

MEJORAMIENTO Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS
EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BANDEJAS PARA HUEVOS DE
INDUSTRIAS FALCÓN S.A.S

JUAN CARLOS ORTEGA VALENCIA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2012

MEJORAMIENTO Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS
EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BANDEJAS PARA HUEVOS DE
INDUSTRIAS FALCÓN S.A.S

JUAN CARLOS ORTEGA VALENCIA

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Industrial

Director

FABIO ANDRÉS GONZALEZ RUGELES
Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2012

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo General	21
1.2.2 Objetivos específicos	21
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	22
1.3.1 Actividad económica y tamaño	22
1.3.2 Misión.....	23
1.3.3 Mega (Visión).....	24
1.3.4 Mapa de Procesos	24
1.3.5 Estructura Organizacional.....	25
1.3.6 Portafolio de Productos y servicios	26
2. MARCO TEÓRICO	27
2.1 LA ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO	27
2.1.1 Análisis de los métodos de trabajo.	28
2.1.2 Estudio de tiempos	29
2.2 GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	30
2.2.1 <i>Costos del inventario</i>	31
2.2.2 Sistema de inventario	32
2.3 DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS	32
2.3.1 Planificación de la experimentación	32
2.3.2 Objetivos del diseño de experimentos	33
2.3.3 El método tradicional de experimentación	34
2.3.4 Experimentación multifactorial	35
2.4 GESTIÓN DE LA PARADA DE PLANTA.....	38
3. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL PROCESO.....	40

3.1 MATERIA PRIMA Y SUMINISTROS	41
3.1.1 Observaciones y opciones de mejora	43
3.2 MANO DE OBRA.....	44
3.3 MOLIENDA DE PAPEL Y CARTÓN	46
3.3.1 Observaciones y opciones de mejora	49
3.4 PREPARACIÓN DE LA PULPA.....	49
3.4.1 Observaciones y opciones de mejora	51
3.5 PROCESO DE MOLDEADO.....	51
3.5.1 Observaciones y opciones de mejora	52
3.6 PROCESO DE SECADO	53
3.7 PROCESO DE EMPAQUE	54
4. ESTABLECIMIENTO DE ESTÁNDARES DE TIEMPO	56
4.1 PROCESO MOLIENDA DEL PAPEL Y CARTÓN	57
4.2 PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA PULPA.....	60
4.3 PROCESO DE MOLDEADO Y SECADO	62
5. EXPERIMENTACIÓN Y BÚSQUEDA DE ÓPTIMOS	65
5.1 DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	65
5.2 TOMA Y VALIDACIÓN DE DATOS	67
5.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	72
5.4 CONCLUSIONES DE LA EXPERIMENTACIÓN	83
6. SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	85
6.1 DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	85
6.1.1 Observaciones y opciones de mejora	89
6.2 DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PROPUESTO	89
6.2.1 Redistribución Zona de almacenaje y planteamiento del modelo de pedidos de papel y cartón.	91
6.2.2 Consideraciones para el sistema de pedidos.....	92
6.3 INDUSTRIAS FALCON NO RECIBE DESCUENTOS POR POLÍTICAS DE VOLÚMENES POR PARTE DE ESTE TIPO DE PROVEEDORES.....	93

Objetivos del sistema de pedidos	93
6.3.2 Sistema de pedido de Papel y cartón.	94
6.3.3 Puesta en marcha:.....	95
6.3.2 Control de cascarilla y carbón.....	96
7. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	98
7.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.....	98
7.1.1 Oportunidades de mejora Observadas	100
7.2 SEGUIMIENTO ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DE CONTROL	102
7.3 DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PROPUESTO	106
7.3.1 Variables de medición.....	106
7.3.2 Sistema de control propuesto	108
8. GESTION DE PARADAS PROGRAMADAS.....	110
8.1 DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA.....	110
8.1.1 Observaciones y oportunidades de mejora.....	111
8.2 DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DEL CRONOGRAMA DE PARADAS PROGRAMADAS PROPUESTO	111
8.2.1 Diseño de formatos.....	111
8.2.2 Seguimiento, registro y análisis de datos.....	112
8.2.3 Implementación.....	117
9. OPORTUNIDADES DE MEJORA ENCONTRADAS, MEJORAS IMPLEMENTADAS Y EVALUACIÓN DE LAS MISMAS.....	119
9.1 MEJORAS PROPUESTAS E IMPLEMENTADAS EN LOS PROCESOS DE PREPARACIÓN DE PULPA.....	119
9.1.1 Eliminación del cargo de reciclador de planta:.....	119
9.1.2 Procedimiento de preparación de baches revisado:	119
9.1.3 Procedimiento de molienda revisado:	120
9.1.4 Capacitación e implementación	121
9.2 EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS CANTIDADES PROPUESTAS DESPUÉS DE EXPERIMENTACIÓN.....	121

9.2.1 Velocidades de planta:.....	121
9.2.2 Cantidades de químicos:.....	122
9.2.3 Disminución del peso de la bandeja:	124
9.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PROPUESTO .	125
9.4 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PROPUESTO	128
9.5 EVALUACIÓN DEL CRONOGRAMA DE PARADAS PROGRAMADAS PROPUESTO	131
CONCLUSIONES	132
RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFÍA.....	136
ANEXOS	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de procesos	24
Figura 2. Estructura Organizacional Industrias Falcon SAS	25
Figura 3. Diagrama general del proceso	40
Figura 4. Bodega de almacenamiento papel y Cartón	43
Figura 5. <i>Procedimiento de pesado</i>	47
Figura 6. <i>Pulper Principal</i>	47
Figura 7. Alimentación del pulper principal	48
Figura 8. Tanque de almacenamiento de pulpa	48
Figura 9. Tanque de mezclado	50
Figura 10. Sección de Moldeado	52
Figura 11. Rotor y unidad de transferencia mecánica	53
Figura 12. Sección de secado	54
Figura 13. Empaque de bandejas	55
Figura 14. Estibado y almacenado de bandejas	55
Figura 15. Diagrama de actividades simultaneas de operadores de planta	64
Figura 16. Residuales de “Porcentaje de absorción de agua” línea 2	68
Figura 17. Residuales de “Porcentaje de absorción de agua” línea 3	69
Figura 18. Residuales de “Porcentaje de absorción de agua” línea 4	70
Figura 19. Residuales de “Flexión lateral” experimento 4	71
Figura 20. Medias del Porcentaje de absorción de agua después de inmersión línea 2	73
Figura 21. Diagrama de Cajas y Bigotes porcentaje de absorción de agua después de inmersión línea 2	73
Figura 22. <i>Medias de Porcentaje de absorción después de inmersión línea 3</i>	76
Figura 23. <i>Diagrama de cajas y bigotes Porcentaje de absorción de agua después de inmersión línea 3 discriminado</i>	76
Figura 24. Medias de Porcentaje de absorción después de inmersión línea 4	79

Figura 25. Diagrama de Cajas y Bigotes Porcentaje de absorción de agua después de inmersión línea 4 discriminado	79
Figura 26. Medias de índice de flexión experimento 4 por niveles	82
Figura 27. Cajas y Bigotes índice de flexión experimento 4 por niveles	82
Figura 28. Pareto del costo del inventario promedio	90
Figura 29. Fotos de demarcado de zonas de almacenamiento	96
Figura 30. Diagrama de barras de Peso seco por bandeja y por línea de producción	103
Figura 31. diagrama de barras del Porcentaje de humedad absorbido por bandeja y por línea	105
Figura 32. Análisis de Pareto para causas de mantenimiento planta de bandejas	113
Figura 33. <i>Resumen de tiempos de mantenimiento y producción perdida de Julio a Diciembre</i>	115
Figura 34. Distribución de tiempos de mantenimiento por sección	116
Figura 35. <i>Control de peso seco promedio Febrero línea 2</i>	125
Figura 36. <i>Control de peso seco promedio Febrero línea 3</i>	126
Figura 37. <i>Control de peso seco promedio Febrero línea 4</i>	126
Figura 38. Control de porcentaje de absorción después de inmersión promedio a las 48 horas Febrero línea 2	127
Figura 39. Control de porcentaje de absorción después de inmersión promedio a las 48 horas Febrero línea 3	128
Figura 40. Control de porcentaje de absorción después de inmersión promedio a las 48 horas Febrero línea 4	128
Figura 41. Cantidad de inventario almacenado en final de mes de papel y cartón en Kilogramos	129
Figura 42. Resultados redistribución de zonas de almacenaje	130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Número de Empleados por Área y Género	23
Tabla 2. <i>Líneas de Producción</i>	26
Tabla 3. <i>Personal necesario en turno operativo</i>	45
Tabla 4. Numero de muestras por proceso	57
Tabla 5. Actividades simultáneas Hombre- maquina	58
Tabla 6. Tiempos estándar del proceso	60
Tabla 7. Referencia de colores para actividades	63
Tabla 8. Variables de interés para experimentación	65
Tabla 9. Estadísticos descriptivos del Porcentaje de absorción de agua de inmersión Línea 2	72
Tabla 10. ANOVA de un Factor Porcentaje de Absorción línea 2	74
Tabla 11. Estadísticos descriptivos del Porcentaje de absorción de agua de inmersión Línea 3	75
Tabla 12. ANOVA de dos factores con tres niveles cada factor	77
Tabla 13. Estadísticos descriptivos del Porcentaje de absorción de agua de inmersión Línea 4	78
Tabla 14. ANOVA de dos factores con tres niveles cada factor	80
Tabla 15. Estadísticos descriptivos del índice flexión lateral Experimento 4	81
Tabla 16. ANOVA de dos factores con tres niveles cada factor experimento 4	83
Tabla 17. Consumo promedio de materias primas 2011	88
Tabla 18. Pedido semanal ideal por proveedor	94
Tabla 19. Densidades y cálculo de peso de insumos en tolva de alimentación	96
Tabla 20. Intervalos de confianza peso seco	102
Tabla 21. Intervalos de confianza para porcentaje de absorción de agua	105
Tabla 22. Indicador “tiempo de mantenimiento mensual”	114
Tabla 23. Producción diaria	122

Tabla 24. consumo de Basoplast mensual de Enero de 2011 a Febrero de 2012	123
Tabla 25. consumo de Basoplast mensual de Enero de 2011 a Febrero de 2012	124
Tabla 26. Intervalos de confianza mes de Febrero Peso Seco	127
Tabla 27. Inventario almacenado en final de mes de papel y cartón	129
Tabla 28 Tiempos de mantenimiento correctivo mensual	131

