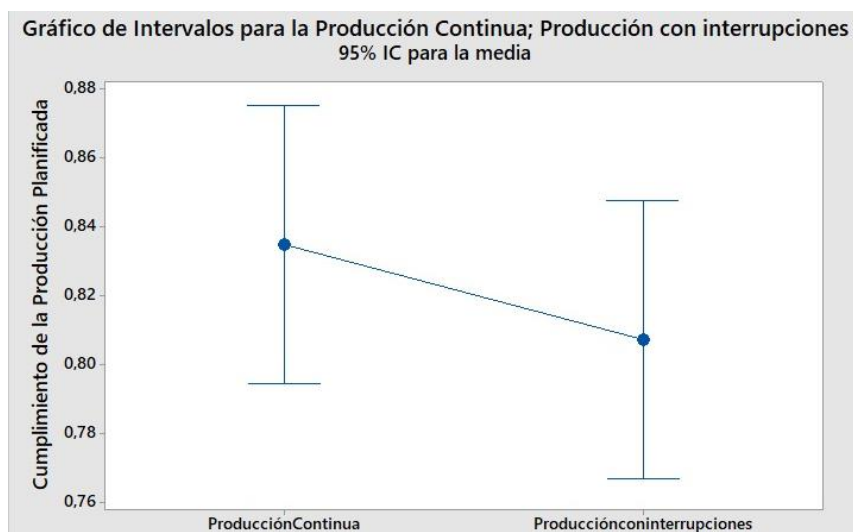
Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
x1	30	0,8347	0,1241	(0,7944; 0,8750)
x2	30	0,8072	0,0944	(0,7669; 0,8475)

Desv.Est. agrupada = 0,110241

Adicionalmente, se presenta el gráfico de intervalos de la Figura 50.

Figura 50.

Gráfico de intervalos para la producción continua y con interrupciones



Causa Potencial 3.- Planes de mantenimiento poco detallados

Para la tercera causa, se realizó una prueba de normalidad (Figura 51 y Figura 52), un análisis de correlación y un test de Mann-Whitney u para verificar si existía un cambio significativo antes y después del mantenimiento.

Figura 51.

Gráfica de Probabilidad de la producción de licor de cacao antes del mantenimiento

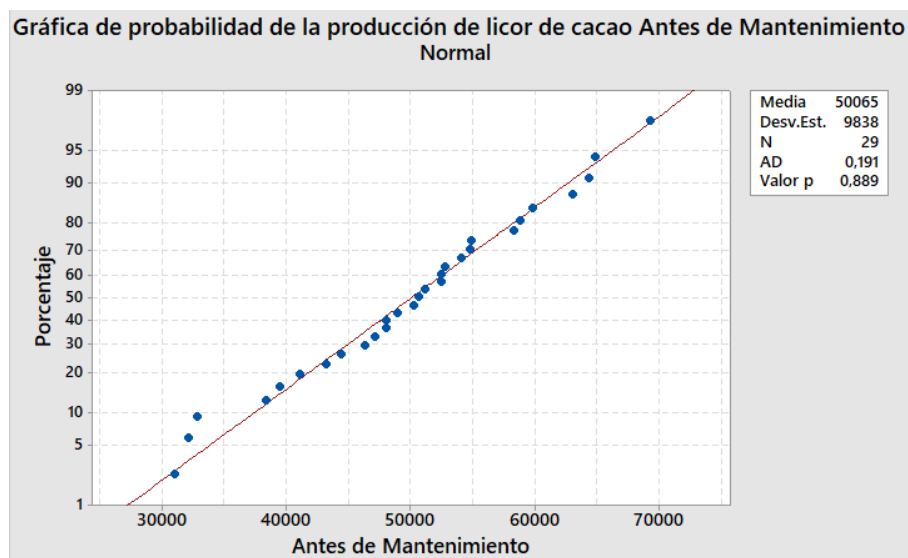
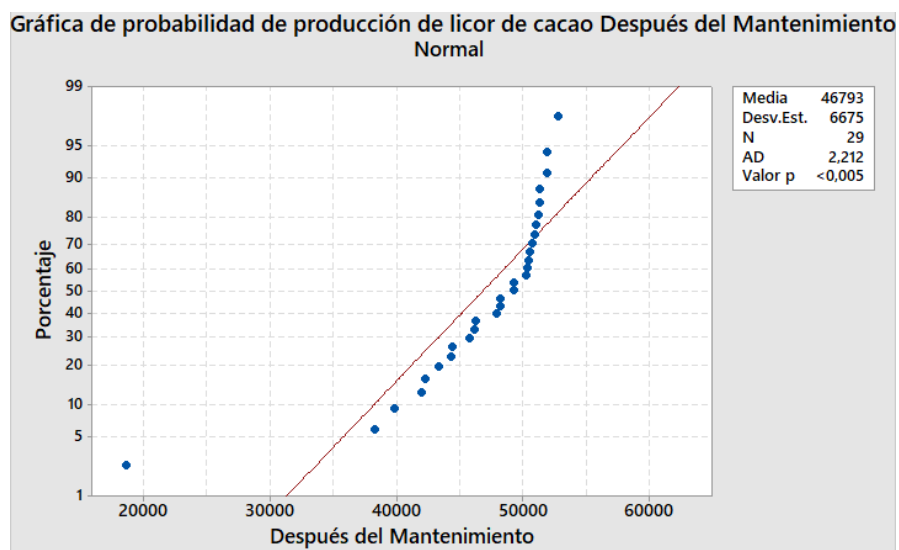


Figura 52.

Gráfica de Probabilidad de la producción de licor de cacao después del mantenimiento



Cuando se visualiza los valores p de cada gráfica, se demuestra que ambas muestras no tienen distribución normal y se debe analizar con pruebas no paramétricas, como se observa en la Figura 53.

Figura 53.

Mann-Whitney u Test de Cumplimiento de la Producción Planificadas antes del mantenimiento y después del mantenimiento

Mann-Whitney: Cumplimiento de la Producción Planificada antes del mantenimiento; después del mantenimiento

Método

η_1 : mediana de Antes del Mantenimiento
 η_2 : mediana de Después del Mantenimiento
 Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
Before maintenance	29	47546
After maintenance	29	45312

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
745	(-1437; 3316)	95,17%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	903,50	0,460
Ajustado para empates	903,50	0,460

Figura 54.

Correlación de Spearman

Rho de Spearman: Antes de Mantenimiento; Después del Mantenimiento

Correlaciones

Rho de Spearman -0,462
 Valor p 0,012

La Rho de Spearman (Figura 54) establece que las dos muestras son independientes.

Causa Potencial 4.- Cambios repentinos en la producción causado por hot orders

La cuarta causa está relacionada con la presencia de hot orders, las cuales se detallan como lotes urgentes por elaborar. Para analizar esta causa, primero se analizó si los datos tendían a seguir una distribución normal, como se observa en las

Figura 55 y Figura 56.

Figura 55.

Gráfica de probabilidad de cumplimiento de la producción con Hot Orders

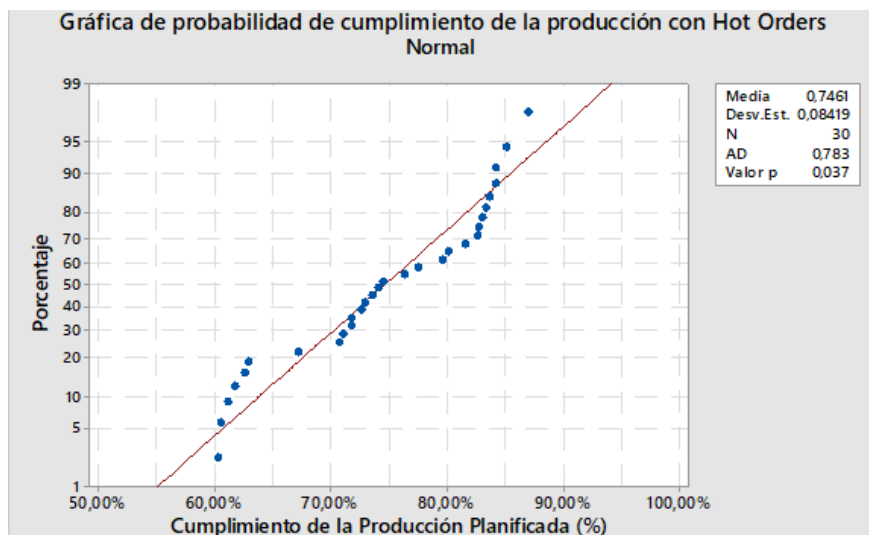
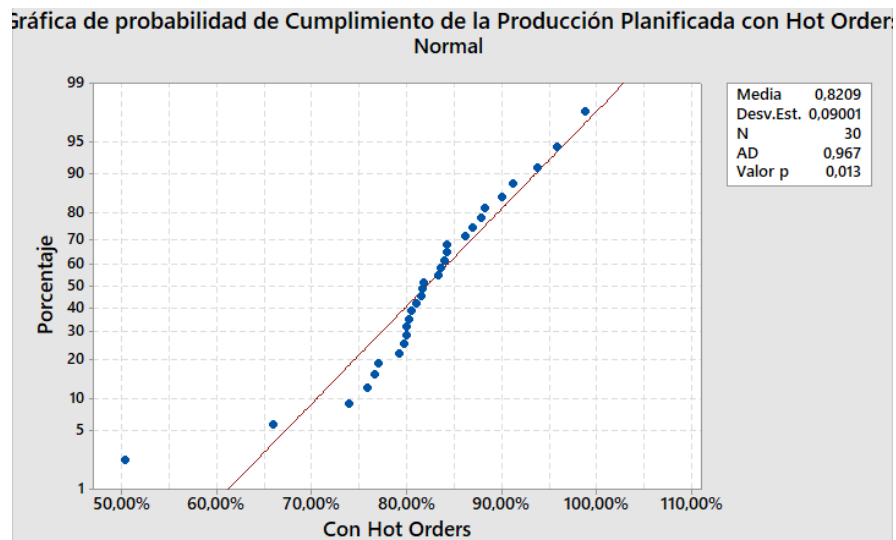


Figura 56.

Gráfica de probabilidad de cumplimiento de la producción sin Hot Orders



Los datos no siguen una distribución normal, por tanto, se aplicaron pruebas no paramétricas para el análisis de esta causa, así, se tiene la prueba presentada en la

Figura 57.**Figura 57.**

Mann-Whitney u Test de Cumplimiento de la Producción Planificada con hot orders y sin hot orders

Rho de Spearman: %Accomplishment 1; %Accomplishment 2

Correlaciones

Rho de Spearman 0,028

Valor p 0,885

Mann-Whitney: %Accomplishment 1; %Accomplishment 2

Método

η_1 : mediana de %Accomplishment 1

η_2 : mediana de %Accomplishment 2

Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
%Accomplishment 1	30	0,81665
%Accomplishment 2	30	0,74200

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
0,0747500	(0,0307000; 0,1211)	95,16%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1133,50	0,001
Ajustado para empates	1133,50	0,001

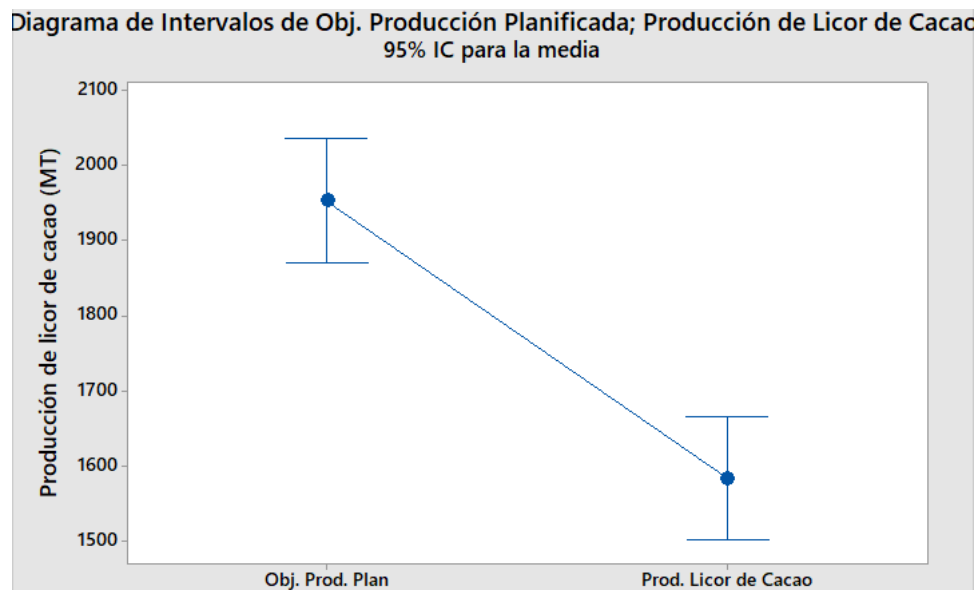
La Rho de Spearman establece que las dos muestras son independientes. Con el test de Mann-Whitney, se observa que las dos muestras son diferentes, por lo que se rechaza la hipótesis nula (la mediana de cada dato es igual).

Causa potencial 5.- Objetivos organizacionales desafiantes

La última causa está relacionada con los objetivos desafiantes de la planificación de la producción por lo que se compara con la producción real del licor de cacao como se ilustra en la Figura 58.

Figura 58.

Diagrama de Intervalos de Objetivos de Producción Planificada y Producción de licor de cacao



Para analizar esta causa, primero se analizó si los datos tendían a seguir una distribución normal, como se observa en las

Figura 59 y Figura 60.

Figura 59.

Gráfica de probabilidad del lector de flujo

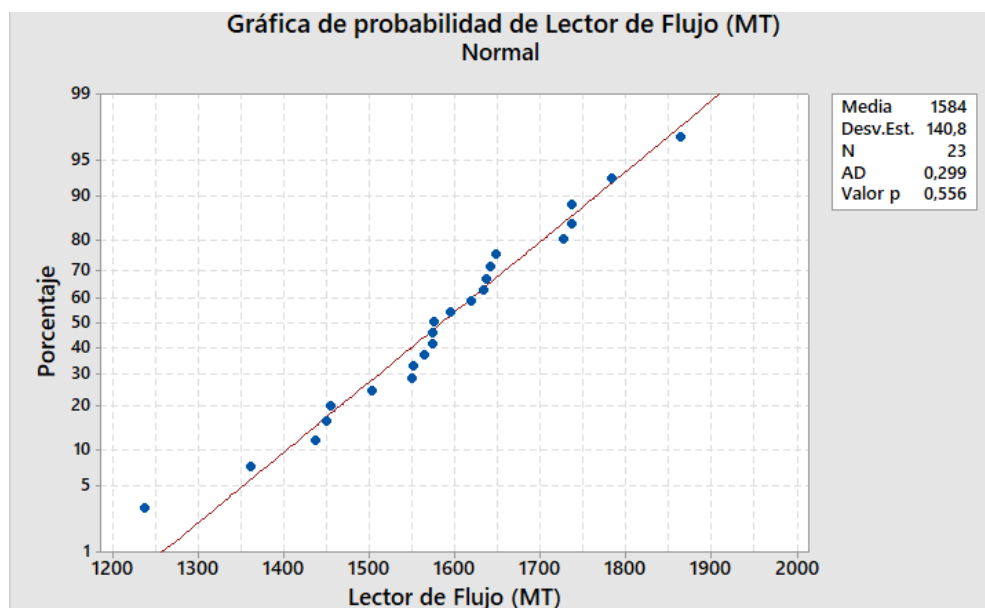
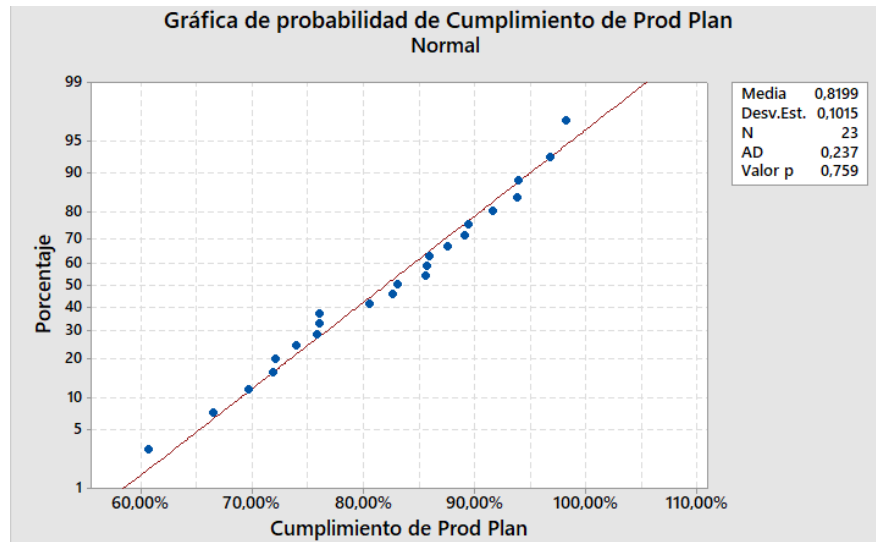


Figura 60.

Gráfica de probabilidad de cumplimiento de producción planificada



Se observa que los datos tienen una distribución normal, por tanto, se aplicaron pruebas paramétricas para el análisis de esta causa (

Figura 61).

Figura 61.

ANOVA de un factor para la producción de licor de cacao planificada y real

ANOVA de un solo factor: Ventas en MT; Lector de Flujo (MT)

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Ventas en MT; Lector de Flujo (MT)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	1569694	1569694	40,61	0,000
Error	44	1700826	38655		
Total	45	3270520			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
196,609	48,00%	46,81%	43,16%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Ventas en MT	23	1953,9	239,8	(1871,3; 2036,5)
Lector de Flujo (MT)	23	1584,4	140,8	(1501,8; 1667,1)

Desv.Est. agrupada = 196,609

El gráfico de intervalos y el ANOVA de un factor muestran que los objetivos de planificación de la producción no son iguales a la producción real de licor de cacao. En ciertos meses, se evidenció registros de al menos el 80 % del cumplimiento de la producción planificada, pero se profundizó con las personas relacionadas a la producción, a partir de sus comentarios se comprobó que no hubo condiciones extraordinarias como sobretiempos excesivos o disminución de la demanda. Además, se aclara que la demanda se rige por las metas del área comercial y esa meta no ha incrementado recientemente.

Según los métodos explicados y presentados, se expresa la **Figura 62** que resume cómo se obtuvieron los datos y las conclusiones sobre los métodos empleados.

Figura 62.

Resumen de métodos empleados para verificación de causas raíz

Causa Potencial		¿Cómo se obtuvieron los datos?	Conclusión del método
X1	Daños frecuentes en las máquinas durante el proceso de transformación de grano-licor	Se empleo un reporte donde el supervisor escribe y detalla los tipos de daños junto a su tiempo pérdido y el motivo de la falla. Adicional, existe información del reporte de turno de varios meses pasados.	Mediante la Figura 44 y Figura 45, se observa que la muestra 1 y 2 tienen una diferencia significativa en al menos una media por lo que se rechaza la hipótesis nula confirmando que las averías frecuentes son un factor significativo del cumplimiento de producción planificada.
X2	Método informal de planificación de la producción	Se detalló que el cumplimiento de la producción planificada para la producción continua se centra en los meses en donde no se presentó cambios bruscos en la producción de lotes semanal. Cuando se detalla con interrupciones, se consideró meses desde marzo del 2023, periodo de tiempo donde se ha presentado más cortes de lotes para completar otro lote.	El gráfico de intervalos (Figura 49) y el ANOVA de un factor (Figura 48) muestran que el método informal de planificación de la producción no afecta significativamente al cumplimiento de la producción de licor de cacao.
X3	Planes de mantenimiento poco detallados	Se centró en encontrar la producción de licor de cacao antes de un mantenimiento y luego de un mantenimiento para evidenciar que los planes carecen de detalle para que se cumpla en su totalidad.	Los resultados de la prueba u de Mann-Whitney señalan que la diferencia entre las medianas no es estadísticamente significativa. La producción de licor de cacao no se ve afectada por los planes de mantenimiento poco detallados.
X4	Cambios repentinos en la producción causado por hot orders	Las hot orders se las obtuvo mediante el cumplimiento de la producción planificada de acuerdo a un periodo de tiempo en donde el reporte de producción presenta interrupciones en la producción causada por hot orders (se evidencia con el key customer los lotes y las fechas donde se consideraron) y se compara con la información de meses donde la presencia de hot orders es menor.	El cumplimiento de la planificación de la producción se ve afectada con la presencia de Hot Orders, la relación es que la presencia de Hot Orders disminuye el porcentaje de cumplimiento.
X5	Objetivos organizacionales desafiantes	Se compara las ventas proyectadas de acuerdo a la producción planificada con la cantidad de licor de cacao que se produce medida mediante el lector de flujo en el área de los molinos.	El gráfico de intervalos y el ANOVA de un factor muestran que los objetivos de planificación de la producción no son iguales a la producción real de licor de cacao.