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Premuestras para determinación de tamaño de la muestra	137
Anexo B. Cálculo de tiempos tipos	139
Anexo C. Formato de control de calidad	142
Anexo D Experimento de estabilización de variables críticas del proceso	143
Anexo E Datos de experimentación	150
Anexo F Control de mantenimiento general	154
Anexo G control de mantenimiento línea 2	155
Anexo H Control de mantenimiento línea 3	156
Anexo I Control de mantenimiento Línea 4	157
Anexo J programación de parada y mantenimientos planta de bandejas	158
Anexo K. Lista de chequeo de verificación de actividades programadas Calderas	165
Anexo L. Lista de chequeo de verificación de actividades programadas Pulper principal	167
Anexo M. Lista de chequeo de verificación de actividades programadas Planta Línea ____	170
Anexo N. Lista de chequeo de verificación de actividades mantenimiento programadas	172
Anexo O. Lista de chequeo de verificación de bombas Planta____	174
Anexo P . Formato de control diario de alimentación de la tolva de carbón y cuesco de palma	176
Anexo Q. Análisis de los niveles estándar para el bache de preparación de pulpa	178
Anexo R procedimiento para la preparación de la pulpa en los tanques de mezclado de planta	181
Anexo S procedimiento para la preparación de la pulpa en pulper principal	184
Anexo T Evidencia de asistencia a capacitación	186

Anexo U. Procedimiento de preparación de pulpa planta de producción de bandejas	188
Anexo V. Reglas de pedido mensual para los insumos químicos en la planta de producción de bandejas	189
Anexo W.Plano de planta de producción de bandejas con zonas de almacenamiento	191
Anexo X. Estadísticas generales de proveedores	193
Anexo Y. Graficas de seguimiento a las variables de control	194
Anexo Z Diagrama del proceso de control de calidad propuesto.	199
Anexo 2A.Formatos De Hojas De Vida Para Control De Mantenimiento	200
Anexo 2B Tablas de Frecuencias de Mantenimientos	202
Anexo 2C Comportamiento del indicador rendimiento en bandejas por bache	205

Al todopoderoso por siempre iluminar mi camino.
A mi padre quien se ha convertido en mi más grande amigo.
A mi madre por brindarme siempre su comprensión y apoyo incondicional.
A mis hermanos y tíos que siempre me han animado y corregido.
A Yeison, Olga, Danilo por compartir estos años
entre estudios, esfuerzo y alegría.

Juan Carlos Ortega V.

Tabla de cumplimiento de objetivos

Objetivo	cumplimiento
Realizar un diagnóstico que permita un análisis objetivo de la situación actual de los procesos de la planta de producción de bandejas para huevos de industrias Falcón SAS con el fin de identificar los puntos críticos de los procesos y su relevancia dentro del proceso productivo.	Capítulo 3
Analizar y evaluar la situación actual de los procesos identificando los principales despilfarros dentro del proceso productivo para la formulación e implementación de propuestas de mejora que contribuyan a la eliminación de dichos despilfarros.	numerales 3.1.1; 3.3.1; 3.4.1; 3.5.1; 6.1.1; 7.1.1; 8.1.1;
Establecer las variables de control del sistema y determinar los valores óptimos de: Las cantidades de insumos químicos mínimas necesarias, sin que se vean afectadas las características de calidad del producto; Las velocidades de flujo para cada línea de forma que agilice el proceso sin afectar la calidad del mismo; Las cantidades de materia prima para obtener el peso mínimo de las bandejas, sin que se vean afectadas las características de calidad del producto.	Capítulo 5
Apoyar el montaje del laboratorio de calidad y desarrollar los protocolos de medición de las características de calidad del producto que aun no se controlan, para así definir los niveles aceptables de dichas características.	Capítulo 7
Definir e implementar un sistema de gestión de inventarios para la materia prima y redistribuir las zonas utilizadas para el almacenamiento en función de la eliminación de despilfarros dentro del proceso de almacenaje.	Capítulo 6
Definir e implementar un plan de mantenimiento preventivo en busca de disminuir los tiempos relacionados con paradas no programadas.	Capítulo 8
Capacitar a los empleados de la planta de producción de bandejas en los nuevos métodos de trabajo propuestos.	numeral 9.1.4
Evaluar los resultados de las mejoras propuestas mediante indicadores de gestión claros y objetivos.	Capítulo 9

RESUMEN

Título: MEJORAMIENTO Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BANDEJAS PARA HUEVOS DE INDUSTRIAS FALCÓN S.A.S*

Autor: Juan Carlos Ortega Valencia**

Palabras claves: Mejoramiento, Estudio de tiempo, Estandarización, sistema de gestión, inventario, mantenimiento, diseño de experimentos.

Descripción:

Industrias Falcon SAS es una empresa privada, perteneciente al sector metalmecánico, la cual se ha consolidado gracias al desarrollo de productos y servicios enfocados principalmente a brindar soluciones de ingeniería a la industria agrícola de la región, entre ellos su línea de moldeado de celulosa con su producto principal, las bandejas para huevos.

El presente proyecto tiene como propósito hacer un análisis del sistema productivo de la planta de producción de bandejas para huevo de industrias Falcon, con el fin de identificar los principales despilfarros del sistema, proponer alternativas de mejora e implementar una serie de cambios en el desarrollo de los procesos en la planta.

El proyecto se desarrolla sobre cinco ejes fundamentales: el estudio de tiempos para la identificación de los requerimientos de mano de obra; el análisis estadístico y redefinición del sistema de control de calidad en busca de la estabilización del proceso; la aplicación del diseño de experimentos sobre las variables críticas en los cuellos de botella en busca de mejorar su rendimiento y disminuir los costos de producción; el análisis de los tiempos de mantenimiento con el fin de trazar un cronograma preventivo en función de disminuir los tiempos de mantenimientos correctivos y por último el análisis del sistema de gestión de inventarios con el fin de desarrollar una política de pedidos y de medición del inventario que permita tanto la mejora del control como la disminución del mismo. En sumatoria todas estas mejoras buscan como único fin la generación de estándares de trabajo, el aumento de la productividad, la disminución de los costos de producción y el aumento de la competitividad de la planta de producción de bandejas.

*proyecto de grado

**facultad de ingenierías Físico Mecánicas.Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.Director González Fabio Andrés Ingenieromecánico.

ABSTRACT

Title:

IMPROVEMENT AND STANDARDIZATION OF PRODUCTION PROCESSES IN PLANT PRODUCTION OF EGG TRAYS FALCON INDUSTRIES SAS*

Author:

ORTEGA Valencia Juan Carlos**

Key words:

Improvement, Time Study, Standardization, Management system, Inventory, maintenance, experimental design.

Description:

Falcon Industries SAS is a private company belonging to the metalworking sector, which has been consolidated by the development of products and services aimed primarily at providing engineering solutions to the agricultural industry in the region, including its line of molded cellulose with main product, egg trays.

This project aims to analyze the production system of the plant for production of egg trays Falcon industries, in order to identify the major wastes of the system improvement alternatives propose and implement a series of changes in the development of processes in the plant.

The project is built on five pillars: time study for the identification of labor requirements, the statistical analysis and redefinition of the system of quality control for the stabilization of the process, applying the design of experiments variables critical bottlenecks in the quest to improve performance and reduce production costs, analysis of maintenance time to draw a timeline based preventive reduce corrective maintenance times and finally the analysis of inventory management system to develop a policy of ordering and inventory measurement that allows both the improvement of control as the decrease. In all these improvements summation seek generation sole purpose of working standards, higher productivity, lower costs of production and increased the competitiveness of the production plant trays.

*degree project

**PhysicalMechanicalengineeringfaculty.School ofIndustrialand Managementstudies.Professor González Fabio Andrés.

INTRODUCCIÓN

La rápida evolución de los sistemas productivos respecto a los métodos y tecnologías disponibles para la producción en el entorno globalizado moderno, es un factor que exige que a las empresas que deseen permanecer como líderes de un mercado específico, entrar en una constante revisión de sus procesos y asumir una política de mejoramiento continuo real y acorde a las necesidades de su sector. Industrias Falcon SAS es consciente de ello y como parte de su estrategia corporativa ha iniciado una labor autoevaluación en lo referente al comportamiento de sus diversas líneas de producción.

El desarrollo tecnológico y capacidad de fabricación de maquinaria y equipo especializado es el componente que ha permitido a industrias Falcon posicionarse como líderes en maquinaria agroindustrial automatizada, a tal punto que han llegado a construir la planta de producción de bandejas más grande del Oriente Colombiano para entrar a competir desde hace siete años en el mercado de las bandejas para huevo fabricadas a base de pulpa de papel reciclado. Sin embargo en el rápido crecimiento de la empresa, y en medio del enfoque de innovación y desarrollo en el que ha evolucionado, se han dejado en un segundo plano de importancia, la administración de los sistemas productivos, y este punto se ha convertido en una pérdida de competitividad ante el mercado, ya que la falta de medición, control y estandarización de su sistema productivo ha ocasionado grandes costos debido a la falta de orden en sus líneas de producción.

Consciente de esto, industrias Falcon inicia un proceso de mejoramiento continuo, para el cual el análisis de los puntos críticos del proceso y las mejoras propuestas en este proyecto, son solo parte del inicio de una larga búsqueda de la optimización de sus sistemas de producción dentro de una política clara de mejoramiento continuo de todas sus líneas.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Industrias Falcon cuenta con la planta de producción de bandejas para huevo más grande del departamento de Santander, la cual fabrica 6 referencias diferentes de bandejas y tiene una producción aproximada de 3.600.000 unidades mensuales, empleando de manera directa a 43 personas en 13 cargos y tres turnos de producción.

En la actualidad el mercado regional de bandejas para huevos, ha contado con la entrada de fuertes competidores del interior del país los cuales han ganado una buena parte del mercado debido al manejo de productos de más bajo precio. Esta situación ha llevado a Industrias Falcón a hacer un análisis de sus procesos y tomar conciencia de la necesidad de emprender el camino hacia la mejora continua de los mismos.

En años recientes Industrias Falcón ha hecho grandes inversiones de capital en maquinaria y equipo en busca de la mejora de su productividad y rentabilidad, sin embargo, en este proceso de rápido crecimiento de infraestructura en la planta se han descuidado algunos aspectos básicos referentes a los métodos y estandarización del trabajo, por tanto en la actualidad la planta de producción de bandejas para huevos no cuenta con un método de trabajo estandarizado, hecho que ha traído como consecuencia la falta de control del proceso productivo, la cual se ve reflejada en el producto final.

Por tanto el presente proyecto de grado se enfoca principalmente en analizar, diseñar e implementar métodos de trabajo estandarizados dentro de la planta de producción de bandejas, dando inicio a un proceso de mejora continua dentro de

la misma. Con el último fin de aumentar la competitividad de la empresa para hacer frente a la ardua competencia en del sector.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Diagnosticar y realizar un análisis detallado de los procesos correspondientes a la planta de producción de bandejas para huevos de Industrias Falcon, e implementar propuestas para lograr el mejoramiento y estandarización de dichos procesos.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar un diagnóstico que permita un análisis objetivo de la situación actual de los procesos de la planta de producción de bandejas para huevos de industrias Falcón SAS con el fin de identificar los puntos críticos de los procesos y su relevancia dentro del proceso productivo.
- ✓ Analizar y evaluar la situación actual de los procesos identificando los principales despilfarros dentro del proceso productivo para la formulación e implementación de propuestas de mejora que contribuyan a la eliminación de dichos despilfarros.
- ✓ Establecer las variables de control del sistema y determinar los valores óptimos de: Las cantidades de insumos químicos mínimas necesarias; Las velocidades de flujo para cada línea; Las cantidades de materia prima para obtener el peso mínimo de las bandejas, sin que se vean afectadas las características de calidad del producto.
- ✓ Apoyar el montaje del laboratorio de calidad y desarrollar los protocolos de medición de las características de calidad del producto que aun no se controlan, para así definir los niveles aceptables de dichas características.

- ✓ Definir e implementar un sistema de gestión de inventarios para la materia prima y redistribuir las zonas utilizadas para el almacenamiento en función de la eliminación de despilfarros dentro del proceso de almacenaje.
- ✓ Definir e implementar un plan de mantenimiento preventivo en busca de disminuir los tiempos relacionados con paradas no programadas.
- ✓ Capacitar a los empleados de la planta de producción de bandejas en los nuevos métodos de trabajo propuestos.
- ✓ Evaluar los resultados de las mejoras propuestas mediante indicadores de gestión claros y objetivos.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.3.1 Actividad económica y tamaño

INDUSTRIAS FALCON S.A.S, es una empresa METALMECÁNICA, dedicada al diseño, fabricación y comercialización de estructuras metálicas, maquinaria industrial, avícola y pecuaria, equipos de transporte terrestre de carga, presta servicios de metalmecánica, obras civiles, minería y moldeado de pulpa de celulosa.

INDUSTRIAS FALCON S.A.S. ha sido desde sus inicios gestora del desarrollo de la nación, realizando el montaje de grandes plantas avícolas y agropecuarias, diseñando y construyendo obras metalmecánicas, que permiten a sus clientes mejorar sus procesos y productos, aumentando por ende su productividad y competitividad. INDUSTRIAS FALCON S.A.S. mantiene la infraestructura necesaria para garantizar la confiabilidad de los productos ofrecidos dentro de las instalaciones.¹

¹INDUSTRIAS FALCON S.A.S. *Actividad Económica. 2011.*

A continuación en la tabla 1 se detalla la cantidad de empleados por áreas, género y porcentajes.

Tabla 1. Número de Empleados por Área y Género

INDUSTRIAS FALCON S.A.S.					
Centro de Trabajo	Hombre	%	Mujer	%	Subtotal
Administración	24	56%	19	44%	43
Metalmecánica	133	100%	0	0	133
Bandejas	40	98%	1	2%	41
Obras civiles	16	89%	2	11%	18
Transporte	16	80%	4	10%	20
Aprendiz SENA	7	100%	0	0%	7
TOTAL	235	90%	26	10%	262

Fuente: Industrias Falcon S.A.S

1.3.2 Misión

INDUSTRIAS FALCON S.A.S es una compañía santandereana que en el desarrollo de sus diferentes actividades brinda soluciones de tipo industrial al sector avícola y agroindustrial; contribuye al desarrollo del transporte terrestre de carga, fabricando semirremolques de diversos tipos y prestando servicios de transporte a nivel nacional.

Está comprometida con el desarrollo del país en la construcción de proyectos de vivienda y grandes obras de ingeniería, satisfaciendo las necesidades de sus clientes y fomentando el crecimiento rentable y sostenible del negocio en beneficio de la organización y su entorno.²

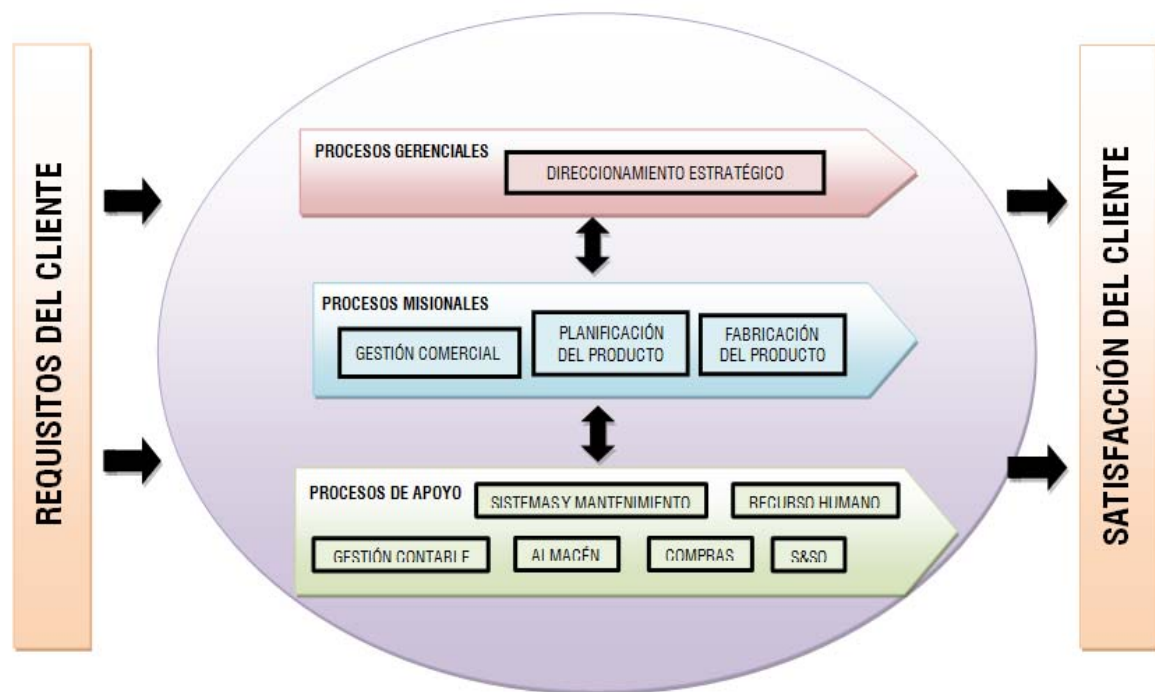
²INDUSTRAS FALCON S.A.S. [En línea]. Institucional: Misión. [Citado 04 Jun., 2011]. Disponible en: <<http://www.industriasfalcon.com/institucional.html>>.

1.3.3 Mega (Visión)

INDUSTRIAS FALCON S.A.S para el año 2011 se proyecta como una empresa altamente competitiva y posicionada en el mercado nacional satisfaciendo las necesidades de sus clientes, brindando soluciones innovadoras eficientes y eficaces en los sectores en que participa. Se propone para el año 2013 hacer presencia en el mercado internacional a través de sus diferentes líneas de negocio, generando un margen de rentabilidad que le permita cumplir siempre con sus expectativas.³

1.3.4 Mapa de Procesos

Figura 1. Mapa de procesos

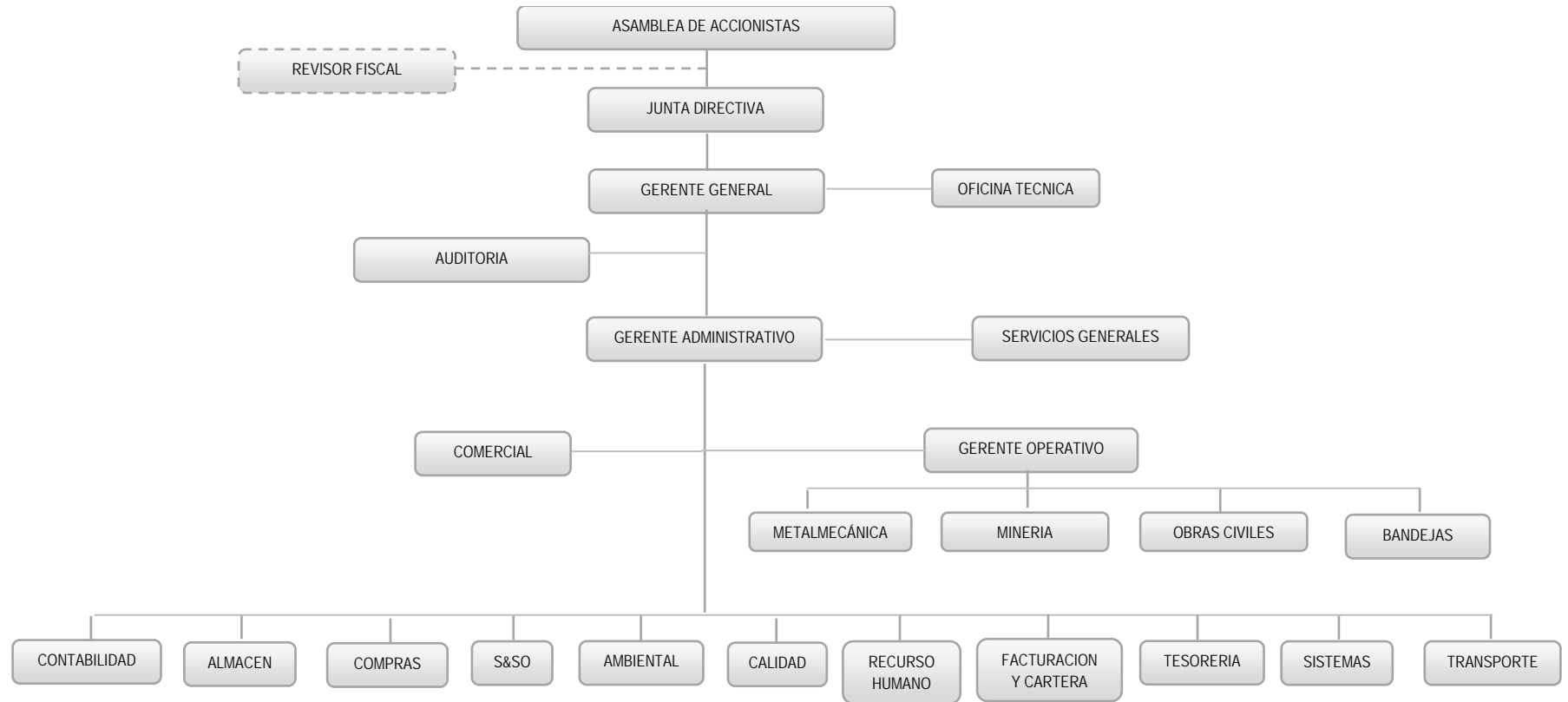


Fuente: Industrias Falcon SAS

³ *Ibid.*

1.3.5 Estructura Organizacional

Figura 2. Estructura Organizacional Industrias Falcon SAS



Fuente: Industrias Falcon S.A.S

1.3.6 Portafolio de Productos y servicios

A continuación en la tabla 2 se hace una síntesis de cada una de las líneas de producción.