Luego de analizar las causas potenciales se tuvo que aquellas que afectan a la variable principal son las presentadas en la Figura 63.

Figura 63.

Causas potenciales que afectan la variable de respuesta

Daños frecuentes en las máquinas durante el proceso de transformación de grano-licor

- Causa Potencial 1

Cambios repentinos en la producción causados por hot orders

- Causa Potencial 4

Objetivos organizacionales desafiantes

- Causa potencial 5

2.3.8 Herramienta 5 porqués

Una vez identificadas las causas potenciales que tienen un efecto significativo sobre la variable de respuesta, se aplicó la herramienta 5 porqués para identificar las causas raíz de cada causa potencial (Figura 64).

Figura 64.

Identificación de causas raíz con la herramienta 5 porqués

¿Qué?	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	¿Por qué? 4
Daños frecuentes en las máquinas durante el proceso de transformación de grano-licor	Se utilizan las máquinas sin parar	No se han realizado estudios acerca de la disponibilidad de las máquinas	Quita tiempo para la producción	No se han definido planes de mantenimiento que tomen en cuenta la producción
	Calidad de grano baja	Grano no cumple con las especificaciones requeridas	Se elige a los proveedores según la urgencia de necesidad de grano	No existe métodos de selección de proveedores formal Poca planificación de pedidos de grano
Cambios repentinos en la producción causado por hot orders	Presencia de hot orders	Cambios de fechas en la exportación de lotes	Priorización de nuevos lotes en el sistema	Planificación adaptada a la demanda en lugar de planificación adaptada a la disponibilidad real.
Objetivos organizacionales desafiantes	Existencia de lotes pendientes por elaborar	Lotes que en su mayoría presenta cambios de prioridad en el sistema	Obtener mayor beneficio económico y producción	Mejorar el rendimiento de lo producido

A partir de la herramienta anteriormente descrita se tuvo que las causas raíz para el problema tratado son las presentadas en la Figura 65.

Figura 65.*Causas raíz del problema*

No se han definido planes de mantenimiento que tomen en cuenta la producción

○ Causa raíz 1

No existen métodos formales de selección de proveedores

○ Causa raíz 2

Poca planificación de pedidos de grano

○ Causa raíz 3

Planificación adaptada a la demanda en lugar de una planificación adaptada a la disponibilidad real

○ Causa raíz 4

Mejorar el rendimiento de lo producido

○ Causa raíz 5

2.4 Mejorar

Al continuar con la metodología DMAIC, en la etapa de mejorar, se propusieron soluciones potenciales para cada causa raíz identificada, luego se priorizaron las soluciones potenciales para aplicar las mejores.

2.4.1 Generación de soluciones potenciales

Las soluciones potenciales se establecieron junto con los clientes internos, estas se observan en la Figura 66.

Figura 66.*Soluciones potenciales propuestas*

N°	Causa Raíz	Soluciones Potenciales
1	No se han definido planes de mantenimiento que tomen en cuenta la producción	1.1 TPM (Mantenimiento productivo total) 1.2 Programa de planeación de producción considerando mantenimientos 1.3 Plan de mantenimiento definido en el sistema de la compañía 1.4 Adaptación del plan de mantenimiento a la situación real de la organización 1.5 Simulación de un programa de mantenimiento preventivo
2	No existen métodos formales de selección de proveedores	2.1 SQA (Control de calidad de proveedores) 2.2 Cambios en el proceso para seleccionar proveedores 2.3 Reporte real de la humedad del grano 2.4 EDI (Intercambio electrónico de datos) 2.5 Programa para selección de proveedores
3	Poca planificación de pedidos de grano	3.1 Planificación de la producción utilizando Excel y Gams 3.2 Programa de optimización para el reporte de ventas de grano 3.3 Nueva pestaña en el sistema de la empresa para la planificación de grano 3.4 Planificación en el área logística de acuerdo a la cantidad de granos que ellos poseen en sus registros 3.5 Programa de pronóstico de órdenes de grano
4	Planificación adaptada a la demanda en lugar de una planificación adaptada a la disponibilidad real	4.1 Programa de optimización para la producción usando inteligencia artificial 4.2 Matriz con los datos necesitados para el plan de producción 4.3 Programa de planificación con SAP 4.4 Adición de pestaña de optimización al sistema de la empresa 4.5 Programa de planificación creado por otra compañía
5	Mejorar el rendimiento de lo producido	5.1 Mejora de reportes del proceso de producción 5.2 Establecimiento de parámetros con un diseño factorial 5.3 Estandarización de la línea de producción 5.4 Automatización del colocado de parámetros en la línea de producción 5.5 Implementación de 5S

2.4.2 Priorización de soluciones

Para la priorización de soluciones se tomaron en consideración los criterios mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7.

Criterios para la selección de soluciones a cada causa raíz

Criterio	Calificación		
	3	2	1
Inversión	Menos de \$2000	Entre \$2000 y \$3000	Más de \$3000
Dificultad	Un área involucrada	Dos áreas involucradas	Más de dos áreas involucradas
Tiempo de implementación	Un mes	Entre uno y dos meses	Más de dos meses
Tiempo de entrenamiento	Un mes	Entre uno y dos meses	Más de dos meses

Para seleccionar las mejores soluciones se llevó a cabo una reunión con los clientes internos, quienes calificaron cada una de las soluciones propuestas, de esta forma se obtuvo la información evidenciada en la Tabla 8, Tabla 9 y

Tabla 10.

Tabla 8.*Selección de soluciones (Parte 1)*

Solución propuesta	Criterios				Total
	Inversión	Dificultad	Tiempo de implementación	Tiempo de entrenamiento	
1.1 TPM (Mantenimiento productivo total)	2	2	3	3	10
1.2 Programa de planeación de producción considerando mantenimientos	2	1	2	1	6
1.3 Plan de mantenimiento definido en el sistema de la compañía	1	1	1	1	4
1.4 Adaptación del plan de mantenimiento a la situación real de la organización	1	3	2	3	9
1.5 Simulación de un programa de mantenimiento preventivo	2	2	2	3	9
2.1 SQA (Control de calidad de proveedores)	3	3	2	3	11
2.2 Cambios en el proceso para seleccionar proveedores	3	2	1	2	8
2.3 Reporte real de la humedad del grano	3	3	1	1	8
2.4 EDI (Intercambio electrónico de datos)	1	1	2	2	6
2.5 Programa para selección de proveedores	2	2	2	2	8

Tabla 9.*Selección de soluciones (Parte 2)*

Solución propuesta	Criterios				Total
	Inversión	Dificultad	Tiempo de implementación	Tiempo de entrenamiento	
3.1 Planificación de la producción utilizando Excel y Gams	3	3	2	3	11
3.2 Programa de optimización para el reporte de ventas de grano	2	1	2	2	7
3.3 Nueva pestaña en el sistema de la empresa para la planificación de grano	2	1	2	1	6
3.4 Planificación en el área logística de acuerdo a la cantidad de granos que ellos poseen en sus registros	2	1	2	1	6
3.5 Programa de pronóstico de órdenes de grano	1	2	2	1	6
4.1 Programa de optimización para la producción usando inteligencia artificial	2	3	2	1	8
4.2 Matriz con los datos necesarios para el plan de producción	3	1	2	1	8
4.3 Programa de planificación con SAP	1	1	1	1	4
4.4 Adición de pestaña de optimización al sistema de la empresa	2	1	2	1	6
4.5 Programa de planificación creado por otra compañía	2	1	2	1	6

Tabla 10.*Selección de soluciones (parte 3)*

Solución propuesta	Criterios				Total
	Inversión	Dificultad	Tiempo de implementación	Tiempo de entrenamiento	
5.1 Mejora de reportes del proceso de producción	3	2	3	1	9
5.2 Establecimiento de parámetros con un diseño factorial	1	1	1	2	5
5.3 Estandarización de la línea de producción	1	1	1	1	4
5.4 Automatización del colocado de parámetros en la línea de producción	1	1	1	1	4
5.5 Implementación de 5S	3	2	2	1	8

Durante el análisis, se encontró que algunas de las soluciones eran similares y que además ayudaban a resolver otra causa raíz, así, se seleccionaron tres soluciones (Figura 67).

Figura 67.*Solución por cada causa raíz*

Solución	Causa raíz
Aplicación de TPM (Mantenimiento productivo total)	No se han definido planes de mantenimiento que tomen en cuenta la producción
Implementación de un SQA (Sistema para control de calidad de proveedores)	No existen métodos formales de selección de proveedores
Planificación de la producción utilizando Excel y Gams	1. Poca planificación de pedidos de grano 2. Planificación adaptada a la demanda en lugar de una planificación adaptada a la disponibilidad real 3. Mejorar el rendimiento de lo producido

2.4.3 Herramienta 5W+2H para las soluciones

Una vez seleccionadas las propuestas se utilizó la herramienta 5W+2H de forma que se pudiera identificar qué, por qué, cómo, quién, dónde, cuándo y cuánto de cada solución a implementar, como se observa en la Figura 68.

Figura 68.