Tabla 2. *Líneas de Producción*

LÍNEA DE PRODUCCIÓN	DESCRIPCIÓN	PRODUCTOS/SERVICIOS
AVICOLA	Equipos y suministros que desarrollan la productividad del sector avícola	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Jaulas automatizadas. ✓ Bandejas para huevos ✓ Compostadoras ✓ Invernaderos ✓ Furgones transporte de huevos y pollitos
TRANSPORTE DE CARGA	Industrias Falcon S.A.S. brinda soluciones al transporte terrestre de carga, fabricando semirremolques de diversos tipos y prestando servicios de manejo, logística, distribución y asesoramiento de transporte a nivel nacional e internacional.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Logística y Transporte ✓ Distribución local y nacional
METALMECÁNICA	Línea de producción que cuenta con sistemas automatizados que permiten garantizar estabilidad dimensional, precisión y mínimos esfuerzos de los materiales en producción, lo que asegura un producto con excelentes niveles de calidad, ajustados a las normas internacionales más exigentes, con acabados inigualables superiores a los procesos metalmecánicos tradicionales.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fabricación de equipos de Transporte ✓ Infraestructura Pesada ✓ Estructura Metálica
CIVIL	Construcción de edificaciones para uso residencial. Incluye solamente a empresas dedicadas a construcción de casas, edificios, caminos, ferrocarriles, presas, calles y/o oleoductos.	Actualmente en Bucaramanga: Proyecto Torre Bambú Proyecto Gaia

Fuente: Industrias Falcon S.A.S

2. MARCO TEÓRICO

2.1 LA ESTANDARIZACIÓN DEL TRABAJO

Estas herramientas de estandarización son utilizadas con el fin de generar procesos estables y confiables, y deben ofrecer las herramientas necesarias para una adecuada conservación del conocimiento dentro de una organización.

Observar la situación inicial es el punto base de cualquier iniciativa de mejora. Aprender a observar, establecer unos puntos de referencia y parámetros sobre los que focalizar el esfuerzo de la mejora, nos sirve como base para detectar el desperdicio y los caminos más eficientes de mejora.

Estos caminos llevan a estandarizar un proceso más eficiente, nueva base para la siguiente mejora o kaizen, y así sucesivamente. La mejora del trabajo estandarizado es un proceso interminable.

El proceso de estandarización se basa en cuatro elementos básicos:

- Detección de los desperdicios a partir de la observación de los procesos, para su posterior eliminación.
- Identificación de los elementos de trabajo, obtenidos del proceso de observación.
- Análisis del Takt Time, ritmo al que se deben hacer los distintos productos en un proceso para satisfacer la demanda del cliente.
- Las herramientas de trabajo estandarizado para cada proceso, operario y situación de Takt Time.

Los beneficios de trabajo estandarizado son:

- Documentar el proceso actual para todos los turnos
- Reducir las variaciones del proceso
- Formación más fácil de nuevos operarios,

- Reducción de accidentes y lesiones
- Establecer un punto de partida para las actividades de mejora continua.

La estandarización del trabajo añade disciplina la cual es fundamental en el proceso productivo, además el trabajo estandarizado es también una herramienta de aprendizaje. Deben existir auditorías que garanticen el buen uso del trabajo estandarizado, promover problemas a resolver, e involucrar a los equipos para desarrollar herramientas para el aseguramiento de la calidad (pokayoke).

2.1.1 Análisis de los métodos de trabajo.

La productividad de la mano de obra se ve directamente afectada por la maquinaria, herramientas, materiales y los métodos de trabajo utilizados por los trabajadores. El objetivo principal de mejorar estos métodos, es incrementar la productividad al aumentar la capacidad de producción de las distintas operaciones. Para que este proceso sea exitoso, es importante indagar las razones por las cuales un trabajo se hace de una determinada manera y con unos componentes específicos y cómo podría esto llegar a mejorarse.

Una de las técnicas principales para reducir la cantidad de trabajo, principalmente con la eliminación de elementos innecesarios de material y de personal, es el estudio de métodos que se podría definir como la observación, análisis y evaluación objetiva y sistemática de las formas de llevar a cabo las actividades de un proceso productivo, con el fin de efectuar mejoras. Con esto se quiere decir que el estudio de métodos permite identificar soluciones potenciales de mejora, hacer propuestas para su mejoramiento y seleccionar las que mejor se adecuen. Así mismo, esto implica que es un estudio que siempre se podrá realizar independientemente de que tanto se pueda haber mejorado e implementado en el pasado.

Cuando se va a abordar y a analizar un proceso productivo, este puede abordarse en dos fases: Primero mediante un análisis a nivel macro, el cual permite conocer el proceso productivo de inicio a fin. Luego si se han identificado problemas en puestos de trabajo particulares y se requiere profundizar en ellos, se lleva a cabo un análisis de tipo específico

Los procesos deben ser analizados y mejorados permanentemente a fin de obtener ventajas competitivas como las siguientes:

- Un flujo de producción más ordenado.
- Un servicio al cliente más eficiente.
- Disminución de costos de producción.
- Un adecuado ambiente y condiciones de trabajo.

2.1.2 Estudio de tiempos

Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables. El analista de estudios de tiempos tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar: el estudio cronométrico de tiempos, datos estándares, datos de los movimientos fundamentales, muestreo del trabajo y estimaciones basadas en datos históricos. Cada una de estas técnicas tiene una aplicación en ciertas condiciones. El establecer valores de tiempos es un paso en el procedimiento sistemático de desarrollar nuevos centros de trabajo y mejorar los métodos existentes en centros de trabajo.

En el estudio cronométrico de tiempos hay dos métodos básicos para llevarlo a cabo, el continuo y el de regresos a cero. En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento. En caso de tener un cronómetro electrónico, se puede proporcionar un valor numérico

inmóvil. En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y se regresa a cero otra vez, y así sucesivamente durante todo el estudio.

2.2 GESTIÓN DE INVENTARIOS

En general, las organizaciones mantienen inventarios que están constituidos por las materias primas, productos en proceso, los suministros de operaciones y los productos terminados. Todos estos inventarios afectan la forma en que se lleva a cabo la operación de los sistemas productivos así como los beneficios económicos generados por estos. Por tanto la buena gestión de estos inventarios es un tema de suma importancia en cualquier organización, y la minimización de los mismos es un objetivo primordial en las empresas. En este punto la pregunta a responder es: ¿Por qué es necesario mantener inventarios?; y para este punto hay varias razones, las cuales se enuncian a continuación:

Incertidumbre en la demanda: Dado que es muy complicado conocer con exactitud la demanda de un producto o servicio un nivel de inventario adecuado asegura una pronta respuesta a esta demanda incierta.

Inestabilidad de los tiempos de entrega: El inventario es considerado como una protección cuando los proveedores no son tan confiables, cuando un artículo escasea o por demoras en el transporte, por eso las organizaciones deben contar con inventarios que los protejan de estas fluctuaciones normales del aprovisionamiento.

Protección de precios: La compra de productos en momentos oportunos puede garantizar a la compañía adquirir artículos a menores precios, por ejemplo, se

puede comprar el suministro para un año con el fin de garantizar un único costo para todo el periodo.

Descuentos por cantidad: A menudo los proveedores ofrecen descuentos por comprar en volumen, porque de esta manera se logra distribuir los costos de distribución y producción en la mínima cantidad de pedidos.

Garantía de servicio al cliente: Las empresas buscan tener su nivel de inventarios un tanto superior al óptimo con el fin de minimizar el tiempo de respuesta a los clientes, y garantizar disponibilidad.

2.2.1 Costos del inventario

El manejo de inventarios en cualquier compañía genera una serie de costos; entre los más representativos están los siguientes:

Costos de mantenimiento: Incluye los costos de las instalaciones de almacenamiento, el manejo, el seguro, el hurto, la rotura, la obsolescencia, la depreciación, los impuestos y los costos de oportunidad del capital.

Costos de adquisición: Se refiere a los costos administrativos y de oficina para elaborar las órdenes de compra. Se incluyen costos de contar artículos y calcular las cantidades de órdenes, además incluye los costos asociados con el mantenimiento del sistema necesario para rastrear las órdenes.

Costos de faltantes: Cuando las existencias de un artículo están agotadas, los pedidos de ese artículo deben esperar hasta que estas se repongan o cancelarse. Existe una transacción entre llevar las existencias para satisfacer la demanda y los costos resultantes del agotamiento de las mismas. Este equilibrio es algunas veces difícil de lograr, porque no es posible calcular las utilidades perdidas o los efectos por perder clientes

2.2.2 Sistema de inventario

Es la serie de políticas y controles que monitorean los niveles de inventario y determinan cuanto se debe mantener, el momento en que las existencias se deben reponer y el tamaño que deben tener los pedidos.

El sistema de inventario es el responsable de ordenar y recibir los bienes; de coordinar la colocación de los pedidos y de rastrear lo que se ha ordenado, qué cantidad y a quién. Además el sistema debe hacer un seguimiento para responder a preguntas tales como: ¿el proveedor ha recibido el pedido? ¿Éste ha sido despachado? ¿Las fechas son correctas? ¿Existen procedimientos para hacer un nuevo pedido o devolver la mercancía indeseable?

Hay diferentes modelos de sistemas de inventarios para determinar la cantidad de unidades que deben ordenarse y la cantidad de unidades adicionales que deben tenerse para suministrar el nivel de servicio específico que se desea alcanzar. Estos modelos varían según las restricciones, objetivos que deseen alcanzarse, y datos con los que se cuente.

2.3 DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS

2.3.1 Planificación de la experimentación

La experimentación juega un papel fundamental en virtualmente todos los campos de la investigación y el desarrollo. El objetivo de la experimentación es obtener información de calidad. Información que permita desarrollar nuevos productos y procesos, comprender mejor un sistema y tomar decisiones sobre como optimizarlo, mejorar su calidad, y comprobar hipótesis científicas.

Por tanto la experimentación se debe planificar cuidadosamente para que proporcione la información buscada. Dicha planificación debe considerar dos aspectos importantes relacionados con toda experimentación:

La experimentación es normalmente cara. La capacidad de experimentar está limitada por el coste en tiempo y en recursos. Por tanto, una organización óptima

de la experimentación deberá contemplar el menor número de experimentos que permita obtener la información buscada.

El resultado observado de un experimento (y) tiene incertidumbre: $y = h + e$.

Donde h es el resultado “verdadero” del experimento y e es una contribución aleatoria, que varía cada vez que se repite el experimento. Por ello, la Estadística, disciplina que proporciona las herramientas para trabajar en ambientes de incertidumbre, juega un papel fundamental en el diseño de los experimentos y en la evaluación de los resultados experimentales.

El análisis de los resultados experimentales permitirá obtener conclusiones sobre el sistema en estudio y decidir actuaciones futuras. Tanto por la importancia de las decisiones que se pueden tomar, como por el coste elevado de la experimentación no parece adecuado dejar la elección de los experimentos y la evaluación de los resultados a la mera intuición del experimentador. Parece más razonable utilizar una metodología matemática y estadística que indique como planificar la secuencia de experimentos de una forma óptima, de modo que se minimice tanto el coste de la experimentación como la influencia del error experimental sobre la información buscada. Dicha planificación y análisis es el principal objetivo del Diseño Estadístico de Experimentos.

2.3.2 Objetivos del diseño de experimentos

La experimentación en sistemas suele perseguir uno de los siguientes objetivos:

Obtener un conocimiento inicial sobre un nuevo sistema en estudio. ¿En qué valores de los factores se puede centrar la investigación?

Determinar la influencia de los factores sobre las respuestas observadas. De entre todos los factores que afectan al proceso, ¿cuáles influyen más?, ¿cómo interaccionan entre ellos?

Optimizar respuestas. ¿Qué valores de los factores proporcionan las respuestas de mayor calidad?

Determinar la robustez del sistema. ¿Cómo afectan a la respuesta variaciones no controladas en el valor de los factores?

2.3.3 El método tradicional de experimentación

El método tradicional de experimentación, el que quizás surge de forma más intuitiva para estudiar un sistema, consiste en variar un factor cada vez, a partir de unas condiciones iniciales, se realizan experimentos en los cuales todos los factores se mantienen constantes excepto el que se está estudiando. De este modo, la variación de la respuesta se puede atribuir a la variación del factor, y, por tanto, revela el efecto de ese factor. El procedimiento se repite para los otros factores. El razonamiento que soporta esta forma de actuar es que si se variaran dos o más factores entre dos experimentos consecutivos, no sería posible conocer si el cambio en la respuesta ha sido debido al cambio de un factor, al de otro, o al de todos a la vez.

La estrategia experimental de un factor por cada vez presenta inconvenientes importantes cuando existe interacción entre factores. Existe interacción entre dos factores A y B cuando el efecto del factor A es diferente según qué valor tome el factor B, y viceversa. En general los problemas asociados a este método son:

No informa sobre como un factor interactúa con los otros factores o como estas interacciones afectan a la respuesta, con lo cual sólo se obtiene una comprensión limitada de los efectos de los factores

No proporciona la posición del óptimo. El experimentador percibe que se ha llegado al óptimo porque cambiando un factor cada vez la respuesta no mejora, pero se puede encontrar lejos del óptimo real. Aunque se puede reiniciar la experimentación partiendo del “óptimo” encontrado, esta solución es extremadamente ineficiente cuando se deben estudiar muchos factores a muchos valores distintos, puesto que este método requeriría demasiados experimentos y demasiado tiempo.

2.3.4 Experimentación multifactorial

Los inconvenientes del método tradicional provienen de variar un factor cada vez. La solución, por lo tanto, debe consistir en variar más de un factor simultáneamente al realizar un nuevo experimento. Ello permitiría mejorar la eficiencia del esfuerzo experimentador, y obtener información sobre las interacciones. La dificultad estriba en diseñar una experimentación reducida, donde estos cambios simultáneos se complementen entre sí y permitan obtener la información buscada al combinar los resultados de todos los experimentos.

El DEE proporciona el marco matemático para cambiar todos los factores simultáneamente, y obtener la información buscada con un número reducido de experimentos, es decir, con la máxima eficiencia. El Diseño Estadístico de Experimentos conduce a una planificación con menos experimentos que el método de un solo factor por vez para obtener un conocimiento equivalente.

La aplicación del diseño de experimentos requiere considerar las siguientes etapas que se comentarán a continuación:

- ✓ *Comprender el problema y definir claramente el objetivo.*

El DEE es una herramienta para encontrar respuestas a problemas perfectamente identificados y especificados. Cuanto más claramente se plantea el problema y se identifica el propósito o información que se desea conseguir con los experimentos, mayor puede ser la ayuda del DEE. Para obtener una comprensión profunda del sistema y del problema es necesario recopilar toda la información disponible sobre el sistema en estudio y que pueda ser relevante para la experimentación que se realizará.

A continuación se debe definir qué respuesta experimental o características de interés o de calidad de un producto se va a observar. Según el objetivo perseguido, puede ser necesario observar más de una respuesta y encontrar un compromiso entre ellas.

✓ *Identificar los factores y el dominio experimental de interés.*

Es muy importante identificar y listar todas las variables independientes que se cree que pueden tener influencia en el proceso y en la respuesta, aunque se crea que pueden tener poca importancia. Se debe considerar si cada factor especificado se mantendrá constante, se variará controladamente, si es incontrolable pero se pueden conocer sus valores o si es incontrolable e imposible de medir.

El experimentador debe ser consciente de la influencia potencial de podría tener cada factor en la respuesta. Los factores no controlados pueden introducir variaciones en la respuesta que dificultan el análisis de los resultados experimentales.

✓ *Elección del diseño experimental*

Al plantear por primera vez una experimentación no es extraño encontrar una larga lista de factores potencialmente influyentes. Puesto que el número de experimentos que suele requerir un estudio detallado u optimización de un sistema aumenta exponencialmente con el número de factores estudiados, es necesario reducir la lista de factores a un número manejable. Los factores no se deberían conservar o eliminar utilizando razones subjetivas como por ejemplo, escoger aquellos para los cuales se dispone del material adecuado en el laboratorio, o aquellos que son más fáciles de controlar. Se deben tamizar en función de su influencia en la respuesta considerando su significancia estadística. Para determinar dicha influencia, se puede realizar una investigación exploratoria con un diseño experimental sencillo, que permita determinar lo más rápidamente posible qué factores tienen más influencia en la respuesta y deben ser estudiados en detalle, los factores clave, y cuáles pueden no considerarse porque sus efectos son insignificantes.

✓ *Realización de la experimentación.*

El diseño experimental escogido suele estar descrito mediante variables codificadas. Estas se particularizan para los factores en estudio, se comprueba si *los experimentos son posibles* y, si es así, se realiza la experimentación *en orden aleatorio* respecto al orden en el cual están listados. La ejecución en orden aleatorio es necesaria para asegurar que los factores no contemplados introduzcan confusión y sesgo en los resultados.

✓ *Interpretar los resultados.*

Una vez se dispone de los resultados experimentales se pueden calcular los efectos de los factores, así como sus interacciones. Los test estadísticos permiten comprobar si los efectos calculados son significativos comparándolos con el error experimental. Si se construye un modelo de superficies de respuesta, se pueden calcular los coeficientes por el método de los mínimos cuadrados y se puede evaluar el modelo realizando réplicas de ciertos experimentos y aplicando el test ANOVA. El modelo se puede utilizar para buscar la zona óptima matemáticamente.

Es importante notar que la realización de estas etapas es cíclica. La información obtenida al realizar una serie de experimentos se debe integrar para planificar la experimentación posterior. Quizás entonces se comprende mejor el problema y se pueden redefinir o concretar más los objetivos, se pueden descartar factores que se ha visto que no eran importantes, o modificar su dominio experimental, con ello se planea una nueva experimentación, y así sucesivamente. Por este motivo, se prefiere normalmente efectuar los experimentos en pequeñas series.

2.4 GESTIÓN DE LA PARADA DE PLANTA

Las paradas de planta proveen la oportunidad única para intervenir los activos que normalmente no están disponibles durante la operación normal o que lo están en un breve o escaso período de parada. La cantidad de trabajo definido para una parada de planta se inicia cuando identificamos las tareas de la lista de trabajo que incluye la planificación, programación, ejecución y dirección de la parada.

Para la definición de una correcta parada de planta hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Enfoque todos los aspectos del trabajo involucrado, manejado en el proyecto de la parada de planta, no sólo la lista de trabajo.
- Identifique las metas específicas relacionadas con la seguridad, duración, coste, fiabilidad, para definir la estrategia y así lograr las metas mucho más temprano en el proceso.
- Establecer métodos de comunicación y colaboración para asegurar un trabajo de equipo eficaz.
- Formalice la lista de trabajo para el control del presupuesto y el alcance de trabajo bajo el proceso de la dirección de parada de planta.
- Asigne bien de antemano, los recursos de la planificación, incorporación de personal con experiencia demostrada en paros de plantas.

El componente que debemos tomar en cuenta en los proyectos de paradas de planta es tener una visión y misión del plan estratégico de inversión. El diseño de este plan lo influyen factores internos y externos que los equipos naturales de trabajo deben tomar en cuenta, tales como aspectos comerciales y financieros de la empresa, los compromisos con los clientes, las proyecciones de flujo de caja y la flexibilidad requerida en cuanto a la fecha de ejecución y duración de la parada. En los proyectos de paradas de planta, la mayor demanda de los recursos llegan cuando una planta es parada por un largo periodo de tiempo, lo que implicará

crear un horario o programa de mantenimiento. Por norma general, una larga lista de trabajo se planifica en un período de tiempo.

El plan de trabajo debe ser modificado. Se deben contratar equipos especiales para cubrir los trabajos adicionales requeridos y las necesidades especiales.

La cantidad de trabajo definida para una parada de planta específica, va más allá de los puntos identificados en la lista de trabajo. Sabiendo el alcance de los trabajos planificados, para su ejecución y manejando la parada de planta de manera global se logra el éxito de la misma. La identificación de los alcances en una parada de planta, debe abarcar todos los aspectos del trabajo planificado, para un manejo eficaz y eficiente de la parada de planta.