Aplicación de la herramienta 5W+2H para las soluciones seleccionadas

5w+2H						
¿Qué?	¿Por qué?	¿Cuánto?	¿Quién?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Qué tanto?
Implementación de TPM	Eliminar las pérdidas de producción causadas por el estado de los equipos	El TPM se realizará de forma progresiva, empezando por la máquina de la fase de molienda y continuando con las demás máquinas hasta completarlas. Inicialmente, se deben reconocer las condiciones iniciales para luego realizar las 5S y aplicar los principios del TPM.	Jefe de producción y jefe de mantenimiento	En Pre-tostadora (Micronizer/Winnover), Tostadora y molienda	A partir del segundo trimestre de 2024	Entre \$2000 y \$5000, incluidos salarios y formación. Esto para la inicialización de la aplicación TPM.
Implementación de SQA	Elegir proveedores cuya calidad de grano sea adecuada para lograr un proceso de producción sin problemas.	Definir indicadores y un sistema de calificación que permita dar al proveedor una puntuación del producto ofrecido	Jefe Comercial	Proveedores de granos con el área comercial	Segunda semana de 2024	Menos de \$2000
Planificación de la producción utilizando Excel y Gams	Para mejorar el porcentaje de cumplimiento de la producción mensual y lograr completar los lotes planificados	Utilizando un modelo tradicional adaptado a la situación de la empresa como programa completo de planificación de la producción.	Jefe de Producción	En Pre-tostadora (Micronizer/Winnover), Tostadora y molienda	Tercera semana de 2024	Costará el valor de algún programa o código de una empresa incluyendo el salario de un programador, es decir \$1950.

Como se observa en la figura anterior, la primera solución “Implementación de TPM” se propuso iniciar a partir del segundo trimestre del año 2024, por tanto, no fue considerada bajo análisis en el presente trabajo.

2.5 Implementar y Controlar

En el punto anterior se seleccionaron las soluciones a implementar, así pues, en este punto se explicará cómo se llevó a cabo el desarrollo de cada solución.

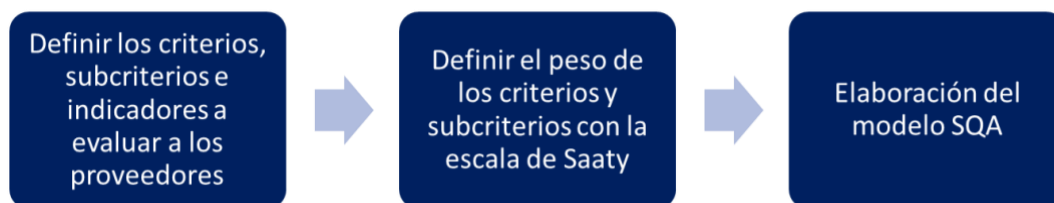
2.5.1 Desarrollo de la solución 1

Implementar un SQA, significa, inicialmente desarrollar un modelo para la evaluación de criterios que toma en consideración una empresa para seleccionar sus proveedores.

Para su desarrollo, se siguieron los pasos presentados en la **Figura 69**:

Figura 69.

Pasos para el desarrollo de un SQA



Los criterios, subcriterios e indicadores a evaluar se propusieron en conjunto con el cliente clave y los clientes internos, mismos que se muestran en la Figura 70.

Figura 70.

Criterios, subcriterios e indicadores para el SQA

Criterio	Subcriterio	Indicadores
Económico	Calidad	La humedad del grano es de 7% El grano tiene máximo un 10% de impurezas El grano alcanza otros requerimientos solicitados El proveedor tiene controles de especificación en el grano El proveedor dispone de medidas correctivas en caso de informe de grano no conforme
	Costos	El proveedor ofrece varios métodos de pago El proveedor cubre los costos logísticos El proveedor ofrece promociones y descuentos
	Servicio y transporte	Plazo de entrega dentro del plazo acordado Entrega completa en función del peso del pedido Existe comunicación entre proveedor y cliente
Ambiental	Sistema de manejo	El proveedor dispone de un procedimiento de gestión de residuos El proveedor tiene el mayor % de gasto e inversión medioambiental entre los
	Eco-eficiencia del proveedor	El proveedor utiliza abonos ecológicos El proveedor tiene un consumo de agua en litros por kg de producto inferior al del año anterior
Social	Ética	El proveedor está legalmente registrado como comerciante El proveedor respeta los derechos humanos
	Entrenamiento del personal	El proveedor es experimentado

Luego, se utilizó la escala de Saaty (Tabla 11) para otorgar un puntaje según las prioridades entre cada criterio y subcriterio. Se realizó una comparación pareada en donde se obtuvo una matriz para los criterios y una matriz para los subcriterios que posteriormente se tuvieron que normalizar (Método AHP).

Tabla 11.

Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal
1	Ambos criterios o elementos son de igual importancia
3	Débil o moderada importancia de uno sobre el otro
5	Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro
7	Importancia demostrada de un criterio sobre otro
9	Importancia absoluta de un criterio sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores
2	Entre igual y moderadamente preferible
4	Entre moderada y fuertemente preferible
6	Entre fuerte y extremadamente preferible
8	Entre muy fuerte y extremadamente preferible

Nota: Tabla tomada de “La utilidad de los métodos de decisión multicriterio en un entorno de competitividad creciente” escrito por Berumen & Llamazares (2007).

A partir de las matrices normalizadas se obtuvo la respectiva ponderación para los criterios y subcriterios mediante el promedio. Esto se puede observar en la Figura 71, para el caso de los criterios.

Figura 71.*Ponderación de criterios*

Comparación pareada para los criterios			
	Económico	Social	Ambiental
Económico	1	5	4
Social	0,2	1	2
Ambiental	0,25	0,5	1
Total	1,45	6,5	7

Matriz normalizada				
	Económico	Social	Ambiental	Peso
Económico	0,68965517	0,76923077	0,57142857	68%
Social	0,13793103	0,15384615	0,28571429	19%
Ambiental	0,17241379	0,07692308	0,14285714	13%

Con el método AHP se obtuvo las ponderaciones mostradas en la Tabla 12.

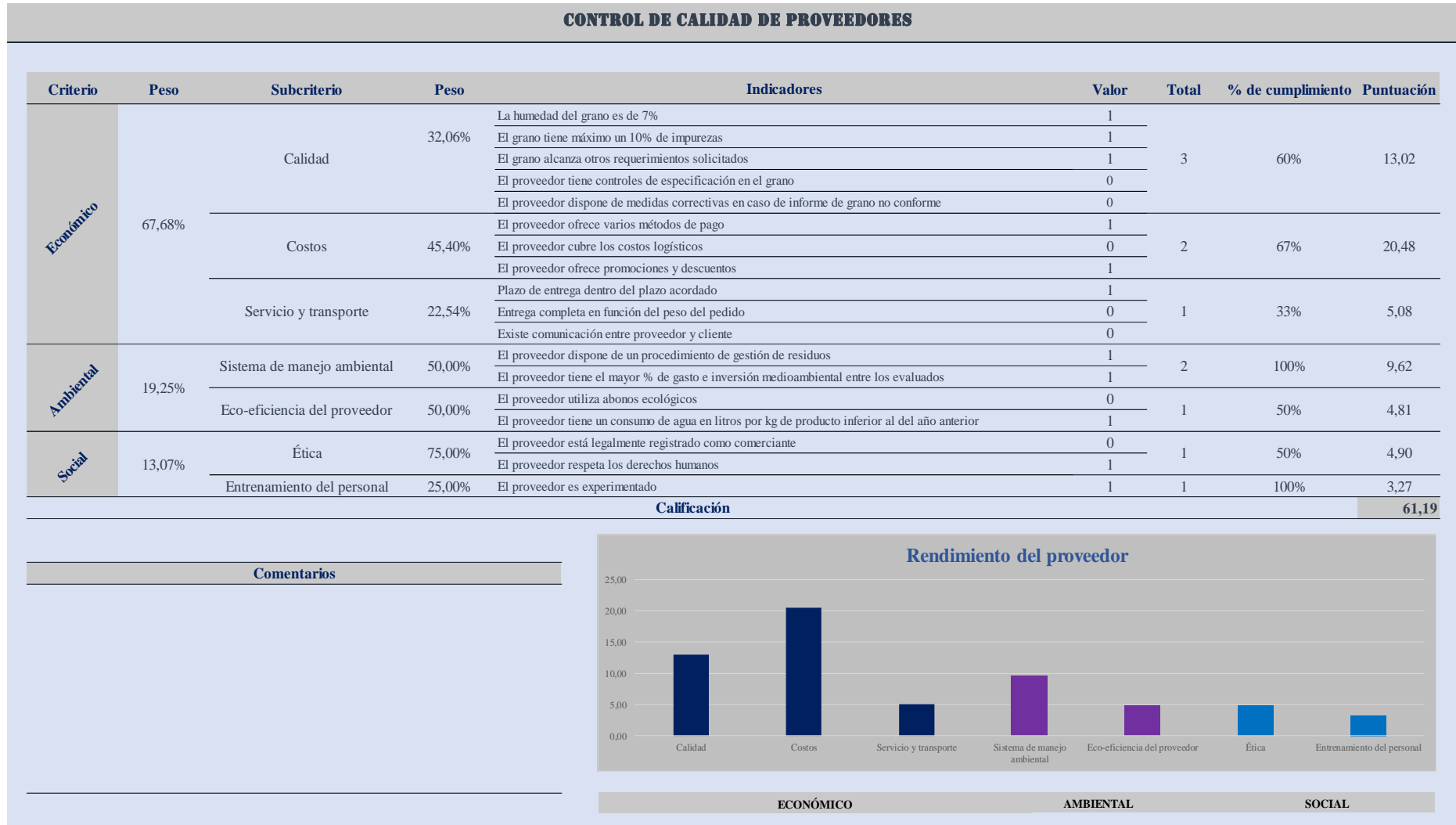
Tabla 12.*Ponderaciones de criterios y subcriterios*

Criterio	Peso	Subcriterio	Peso
Económico	67,68%	Calidad	32,06%
		Costos	45,40%
		Servicio y transporte	22,54%
Social	13,07%	Ética	75,00%
		Entrenamiento del personal	25,00%
Ambiental	19,25%	Sistema de manejo ambiental	50,00%
		Eco-eficiencia del proveedor	50,00%

Finalmente, se construyó el modelo presentado en la Figura 72.