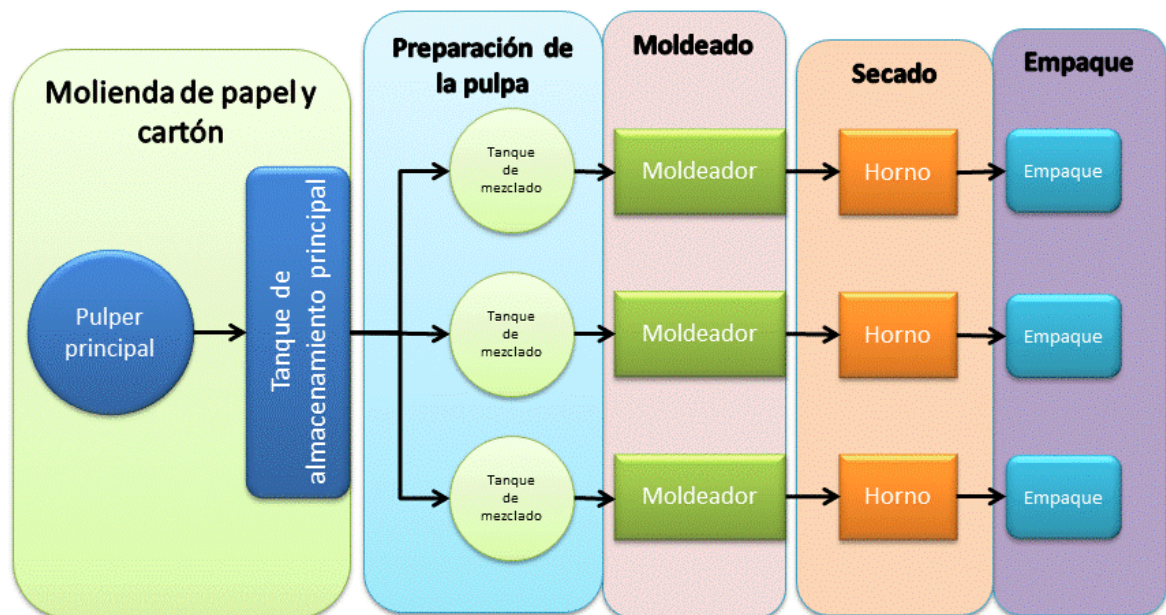
Típicamente, la organización o dirección de parada de planta, se enfocará en los puntos de la lista de trabajo; ya que su desarrollo es considerado crítico, porque generalmente en esta se identifican las tareas de mantenimiento o trabajos para ser realizados durante un paro del proceso fijado. Y no siempre toma la cantidad de tareas de apoyo, para asegurar la actuación exitosa de la parada de planta. Para organizar el alcance de trabajo totalmente dentro de una parada de planta específica, los directores, gerentes coordinadores de la parada de planta deben identificar todo el trabajo y los recursos exigidos para apoyar las tareas de la lista de trabajo, por ejemplo: Programación, Medios Informáticos, Objetivos y Metas, Seguridad, Higiene y Medio Ambiente, Entrenamiento, Eventos fuera de la lista de trabajo, puntos de pre-parada, personal temporal de la empresa.

3. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL PROCESO

La planta de producción de bandejas cuenta con tres líneas de producción, cada una de estas con maquinarias similares pero con especificaciones y capacidades diferentes. En general el proceso consta de cinco etapas: molienda del papel y cartón, preparación de la pulpa, moldeado de la bandeja, secado de la bandeja y empaque.

Cada línea necesita tres operadores, un encargado del mezclado de la pulpa, un operador de la máquina, y un emparador.

Figura 3. Diagrama general del proceso



Fuente: el autor

3.1 MATERIA PRIMA Y SUMINISTROS

El proceso de fabricación de bandejas para huevo a partir de pulpa de celulosa utiliza como materia prima fundamental fibras recicladas de papel y cartón, las cuales se compran a compañías dedicadas exclusivamente al reciclaje de dichos materiales, estas empresas proveen diversas fibras tales como: papel periódico reciclado, papel de directorios reciclados, papel de revistas recicladas, cartón corrugado de caja, cartón piedra de uso industrial, cartón tipo plegadiza y cartón tipo plegadiza plastificada.

La presentación y empaque de la materia prima varía según el tipo de fibra y proveedor y se puede resumir en cuatro tipos de presentaciones principales: papel o cartón compactado en grandes bloques de 350 Kg a 500 Kg, papel o cartón empacado en bultos de 25 a 50 Kg, papel en agrupado en pila de periódico de 20 Kg a 25 Kg y cartón piedra suelto que por tamaño y presentaciones diversas no tiene ningún empaque.

Los insumos más importantes son los combustibles de caldera, el cuesco de palma y el carbón, estos dos combustibles son transportados en camiones y dispuestos en un silo de almacenamiento, el silo cuenta con dos secciones, una para carbón y otra para el cuesco de palma, la cual cuenta con un tamaño mayor ya que por razones ambientales es recomendable utilizar cuesco de palma en mayor proporción.

El silo recibe los combustibles hasta llenarse y cuando se encuentra lleno el cuesco de palma es dispuesto fuera de la tolva de alimentación del silo, en un arrume. Este arrume se mantiene durante los meses de cosecha de palma ya que en estos el suministro es más constante y el producto más económico con el fin de que en los meses de baja producción de cuesco de palma se cuente con un inventario suficiente.

El cuesco de palma y el carbón es ingresado diariamente al silo según el consumo, por medio de la tolva de alimentación y un mecanismo de tornillo.

Además de los anteriores, el proceso requiere de 4 productos químicos básicos: un antiespumante, Afranil, el cual elimina espumas de la pulpa en el proceso de moldeado y permite la correcta formación de la bandeja.

Un encolante, Basoplast, el cual genera la resistencia al agua de la bandeja. Un agente de resistencia en seco, Vector, el cual aporta resistencia y estabilidad estructural a la bandeja terminada y un agente de moldeado, Polymin, el cual permite la salida de una mayor cantidad de agua de la bandeja en el momento del moldeado por vacío y elimina cargas químicas de la pulpa para facilitar la formación de enlaces en las fibras.

Los agentes químicos son recibidos en contenedores de 1 tonelada, el contenedor tiene forma cúbica y tiene aproximadamente un metro cúbico de volumen.

Figura 4. Bodega de almacenamiento papel y Cartón



Fuente: el autor

3.1.1 Observaciones y opciones de mejora

- La falta de orden en la disposición de la materia prima dificulta la posibilidad de hacer un inventario físico confiable, ya que se disponen diferentes empaques del mismo tipo de materia prima en el mismo arrume y dificulta el conteo del

mismo, además el hecho de recibir materia prima sin ningún tipo de empaque hace que este tipo de inventario sea difícilmente estimable.

- La forma en que se hace la disposición de la materia prima en el almacén, genera que el papel y el cartón que viene en presentación de bultos sea dispuesto en el rincón opuesto al lugar de pesado, lo que ocasiona desplazamientos excesivos por parte de los operarios en el proceso posterior.
- La forma de disposición del cuesco de palma, y la cantidad del mismo que es almacenado en el arrume fuera del silo durante la época de alta producción del mismo, ocasiona que sea difícil cuantificar cuanto ingresa diariamente al proceso para ser consumido.
- En general se hacen necesarias dos mejoras básicas para la correcta cuantificación de la materia prima que está siendo consumida por el proceso, la primera respecta a la forma de disposición del papel y el cartón y la segunda a la forma de cuantificar la cantidad de combustible consumido diariamente.

3.2 MANO DE OBRA

La mano de obra se puede separar en dos grupos con dos horarios diferentes:

- Turno operativo: al cual corresponden los operadores de planta, pulper principal y caldera. Estos operadores trabajan en turnos de 12x24 en los cuales cumplen con una jornada de trabajo de 12 horas y descansan 24 horas antes de volver a tomar el siguiente turno de producción, la planta tiene los siguientes requerimientos de este tipo de personal:

Tabla 3. *Personal necesario en turno operativo*

Área	Necesidad	Personas por turno
Caldera	Un operario encargado del funcionamiento de la caldera	1
Mantenimiento general	Un encargado del mantenimiento general de planta	1
Línea 2	Un operador encargado del mezclado, un operador encargado de la máquina y un operador encargado de la recolección de bandejas	3
Línea 3	Un operador encargado del mezclado, un operador encargado de la máquina y un operador encargado de la recolección de bandejas	3
Línea 4	Un operador encargado del mezclado, un operador encargado de la máquina y un operador encargado de la recolección de bandejas	3
Pulper	Un operario encargado de la operación del pulper principal	1
Total		12

Fuente: el autor

- Turno de procesos de apoyo: en este turno están las personas que prestan procesos de apoyo operativo al proceso, estos cumplen con un horario fijo de 7:00 AM a 5:00 PM de lunes a viernes y de 7:00 AM a 12:45 PM los Sábados, con los correspondientes descansos para completar 48 horas de trabajo semanales. Los requerimientos de este tipo de personal son los siguientes: Un despachador de producto terminado, un encargado de la bodega de suministros, un supervisor, un inspector de calidad, un reciclador de planta y dos trabajadores encargados del cargue y descargue de mercancías. En total se requieren 7 personas dedicadas a los procesos de apoyo de la planta.

3.3 MOLIENDA DE PAPEL Y CARTÓN

La preparación de la pulpa inicia en el proceso de desintegración del papel y cartón reciclado a sus fibras básicas, este proceso de desintegrado o molido de fibras se lleva a cabo en el Pulper principal, en donde se muelen hasta 600 Kg de material seco en 11 a 13 m³ de agua por ciclo y se transfiere al tanque de almacenamiento de pulpa. Este proceso se lleva a cabo en forma discontinua, moliendo un ciclo cada vez que el tanque de almacenamiento de llega a un nivel determinado.

Al inicio del turno los operadores de planta y el reciclador de planta pesan de 8 a 7 veces la cantidad de materia prima que se consume cada ciclo, una cantidad de 600 kilogramos de material seco, se pesan en proporciones definidas de papel y cartón cada vez sin tener en cuenta el tipo de cartón y papel.

Cuando se tiene correctamente pesada la materia prima se procede a moler el papel en el Pulper principal el cual se alimenta por medio de un motor-grúa que con un mecanismo de polea sube la materia prima al punto de alimentación de la máquina, el cual está a más de 3 metros de altura. Para esta operación se necesitan 3 personas, dos en la boca de alimentación para ingresar las cargas de papel y cartón al Pulper y otro operando el motor-grúa desde el suelo.

Al final de la alimentación se deja lista la materia prima del siguiente ciclo y se dispone cerca a la boca de alimentación en la parte superior del pulper.