Figura 72.

Modelo de SQA elaborado



2.5.2 Desarrollo de la solución 2

La planificación de la producción utilizando Excel y Gams, básicamente consiste en el planteamiento de un modelo de secuencia (Job Shops) junto a un modelo de asignación de línea de producción adaptado a las necesidades de la empresa, teniendo como objetivo determinar el cumplimiento de los lotes planificados.

Para el modelo se considera lo detallado en la **Tabla 13**:

Tabla 13.

Consideraciones iniciales para el modelo de planificación de la producción

Entradas	Restricciones
Demanda (lotes)	Capacidad
Grupo de lotes	Línea de producción
Tiempo (Preparación, espera, ciclo)	Precedencia
Horizonte de planeación	

Luego, se realizó el modelo manual, especificando sets, parámetros, función objetivo y restricciones; como se muestra en la **Figura 73**, **Figura 74** y **Figura 75**.

Figura 73.

Descomposición del problema parte 1

Descomposición del problema	
Set	Parameters
N número de lotes a producir en la semana (i) M número de líneas de procesamiento {1,2} Conjunto de trabajos (i,k), donde el lote i precede al lote k Línea de procesamiento de la producción k	CT (i,j) Tiempo de producción (días) del lote i Di Demanda del lote i Pr (k) Ritmo de producción de las líneas de transformación
Variables positivas	Variables binarias
B(i,k) Hora de inicio del lote i en la línea de procesamiento k	X(i,k) si el lote i se produce en la línea k Y(i,j,k) si el lote i está programado antes que el lote j en la línea k

Figura 74.*Descomposición de problema parte 2*

Parámetros
Di Demanda del lote i
Variable
X(i,k) 1 si el lote i está asignado a la línea k, 0 en caso contrario
Escalar
Planif Cantidad de lotes en toneladas métricas para completar

Objective Function

$$A = \sum_i^N \sum_k^2 \frac{d(i) * x(i, k)}{planif}$$

A significa el cumplimiento de la planificación de la producción

La función objetivo maximiza la cantidad de demanda del cliente (lote por completar) que puede satisfacer la secuenciación de producción.

Figura 75.*Descomposición del problema parte 3*

Restricciones	Restricciones
<p>Capacidad de producción La tasa de producción de la línea k según el lote elaborado debe ser superior a la tasa de producción de la línea k. Para cada i y cada j.</p> $\sum_i^N \frac{d(i) * x(i, k)}{CT(i, k)} > pr(k) \text{ for every } k$ <p>Restricción del horizonte de planificación Horizonte de planificación de siete días, ya que el cumplimiento se establece semanalmente.</p> $\sum_i^N x(i, k) * CT(i, k) = 1 \text{ for every } k$	<p>Restricción de precedencia Si el lote i debe producirse antes que el lote j, entonces la fecha de inicio de producción del lote i en la línea j debe completarse antes de que la línea empiece a procesar el lote j.</p> $B_{i,k} + CT_{i,k} < B_{j,k} + M * (1 - Y_{i,j,k}) \text{ for every } j > i$ $B_{j,k} + CT_{j,k} < B_{i,k} + M * Y_{i,j,k} \text{ for every } j > i$ <p>Restricción de línea Todos los lotes i a completar deben producirse en una sola línea k.</p> $\sum_k^2 x(i, k) = 1 \text{ for every } i$

Una vez escrito el modelo de forma manual, se transcribió en Gams (Figura 76), sin embargo, para proveer un mejor entendimiento para los involucrados en la utilización del modelo, se realizó un formato de Excel para la presentación de los resultados arrojados, como se observa en la Figura 77.

Figura 76.

Modelo escrito en Gams y resultados luego de su ejecución

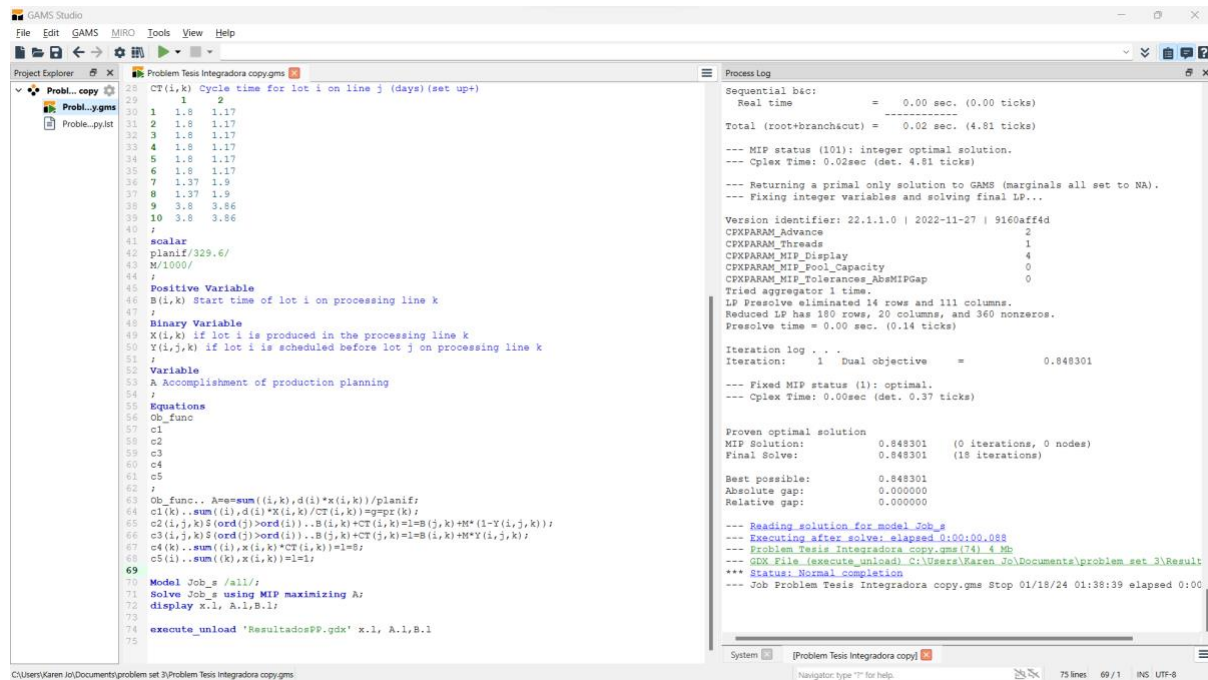


Figura 77.

Formato para la presentación de resultados en Excel

Línea 1											
Total Planificado:											
TH Requerido:											
Fecha de Arranque:											
							Inv Inicial:	32.00 MT			
Sec	Cliente	Producción Requerida (MT)	LOTE	Inicio Producción	Fin Producción	Semana Producción	Inicio Envasado	Fin Envasado	Semana Envasado	Dia.Sem	Tipo de Producto
1	C1	10.00		02/01/2024 07:00	02/01/2024 16:39	1	03/01/2024 15:00	04/01/2024 01:00	1	4	
2	C2	25.00		02/01/2024 16:39	03/01/2024 14:37	1	04/01/2024 01:00	05/01/2024 02:00	1	5	
3	C3	20.00		03/01/2024 14:37	04/01/2024 08:28	1	05/01/2024 02:00	05/01/2024 22:00	1	5	
4	C4	18.00		04/01/2024 08:28	05/01/2024 00:42	1	05/01/2024 22:00	06/01/2024 16:00	1	6	
5	C4	18.00		05/01/2024 00:42	05/01/2024 16:55	1	06/01/2024 16:00	07/01/2024 10:00	1	7	
6	C5	25.00		05/01/2024 16:55	06/01/2024 14:52	1	07/01/2024 10:00	08/01/2024 11:00	2	1	
7											
8											
9											
10											
Línea 2											
Total Planificado:											
TH Requerido:											
Fecha de Arranque:											
Sec	Cliente	Producción Requerida (MT)	LOTE	Inicio Producción	Fin Producción	Semana Producción	Inicio Envasado	Fin Envasado			
1	C6	20.00		02/01/2024 07:00	03/01/2024 00:51	1					
2	C6	50.00		03/01/2024 00:51	04/01/2024 19:19	1					
3	C6	50.00		04/01/2024 19:19	06/01/2024 13:46	1					
4	C7	95.00		06/01/2024 13:46	09/01/2024 21:08	2					
5											
6											
7											
8											

2.5.3 Plan de control

A partir de las soluciones desarrolladas, se elaboró el plan de control para su implementación (Figura 78).

Figura 78.*Plan de control de las soluciones propuestas*

PLAN DE CONTROL				
Proceso: Verificación del uso del SQA en el sistema de la compañía				
Dueño del proceso: Jefe de Producción				Fecha: Enero 2024
¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Cuándo?	Documento
Verificación de los resultados del SQA en la selección de granos para el lote	El Jefe de Producción deberá tener una reunión con el Jefe Comercial y hablar sobre la correcta selección des. Tiene un informe o un correo electrónico de la conclusión de la reunión	Jefe de Producción	Cada día	
Comprobación de la correcta distribución del grano en cada lote	El jefe de producción creará un formato para poner la distribución de los frijoles y revisará que la distribución sea igual a la solicitud de venta	Jefe de Producción	Cada turno	FOR PRO 41 Lista de control de la distribución de granos
Proceso: Verificación del uso del programa de planificación de la producción				
Dueño del proceso: Jefe de Producción				Fecha: Dic 2023
¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Cuándo?	Documento
Informe semanal de las soluciones del programa	El Jefe de Producción utiliza el programa y envía un correo electrónico con los resultados y los beneficios en el rendimiento semanal	Jefe de Producción	Cada semana	-
Capacitación de personal	El Jefe de Producción recibe formación mensual sobre el uso correcto del programa. Además, en esas sesiones se resolverán las dudas sobre el programa	Jefe de Producción	Cada mes	-

Capítulo 3

3.1 Resultados y análisis

La primera solución propuesta fue implementada durante los últimos días del mes de diciembre y durante el mes de enero. Por otra parte, la segunda solución propuesta no fue implementada de forma real, sin embargo, con el propósito de observar cómo afectaría a la variable de respuesta, porcentaje de cumplimiento de la producción planificada, se llevó a cabo la simulación de su implementación.

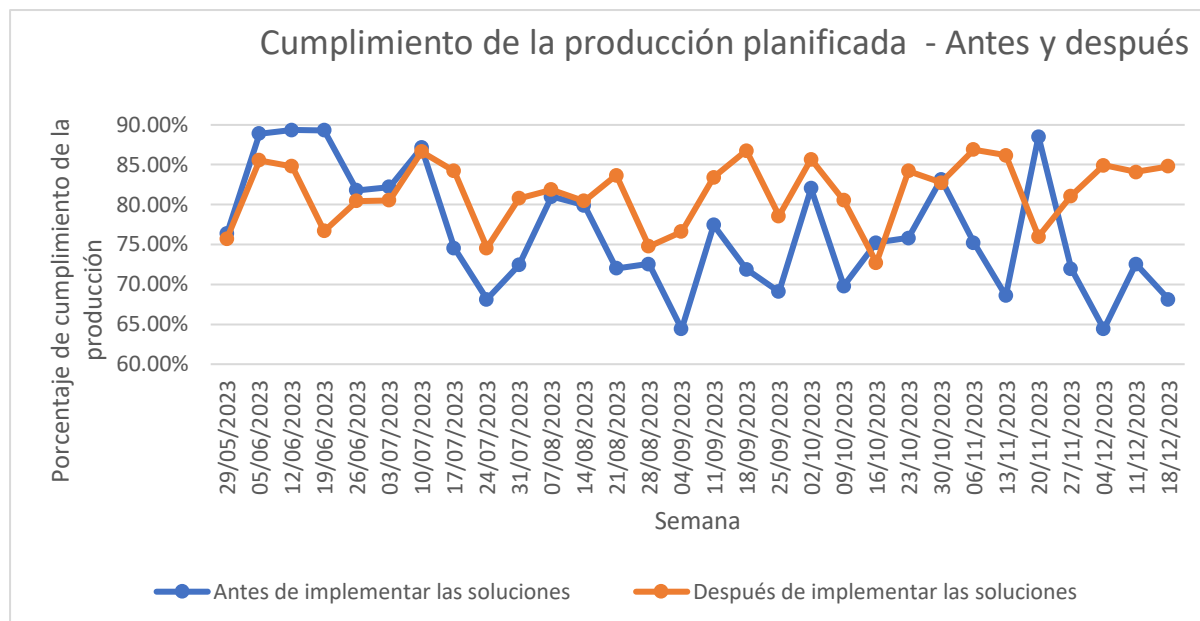
Para implementar el modelo de SQA, inicialmente se anexó el formato creado en Excel al sistema de la organización. Para evaluar los proveedores actuales se descargó la información relacionada a los criterios y subcriterios para calificar el indicador. Si el proveedor cumplía con el indicador la evaluación era de uno y si no cumplía con el indicador la evaluación era de cero. De esta forma se evaluaron los resultados de los proveedores y se seleccionaron los granos mejor calificados para la producción de un lote.

Para la simulación de la implementación del modelo de planificación, se tomaron los datos de algunas semanas del año 2023 y se corrió el modelo. Adicionalmente, con los lotes escogidos del mes de diciembre con el SQA se replanteó la planificación de la producción de ese mes con el modelo de optimización; es decir, se utilizó la misma data del año 2023, a excepción de los últimos días del mes de diciembre, pero con una forma diferente de planificar.

Luego de la implementación y simulación se realizó la comparación del porcentaje del cumplimiento de la producción del año 2023 y la simulada, como se observa en la Figura 79.

Figura 79.

Comparación del cumplimiento de la producción antes y después de aplicar las soluciones



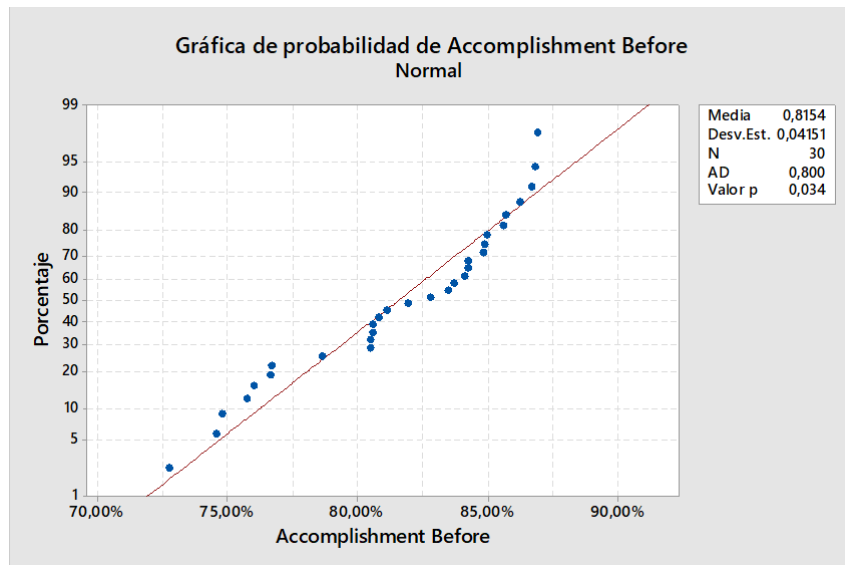
A partir de la Figura 79 se puede observar que existe una mejora en el cumplimiento luego de implementar las soluciones. Específicamente, el porcentaje de cumplimiento de la producción planificada antes era del 76,07% por semana, mientras que luego de implementar las mejoras se presentó un 81,54%. Una diferencia del 5,47%.

Relacionado al porcentaje de cumplimiento, se encuentra la producción en toneladas métricas. Antes, la producción era de 269,02 TM a la semana, después de las mejoras, se logró producir 286,23 TM a la semana.

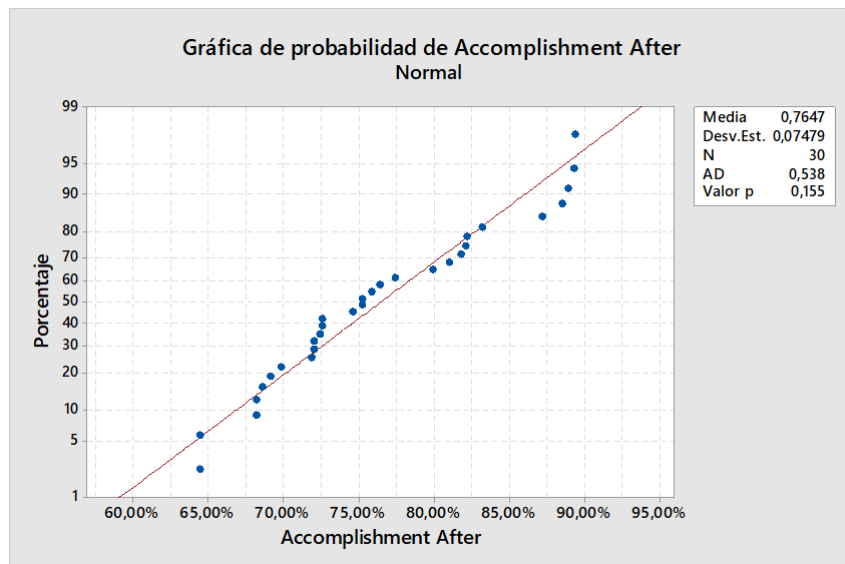
Adicionalmente, se realizó un análisis estadístico para probar que la variable de respuesta mejoró significativamente en comparación con el método inicial. Se comprobó la normalidad para los datos, como se observa en la Figura 80 y Figura 81, en donde se concluyó que el porcentaje de cumplimiento con la nueva forma de planificación no estaba distribuido normalmente.

Figura 80.

Gráfica de probabilidad del cumplimiento de la producción planificada antes de la implementación de las soluciones

**Figura 81.**

Gráfica de probabilidad del cumplimiento de la producción planificada después de la implementación de las soluciones



Luego del test de normalidad, se probó la correlación de las muestras, teniendo como hipótesis nula que el coeficiente de correlación no es significativamente diferente de 0 (No hay relación lineal) y como hipótesis alterna que el coeficiente de correlación es significativamente diferente de 0 (Hay relación lineal).

Figura 82.*Prueba del coeficiente de correlación de Pearson***Correlación: Cumplimiento después; Cumplimiento antes**
Correlaciones

Correlación de Pearson	0,072
Valor p	0,707

En la Figura 82, se observa un valor p de 0.707, es decir que no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las muestras son independientes. De esta forma se confirman las suposiciones para realizar la prueba de Mann-Whitney, observada en la Figura 83, en donde con un valor p menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la mediana del porcentaje de cumplimiento de la producción antes y después de la implementación de las soluciones tiene un comportamiento diferente. Esto significa que la implementación de las soluciones afecta significativamente a la variable de respuesta.

Figura 83.*Prueba de Mann-Whitney***Mann-Whitney: Cumplimiento antes; Cumplimiento después****Método**

η_1 : mediana de Accomplishment Before
 η_2 : mediana de Accomplishment After
 Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
Accomplishment Before	30	0,75220
Accomplishment After	30	0,82325

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-0,0560500	(-0,0909000; -0,0216000)	95,16%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	719,50	0,004
Ajustado para empates	719,50	0,004

3.2 Análisis de los tres pilares de sostenibilidad

3.2.1 Pilar Social

En el capítulo uno se definió la variable X1, satisfacción anual laboral; debido a que no se llevó a cabo una implementación real de la segunda solución, se realizó una encuesta a los trabajadores del área de producción en donde se pudo evaluar si estaban a gusto con los cambios propuestos. La encuesta (Apéndice A) presentó la siguiente estructura:

Preguntas para SQA

Primero se evaluó que había un problema:

1. ¿Usualmente llegan granos de mala calidad desde el área de patio?
2. ¿Considera que el grano actualmente utilizado es de buena calidad?
3. ¿Considera que existen retrasos en la producción por el grano de mala calidad?
4. ¿Ha tenido que hacer horas extras para cumplir la producción?
5. ¿Considera que debería evaluarse los proveedores de grano?