El papel y cartón es molido con agua, la cantidad de agua agregada a la pulpa está programada en el PLC del Pulper, pero si el molido no se está presentando de manera adecuada el operador de la maquina puede agregar más agua de forma manual por medio de dos bombas de alimentación de agua o por medio de

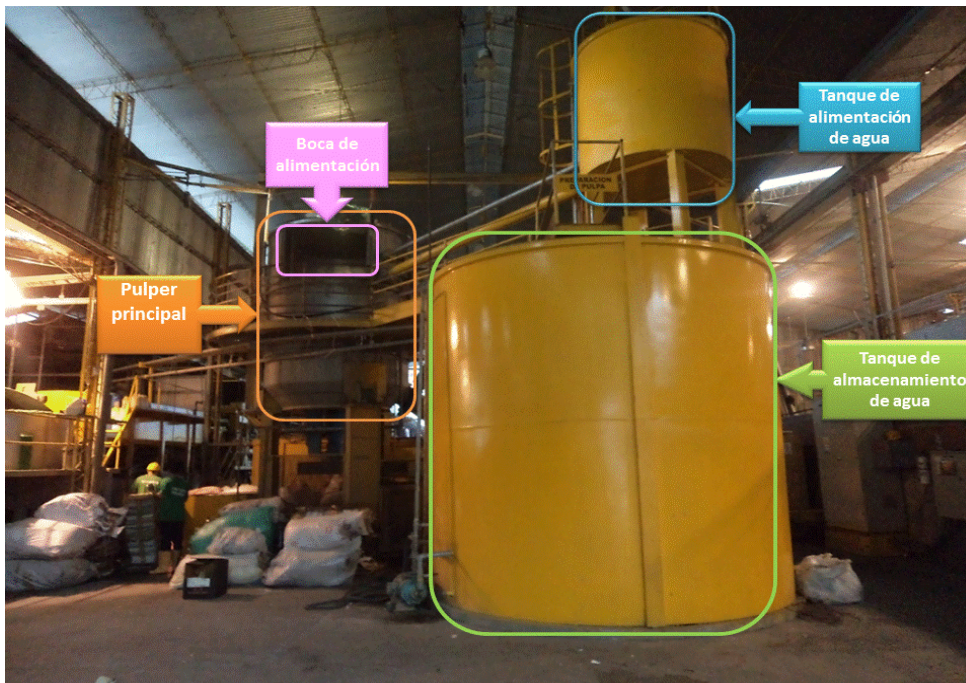
una electroválvula que deja pasar agua por gravedad desde el tanque de alimentación de agua.

Figura 5. *Procedimiento de pesado*



Fuente: el autor

Figura 6. *Pulper Principal*



Fuente: Autor

Figura 7. Alimentación del pulper principal



Fuente: El autor

Figura 8. Tanque de almacenamiento de pulpa



Fuente: El autor

3.3.1 Observaciones y opciones de mejora

- El punto de alimentación del Pulper principal está a una altura insegura para el manejo de cargas pesadas, además los operadores se ven forzados a asumir posiciones poco ergonómicas en la alimentación de la máquina.
- Se detectó en varias ocasiones que los operadores de planta agrupan varios bultos, o bultos muy pesados, mayores a 50 Kg, en la operación de alimentación de papel y cartón al Pulper, lo que genera un alto riesgo de lesiones por manipulación de cargas excesivas o por daños en el sistema de poleas y en las cuerdas del mismo.
- Se observó que aunque están definidas las proporciones de papel y cartón en función al peso no se hace una diferenciación en el tipo de papel y cartón, se sospecha que esto puede traer fuentes de variabilidad al proceso.
- No hay forma de determinar si la cantidad de material seco por metro cubico de agua es siempre la misma, esta medida es conocida en la industria papelera como la consistencia de pulpa y se sospecha que hay una variabilidad bastante grande que afecta el proceso en este primer procedimiento.

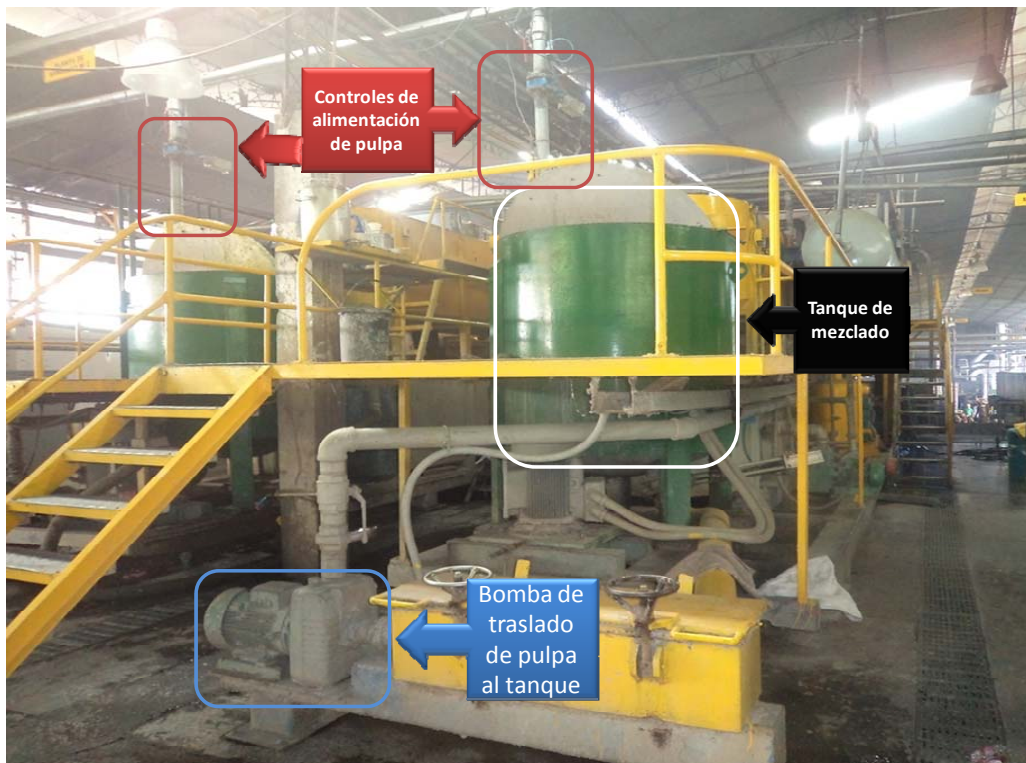
3.4 PREPARACIÓN DE LA PULPA

Del tanque de almacenamiento, la pulpa es enviada a cada una de las tres líneas por medio de una bomba que es activada por el operador desde el tanque de mezclado (ver figura 9), la bomba alimenta a las tres líneas, esta proceso no se hace en simultaneo, sino de manera cíclica en cada línea dependiendo su velocidad y con la restricción de que solo se pueden alimentar 2 líneas al tiempo, ya que las máquinas tienen velocidades diferentes en el consumo de pulpa, es improbable que las tres líneas necesiten pulpa en simultaneo. Una vez la pulpa se encuentra en el tanque de mezclado se le agrega 50 gramos de antiespumante y luego se le agrega agua ya que la consistencia en el moldeado debe ser inferior a la que viene del tanque.

Posteriormente se agregan 80 gramos de Vector (agente de resistencia en seco), inmediatamente se adicionan 500 gramos de Basoplast (encolante) el cual debe dejar en mezclado por 2 minutos.

Pasado el tiempo de espera se adicionan 40 gramos de Polimyn (agente de drenado y barrido de cargas) y los colorantes en caso que la bandeja a fabricar sea de color verde. Por último se activa la bomba de pasado de pulpa, para transferirla al tanque de almacenamiento de la planta, en donde la pulpa es acumulada antes de pasar a la cuba de moldeado. En el anexo U se ilustra el procedimiento completo de preparación de pulpa.

Figura 9. Tanque de mezclado



Fuente: El autor

3.4.1 Observaciones y opciones de mejora

- La cantidad de agua y pulpa necesaria en el tanque es decidida según experiencia y pericia del operador lo que ocasiona que esta “medida” sea subjetiva y varíe entre operadores diferentes.

Además el nivel total del tanque fue determinado de manera arbitraria según un método utilizado tiempo atrás en la empresa, ya que un año atrás el pulper principal de planta no había sido implementado y el molido de la pulpa se hacía en el mismo tanque de mezclado, el cual estaba equipado con cuchillas de molido de papel y cartón, por tanto no se tiene ninguna certeza de que el nivel manejado en la actualidad sea el equivalente al método anterior.

- La cantidad de químicos están determinados según un cálculo anterior para un bache que contenía 32 Kg de material seco, esta cantidad de material seco no puede ser medida y mucho menos garantizada con el método actual, lo que podría convertirse en un despilfarro de los agentes químicos o en un deterioro de la calidad de la bandeja, dado que la cantidad de los mismos no es suficiente para la cantidad de material seco presente en la pulpa.

3.5 PROCESO DE MOLDEADO

Una vez la pulpa es dispuesta en el tanque de almacenaje de pulpa de la planta el proceso adquiere un comportamiento de flujo continuo en donde la pulpa es transferida por medio de una bomba a la cuba de moldeo con un caudal constante. Una vez es dispuesta en la cuba una máquina moldeadora de rotor de doble cara y cuatro moldes se sumerge en la pulpa y se inicia el proceso de moldeo, inicialmente la máquina absorbe pulpa por medio de vacío en los moldes del rotor, en este proceso se absorbe y recicla el 96% del agua en promedio, (para ser reutilizada), la pulpa asume la forma del molde por una cara y se adhiere al mismo ya que el vacío sigue ejerciendo presión sobre ella, luego el rotor gira para sumergir la otra cara en la cuba y deja al descubierto la pulpa moldeada, en este

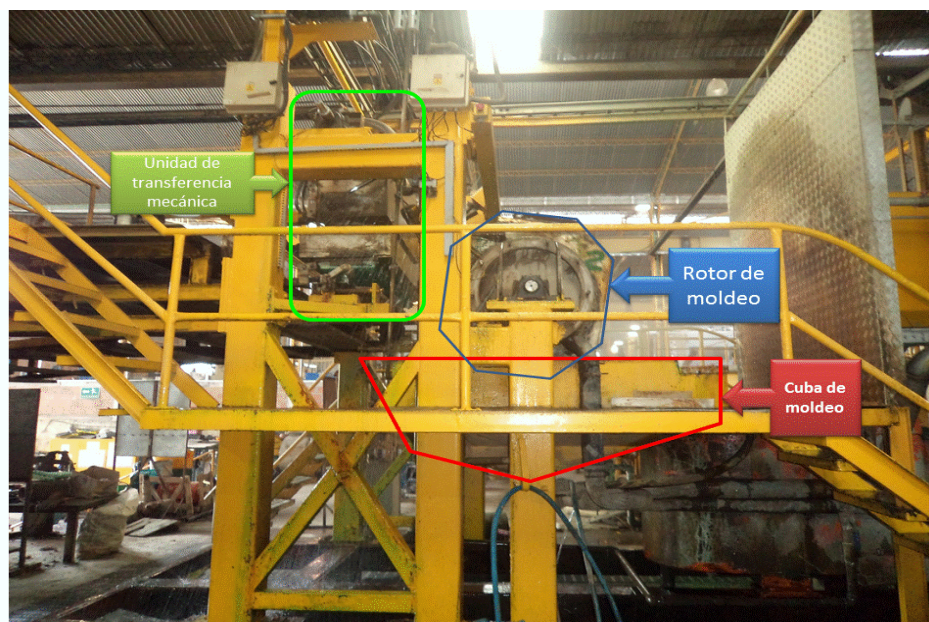
instante es trasferida por presión de aire a un contra molde que le da forma a la otra mitad de la bandeja y al mismo tiempo el contra molde ejerce presión de vacío para sostener la bandeja mojada.