A continuación, se presentó la imagen del SQA.

6. Si se emplea este sistema para evaluar a los proveedores y determinar qué tan buena es la calidad del grano, ¿cree que sería de utilidad para evitar que llegue grano de mala calidad y retrase la producción?

Preguntas para planificación de la producción

1. ¿Considera que existen retrasos en la producción por la mala planificación?

2. ¿Considera que se debería implementar un sistema para mejorar la planificación de la producción? Es decir, con este sistema usted no enfrentaría situaciones en donde necesite realizar horas extras o sobre esfuerzos para cumplir con la producción que se le solicita

Pregunta final

¿Considera que al aplicarse las soluciones antes explicadas se sentiría más a gusto con su trabajo?

La pregunta que permitió conocer el nivel de satisfacción fue la pregunta final, las primeras preguntas sirvieron para dar a conocer a los operadores las soluciones propuestas. Cabe recalcar que en la encuesta se explicaron ciertos términos que podrían desconocer como SQA y planificación de la producción.

A partir de la encuesta se obtuvo que el 93% de trabajadores estaban de acuerdo con las soluciones planteadas, para obtener este porcentaje se tomó en cuenta los resultados de las opciones “Totalmente de acuerdo” y “De acuerdo” de la última pregunta, con esto se pudo tener una base de cómo podría ser el porcentaje de satisfacción laboral dentro de un año luego de la aplicación de las soluciones.

Adicionalmente, cuando se realiza una mala planificación o el grano no cumple los requisitos, los operadores deben esforzarse más de lo exigido y deben tratar de hacer la producción lo más rápida posible; cuando la planificación de la producción y la materia prima (el grano) mejoran, todo el trabajo se debería realizar de forma más continua, evitando tiempos de set up por cambios de lotes o paradas en las máquinas por grano de baja calidad, consecuentemente, se observará un aumento de la satisfacción laboral al evitar sobre esfuerzos, horas extras y estrés.

3.2.2 Pilar Económico

La variable X2, valor por no completar lotes designados a producir en el mes, se evaluó tomando en cuenta la producción que se tuvo luego de la simulación de las soluciones multiplicando por el valor del precio del cacao en la bolsa de Nueva York, así, se obtuvo que se perdió \$ 1.010.983,16 por no completar lotes en el mes. Expresado a manera de ingresos, se obtuvo un ingreso mensual adicional de \$1.862.337,4 por completar un mayor porcentaje de lotes planificados para producción.

3.2.3 Pilar ambiental

En el pilar ambiental se definió la variable X3, cantidad de material de empaque dañado en el mes, esto también se calculó a partir de la simulación realizada. Al conocer mejor los lotes a planificar y su orden de producción, se logra hacer requerimientos de materiales más exactos, así, se previene que el material quede almacenado por mucho tiempo y se dañe. Para obtener el valor se utilizó la cantidad de lotes no producidos y se lo tradujo a unidades de material de empaque para licor de cacao y kibbled. De esta forma se obtuvo que para el licor de cacao hubo 6216 fundas y cajas dañadas en el mes y que para el kibbled hubo 4144 fundas y cajas dañadas en el mes.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones

1. Al comparar el porcentaje de cumplimiento mensual de la producción planificada que se encontró inicialmente (76,07% al mes) con el porcentaje luego de simular la implementación de la solución 2 y la implementación de la solución 1 (81.54%), se encontró que el porcentaje mensual del cumplimiento de la producción aumentó un 7,16%. Analizado desde el punto de vista de toneladas métricas producidas, se concluyó que la producción semanal promedio de licor de cacao aumentó un 71,52%.
2. Al comparar los ingresos mensuales antes y después de la implementación de las soluciones se encontró que el ingreso mensual incrementó un 71,52%.
3. Al comparar la cantidad de material de empaque dañado por mes, antes y después de la implementación de la solución, se encontró que el material de empaque dañado por mes se redujo un 56,59% para el licor de cacao y el kibbled.
4. Al comparar la satisfacción laboral del año 2022, con la satisfacción obtenida en la encuesta sobre la implementación de las soluciones, se observó el aumento de la satisfacción laboral en los trabajadores del área de producción en un 45%.

4.2 Recomendaciones

1. Llevar a cabo la implementación real del modelo de optimización para tener un resultado más preciso del porcentaje de cumplimiento de la producción. Es importante mencionar que estos valores son de la línea 3 y 5 para el licor de cacao con finura de 99, así pues, se recomienda realizar un análisis con respecto a la producción general de licor de cacao, es decir que se debería analizar la producción para todas las líneas y todos los tipos de finura.
2. Realizar un análisis del ingreso mensual con el valor del licor de cacao del año 2024 ya que por motivos de análisis de antes y después, para este proyecto se utilizó el precio del año 2023.
3. Realizar un conteo mensual de los empaques dañados por cada producto y llevar un registro para evitar que vuelva a incrementar esta variable.
4. Incluir en la encuesta de satisfacción laboral a personas de áreas relacionadas a la producción y que intervengan en la planificación de la producción, como área logística y comercial, de forma que se pueda conocer lo que opinan sobre la implementación de las soluciones propuestas.

Referencias

- Aguirre Maxi , J. C. (2015). *Diseño de un modelo de Costos alternativo para la determinación de la tarifa de taxi modalidad convencional en la ciudad de Cuenca para el año 2014*. Cuenca.
- Berumen, S., & Llamazares, F. (2007). *La utilidad de Los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente*. Bogotá.
- Cadby, J., & Araki, T. (2022). The recent rise of craft chocolate in Japan: A 2019 snapshot. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100273>
- Chen, K.-S., Guo-Ping, Y., Chun-Min, Y., & Chun-Hung, Y. (2023). Construct the optimum process model for transistor gaskets with six-sigma DMAIC. *Applied Sciences*, 13(12). doi:10.3390/app13126895
- Felizzola, H., & Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Revista chilena de ingeniería*, 22(2).
- Harsimran, S., Doordarshi, S., & Bikram, J. (2020). A conceptual examination of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma models for managing waste in manufacturing SMEs. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 17(1), 20-32. doi:10.1108/WJSTSD-10-2019-0073
- IESS. (2022). *Salario Mínimo Sectorial Aplicable en el Año 2022*. Obtenido de https://www.iess.gob.ec/documents/10162/18510373/SALARIOS_SECTORIALES_2022.pdf
- INEC. (diciembre de 2022). *ecuadorencifras*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Inflacion/2022/Noviembre-2022/Bolet%C3%ADn_t%C3%A9cnico_11-2022-IPC.pdf
- Kumar, P., Singh, D., & Bhamu, J. (2021). Development and validation of DMAIC based framework for process improvement: A case study of indian manufacturing organization. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 38(9), 1964-1991. doi:10.1108/IJQRM-10-2020-0332
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (25 de enero de 2020). *obraspublicas*. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/ant-implementa-sistema-integral-transporte-seguro/>
- Mitsubishi. (17 de junio de 2021). *mitsubishi-motors*. Obtenido de <https://mitsubishi-motors.com.co/blog/kit-de-seguridad-y-herramientas-auto/>


- NASDAQ OMX's. (24 de May de 2023). Cocoa Liquor Market is to reach USD 31.53 Million by 2029 at a growth rate of 5.62 percent over the forecast period: Cocoa Liquor Market is segmented based on By Type, Form, and Application. he bottom-up approach was used to estimate the Cocoa Liquor Mark. Obtenido de <https://www.proquest.com/wire-feeds/cocoa-liquor-market-is-reach-usd-31-53-million/docview/2817961116/se-2>
- Órgano de la República del Ecuador. (19 de mayo de 2022, 19 de mayo). *Acuerdo Ministerial No. 019 - 2021*. Registro Oficial N°66. Obtenido de Zona Legal: <https://www.zonalegal.net/uploads/documento/RO66.pdf>
- Rardin, R. (2013). *Optimization in operations research* (Segunda ed.). USA.
- Sarache, W., Castrillón, O., & Ortíz, L. (2019). Supplier selection: an approach to the state of the art. *Javeriana Scientific Journal*, 22(38), 145-167.
- Solovida, G., & Latan, H. (2021). Achieving triple bottom line performance: highlighting the role of social capabilities and environmental management accounting. *Management of Environmental Quality*, 32(3). doi:10.1108/MEQ-09-2020-0202


Apéndice

Apéndice A

Encuesta para encontrar el nivel de satisfacción luego de implementación de las soluciones

Propuestas para la mejora del porcentaje del cumplimiento de la producción

angiequimi967@gmail.com [Cambiar cuenta](#) 

 No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Preguntas sobre el sistema de evaluación de proveedores
Nota. Un sistema de evaluación de proveedores permitirá escoger aquellos proveedores que tengan el grano de mejor calidad, es decir, como menor cantidad de impurezas, nivel de humedad adecuado, entre otros aspectos.

1. ¿Usualmente llegan granos de mala calidad desde el área de patio? *

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Neutral

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

2. ¿Considera que el grano actualmente utilizado es de buena calidad? *

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Neutral

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

3. ¿Considera que existen retrasos en la producción por el grano de mala calidad? *

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Neutral

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

4. ¿Ha tenido que hacer horas extras para cumplir la producción? *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

5. ¿Considera que debería evaluarse los proveedores de grano? *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

A continuación, se presenta la imagen de un sistema de calificación de proveedores (SQA), en donde se evalúan características que permitirán evaluar la calidad del grano



6. Si se emplea este sistema para evaluar a los proveedores y determinar que tan buena es la calidad del grano, ¿cree que sería de utilidad para evitar que llegue grano de mala calidad y retrase la producción? *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

Preguntas para planificación de la producción

1. ¿Considera que existen retrasos en la producción por la mala planificación? *

Nota. Una mala planificación puede considerarla como las ocasiones en las que necesita que la máquina produzca más rápido de lo normal y cuando realiza sobre esfuerzos y horas extra

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

2. ¿Considera que se debería implementar un sistema para mejorar la planificación de la producción? Es decir, con este sistema usted no enfrentaría situaciones en donde necesite realizar horas extras o sobre esfuerzos para cumplir con la producción que se le solicita *

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

Análisis de satisfacción de las soluciones

¿Considera que al aplicarse las soluciones antes explicadas se sentiría más a gusto con su trabajo? *


- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

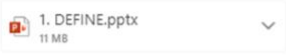
Enviar

Borrar formulario

Apéndice B

Correo de aprobación del jefe de producción de la empresa de la primera presentación del proyecto

 Karen Johanna Cisneros Aguirre
Para: Cipriano Martinez <cipriano.martinez@ecuakao.com>; Cipriano Martinez Palacio
CC: Genesis Laura Quimi Perez; Marcos Nicolajeeff Buestan Benavides
Dom 22/10/2023 22:44




Estimado Mgtr. Cipriano Martínez,
Adjunto presentación 1 que contiene lo siguiente:


- Necesidades identificadas
- Declaración de problema y objetivos del proyecto
- Mapa del proceso
- Plan detallado de recolección de datos

Agradeciendo de antemano sus observaciones y/o visto bueno.

Un cordial saludo,

Karen Cisneros
Génesis Quimi

 CM Cipriano Martinez <cipriano.martinez@ecuakao.com>
Para: Karen Johanna Cisneros Aguirre
CC: Genesis Laura Quimi Perez; Marcos Nicolajeeff Buestan Benavides; Cipriano Martinez Palacio





Estimada Karen,

Adjunto mis comentarios dentro del archivo de power point.

Quedo atento a cualquier duda.

Saludos.

 Genesis Laura Quimi Perez
Para: Cipriano Martinez <cipriano.martinez@ecuakao.com>; Karen Johanna Cisneros Aguirre
CC: Marcos Nicolajeeff Buestan Benavides; Cipriano Martinez Palacio




Estimado Cipriano,

Adjunto diapositivas del primer avance de Materia Integradora de acuerdo a sus comentarios y con las observaciones del tutor. Esperamos pueda revisarlo y aprobarlo.

Muchas gracias por su atención,

Génesis Quimi

Saludos.

 CP Cipriano Martinez Palacio <cipriano-martinez@hotmail.com>
Para: Genesis Laura Quimi Perez; Cipriano Martinez <cipriano.martinez@ecuakao.com>; Karen Johanna Cisneros Aguirre
CC: Marcos Nicolajeeff Buestan Benavides

Estimada Génesis,

De mi parte no existen más observaciones ni comentarios.

Saludos.

Cipriano Martinez P.

Apéndice C

Carta de aprobación de la segunda presentación del proyecto por parte del jefe de producción de la empresa

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, vía Perimetral
Guayaquil, Ecuador

23 de noviembre del 2023

Asunto: Carta de Aprobación de Segundo Avance de Materia Integradora

Estimado Mgtr. Cipriano Martínez,

Por medio de la presente, le informamos que se ha elaborado la presentación del segundo avance del proyecto de Materia Integradora llevado a cabo en la empresa en la que labora.

A continuación, se detallan los puntos para revisión y aprobación:

- Datos recolectados.
- Análisis de confiabilidad de datos.
- Análisis de capacidad y problema enfocado.
- Análisis de causas aplicando herramientas cualitativas y cuantitativas (para verificación).
- Identificación de causas raíz junto con las partes involucradas.

Quedamos a su disposición para cualquier aclaración y agradecemos la atención prestada.

Atentamente,



Karen Cisneros
Líder de Proyecto 1
0950302281



Génesis Quimi
Líder de Proyecto 2
0930502919



Cipriano Martínez
Patrocinador Empresa
0924755739

Apéndice D

Carta de aprobación de la segunda presentación del proyecto por parte del jefe de producción de la empresa

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, vía Perimetral

Guayaquil, Ecuador

19 de diciembre del 2023

Asunto: Carta de Aprobación de Tercer Avance de Materia Integradora

Estimado Mgtr. Cipriano Martínez,

Por medio de la presente, le informamos que se ha elaborado la presentación del tercer avance del proyecto de Materia Integradora llevado a cabo en la empresa en la que labora.

A continuación, se detallan los puntos para revisión y aprobación:

-Soluciones detalladas y modeladas, priorizadas con las partes interesadas

- Dentro de las soluciones planteadas se detallan las siguientes:
 - Implementación de un SQA para proveedores.
 - Implementación de un modelo y un heurístico para planificar la producción.

- Plan detallado de implementación de las soluciones

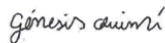
Atentamente,



Karen Cisneros

Líder de Proyecto 1

0950302281



Génesis Quimi

Líder de Proyecto 2

0930502919



Cipriano Martínez

Patrocinador Empresa

0924755739

Apéndice E

Carta de aprobación de la segunda presentación del proyecto por parte del jefe de producción de la empresa

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, vía Perimetral
Guayaquil, Ecuador

24 de enero del 2024

Asunto: Carta de Aprobación de cuarto avance de Materia Integradora

Estimado Mgtr. Cipriano Martínez,

Por medio de la presente, le informamos que se ha elaborado la presentación del cuarto avance del proyecto de Materia Integradora llevado a cabo en la empresa en la que labora.

A continuación, se detallan los puntos para revisión y aprobación:

- Implementación de soluciones: Implementación del SQA y simulación de implementación del modelo de optimización para planificación de la producción.
- Resultados de la implementación de las soluciones: Detalle del antes y después del porcentaje de cumplimiento de la producción planificada y análisis de resultados de los indicadores de sostenibilidad.
- Plan de control de soluciones: Plan de control detallando actividades a realizarse para evitar que se vuelva a repetir el problema inicial.

Atentamente,



Karen Cisneros
Líder de Proyecto 1
0950302281



Génesis Quimí
Líder de Proyecto 2
0930502919



Cipriano Martínez
Patrocinador Empresa
0924755739



Apéndice F

Análisis Financiero de las soluciones

FLUJO DE CAJA													
MESES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. INGRESOS OPERATIVOS	\$ -	\$ 650,00	\$ 840,00	\$ 1.200,00	\$ 1.857,00	\$ 1.960,00	\$ 2.045,00	\$ 2.156,00	\$ 2.334,00	\$ 2.509,00	\$ 2.900,00	\$ 3.211,00	\$ 3.560,00
INGRESOS	\$ -	\$ 650,00	\$ 840,00	\$ 1.200,00	\$ 1.857,00	\$ 1.960,00	\$ 2.045,00	\$ 2.156,00	\$ 2.334,00	\$ 2.509,00	\$ 2.900,00	\$ 3.211,00	\$ 3.560,00
B. EGRESOS OPERACIONALES	\$ -	\$ 2.050,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00	\$ 1.450,00
SUELDO DE PERSONAL		\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00	\$ 950,00
COSTOS OPERATIVOS		\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00
LICENCIA		\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 400,00
PROGRAMA		\$ 600,00											
C. FLUJO OPERACIONAL	\$ -	\$ -1.400,00	\$ -610,00	\$ -250,00	\$ 407,00	\$ 510,00	\$ 595,00	\$ 706,00	\$ 884,00	\$ 1.059,00	\$ 1.450,00	\$ 1.761,00	\$ 2.110,00
D. INGRESOS NO OPERACIONALES	\$ 4.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CRÉDITO DEL BANCO	\$ 4.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
E. EGRESOS NO OPERACIONALES	\$ 2.450,00	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 411,66	\$ 117,29
INVERSIÓN PREVIA	\$ 2.450,00												
AMORTIZACIÓN		\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 385,00	\$ 90,63
DEPRECIACIÓN		\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66	\$ 26,66
F. FLUJO NO OPERACIONAL	\$ 1.550,00	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -411,66	\$ -117,29
G. FLUJO NETO GENERADO	\$ 1.550,00	\$ -1.811,66	\$ -1.021,66	\$ -661,66	\$ -4,66	\$ 98,34	\$ 183,34	\$ 294,34	\$ 472,34	\$ 647,34	\$ 1.038,34	\$ 1.349,34	\$ 1.992,71
H. SALDO INICIAL DE CAJA		\$ 1.550,00	\$ -1.811,66	\$ -1.021,66	\$ -661,66	\$ -4,66	\$ 98,34	\$ 183,34	\$ 294,34	\$ 472,34	\$ 647,34	\$ 1.038,34	\$ 1.349,34
I. SALDO FINAL DE CAJA	\$ 1.550,00	\$ -261,66	\$ -2.833,31	\$ -1.683,31	\$ -666,31	\$ 93,69	\$ 281,69	\$ 477,69	\$ 766,69	\$ 1.119,69	\$ 1.685,69	\$ 2.387,69	\$ 3.342,06

Tasa Banco	15,60%
VAN	\$5.100,44
TIR %	16,38%

AMORTIZACIÓN

Datos	
Abonos	0
C.I	0
Crédito	4000
Tasa de interés	15,60%
Meses	12
Cuota	\$385,00
j	16,77%
r6	15,60%

Meses	Cuota mensual	Capital	Intereses	Saldo insoluto
0				\$ 4.000,00
1	\$385,00	\$332,99	\$52,01	\$3.667,01
2	\$385,00	\$337,32	\$47,68	\$3.329,70
3	\$385,00	\$341,70	\$43,30	\$2.988,00
4	\$385,00	\$346,15	\$38,85	\$2.641,85
5	\$385,00	\$350,65	\$34,35	\$2.291,20
6	\$385,00	\$355,21	\$29,79	\$1.936,00
7	\$385,00	\$359,83	\$25,17	\$1.576,17
8	\$385,00	\$364,50	\$20,50	\$1.211,67
9	\$385,00	\$369,24	\$15,76	\$842,42
10	\$385,00	\$374,05	\$10,95	\$468,38
11	\$385,00	\$378,91	\$6,09	\$89,47
12	\$90,63	\$89,47	\$1,16	\$0,00