El contra molde esta insertado al “transfer”, o unidad de transferencia mecánica, de la máquina y la bandeja es llevada a una bandeja metálica en grupos de a 4 unidades. En donde iniciará el proceso de secado. En las figuras 10 y 11 se aprecia la sección de moldeado.

3.5.1 Observaciones y opciones de mejora

- ✓ La velocidad de giro del rotor no está estandarizada para cada línea y aunque dicha velocidad está en función de la capacidad de secado de la máquina en ocasiones los operadores la alteran, o cambia por problemas neumáticos y no hay una medición diaria para percibir este fenómeno.

Figura 10. Sección de Moldeado



Fuente: El autor

Figura 11. Rotor y unidad de transferencia mecánica



Fuente: El autor

3.6 PROCESO DE SECADO

A continuación las bandejas mojadas entran al horno de secado sobre bandejas metálicas que las transporta en grupos de 4 unidades, los hornos de secado funcionan con vapor de agua el cual fluye a través de un sistema de intercambiadores de calor, y aunque la maquinaria de las tres líneas es idéntica hasta el proceso de moldeado, el horno de cada línea tiene un diseño diferente y por tanto tiene un recorrido, tiempo y eficiencia de secado totalmente diferente. Esta combinación de tiempo, recorrido y eficiencia del horno es lo que ocasiona que cada línea tenga una velocidad diferente de producción y en general el secado es el cuello de botella de la planta de producción en cada una de las tres líneas. Al final del recorrido por el horno la bandeja sale lista para su posterior empaque.

Figura 12. Sección de secado



Fuente: El autor

3.7 PROCESO DE EMPAQUE

Al finalizar el recorrido de secado la bandeja es apilada en bloques de 100 unidades, las cuales son prensadas para disminuir el volumen de las mismas y empacadas con cinta plástica según la referencia de la bandeja para su posterior estivado y almacenamiento.

El operador encargado de la recolección de las bandejas es relevado cada hora por el operador encargado de la máquina durante 10 minutos dado que esta tarea es altamente repetitiva y genera cansancio mental con facilidad.

En este punto las bandejas que salen livianas, porosas, quemadas, agrietadas y deformes de la línea son inmediatamente llevadas para su reproceso.

Por último las bandejas son agrupadas en estibas de 10.000 bandejas para ser almacenadas, ver figura 14 con la sección de almacenado de estibas.

Figura 13. Empaque de bandejas



Fuente: El autor

Figura 14. Estibado y almacenado de bandejas



Fuente: El autor

4. ESTABLECIMIENTO DE ESTÁNDARES DE TIEMPO

Es indispensable aclarar que muchos de los tiempos críticos de la operación no son dependientes del método de trabajo de los operadores sino de los tiempos de máquina, los cuales están programados en su mayoría por medio de PLC como es el caso de la molienda en el pulper principal, o en el caso de moldeado y secado son velocidades constantes de producción.

Sin embargo el estudio de métodos permite identificar desperdicios de mano de obra que se ocultan detrás de estos tiempos de operación constantes, para así lograr un mayor aprovechamiento del componente humano dentro del proceso, ya sea en otro tipo de actividades que le sumen valor al proceso o en busca de la disminución del costo de la mano de obra.

Para la realización del estudio de tiempos, se utilizó la escala de medición sexagesimal, lo cual indica que todos los tiempos fueron tomados en segundos y se utilizó un cronómetro digital el cual tiene la capacidad de grabar los tiempos en su memoria y no fue necesario tomar los datos acumulativos ni realizar vuelta a cero para los cálculos pertinentes, esto representa mayor exactitud en los datos y genera mayor confianza respecto al estudio.

Metodología Utilizada:

- ✓ Determinación de los elementos del ciclo de trabajo para cada proceso a estudiar.
- ✓ Determinación del número de observaciones de trabajo para cada uno de los procesos. Se decidió tomar una muestra preliminar “n” ciclos igual a 8, con base en estos datos, se calculó la desviación estándar y se estableció un nivel de confianza del estudio del 95%. Posteriormente, se fijó la precisión del estudio mediante el establecimiento del margen de error, el cual es independiente para

cada operación. En la tabla 4 se muestra el resumen de la premuestra y el resultado del tamaño de la muestra, en el **anexo A** se encuentran las observaciones correspondientes.

- ✓ Normalización de los tiempos. El cronometraje de los tiempos fue hecho mediante la medición repetitiva o de vuelta a cero, la escala de valoración escogida fue la de porcentajes.
- ✓ Asignación de suplementos. Los suplementos fueron establecidos siguiendo los parámetros estipulados en la tabla de la Oficina internacional del Trabajo (OIT).
- ✓ Determinación del tiempo asignado. En base a los suplementos asignados a cada operación y al tiempo normalizado, se establece el tiempo asignado para cada una de las operaciones del proceso.
- ✓ Determinación del tiempo estándar del proceso.

Tabla 4. Numero de muestras por proceso

actividad	premuestra	media (segundos)	desviación	T($\alpha/2$; n-1)	error esperado	Tamaño de la muestra
alimentación	8	238,9	17,4	2,3646	10	17
alistado	8	1176,6	18,6	2,3646	10	19
preparación baches	8	192,3	13,2	2,3646	10	10
Transferencia del bache	8	163,6	6,6	2,3646	5	10
muestra	8	51,5	6,1	2,3646	3	23

Fuente: El autor

4.1 PROCESO MOLIENDA DEL PAPEL Y CARTÓN

Los tiempos del proceso de molienda de papel y cartón dependen exclusivamente de la programación del PLC, sin embargo esto no implica que no se involucre tiempos de trabajador en dicho proceso. En la tabla 5 se ilustra la coordinación hombre-máquina en el proceso y se muestran los tiempos de máquina programados en el PLC.

Para poder identificar claramente la distribución del trabajo en la planta es necesario identificar el tiempo que los operarios invierten en cada uno de los procesos hombre - máquina, en este caso cuanto tiempo invierten en la alimentación del pulper y en el alistamiento de la materia prima para cada ciclo de producción.

Tabla 5. Actividades simultáneas Hombre- máquina

HOMBRE (3 operarios)		MAQUINA (pulper)			
Actividad	tiempo	Actividad	tiempo		
alimentación de papel y cartón	5 minutos aprox.	Molido de papel y cartón	20 minutos		
alistado de la materia prima próxima molienda	24 minutos aprox.			lavado paredes	4 minutos
				Transferencia de pulpa al tanque	8 minutos
				Lavado de Pulper y expulsión de desechos	1,5 minutos
TOTAL	29 minutos	TOTAL	33,5 minutos		

Fuente: El autor

Según el análisis de tiempos se observan que las dos actividades básicas en las que interviene la mano de obra en el proceso de molido son: **la alimentación de papel y cartón** la cual toma 295 segundos por cada bache de molido y el **alistado de la materia prima próxima molienda** la cual toma 1439 segundos por bache de molido. Ver tabla 6 con los tiempos estándar y anexo B para el cálculo de tiempo tipo. Estas actividades se deben repetir tantas veces al día como baches de molido se hagan, por tanto es importante calcular un estimado de baches en función de la velocidad de las plantas de producción.

Por tanto lo primero es medir las velocidades de moldeo de cada línea para lo cual, se tienen establecidas por defecto las siguientes velocidades:

- ✓ Línea 2 : 6 segundos/ciclo
- ✓ Línea 3: 8 segundos/ciclo
- ✓ Línea 4: 7 segundos/ciclo

Estas velocidades fueron establecidas con las primeras pruebas de funcionamiento de las plantas y más adelante se evaluarán posibles mejoras de las mismas.

Dado que en cada ciclo se producen 4 bandejas, se estima que en condiciones ideales se producirán:

- ✓ Para la línea 2: 2400 bandejas/hora
- ✓ Para la línea 3: 1800 bandejas/hora
- ✓ Para la línea 4: 2057 bandejas /hora

Lo que sumaría un total de 6257 bandejas/hora, y consumiría un material equivalente a 375 kilogramos en una hora teniendo en cuenta que el peso promedio por bandeja es de 60 gramos.

Con el consumo estimado se calcula que se necesitará hacer un bache de molido cada 1.6 horas.

Tabla 6. Tiempos estándar del proceso

actividad	T. Tipo (seg)	suplementos										T Estandar	
		constantes	trabajo de pie	por postura	uso de fuerza	iluminacion	condiciones atmosféricas	concentracion	Ruido	monotonia	tedio		total
alimentación	241,6	9	2	2	9	0	0	0	0	0	0	22	294,7735
alistado	1179,4	9	2	2	9	0	0	0	0	0	0	22	1438,913
preparación del bache	183,7	9	2	0	0	0	0	0	0	1	0	12	205,7328
Transferencia del bache	188,2	9	2	0	0	0	0	0	0	1	0	12	210,784
muestra	56,3	9	2	0	0	0	0	0	0	1	0	12	63,02653

Fuente: El autor

4.2 PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA PULPA

Este proceso en el que se pasa pulpa del tanque principal al tanque de mezclado para adicionar químicos, se lleva a cabo muchas veces durante el día y en función al ritmo de moldeado de cada planta.

El tiempo de mano de obra de este proceso fue separado en dos subprocesos esenciales.

El primero, **Preparación del bache** medido desde que el operador comienza a traer pulpa al tanque de moldeado hasta que aplica el último agente químico. El segundo, **transferencia de la pulpa** medido desde que el operador enciende la bomba de transferencia de pulpa hasta que el tanque de mezclado queda vacío.

El tiempo estándar de la **preparación del bache** y la **transferencia de pulpa** fue 183.7 y 188.25 segundos respectivamente. Ver tabla 6 con los tiempos estándar y anexo B para el cálculo de tiempo tipo.

Sin embargo las veces que un operario debe repetir estas operaciones varía dependiendo de la velocidad de moldeado de cada línea. Por tanto y

remitiéndonos a los cálculos que se hicieron en el apartado 4.1, se podrá estimar la cantidad de baches de preparado en función de la cantidad de material seco estipulado por bache y para el cual están calculados los químicos, la cual es equivalente a 32 Kilogramos de material seco por bache. Además las líneas presentan los siguientes consumos normales:

- ✓ Línea 2: 144 Kilogramos de material seco
- ✓ Línea 3: 108 Kilogramos de material seco
- ✓ Línea 4: 124 Kilogramos de material seco

Con esta información se plantea que las líneas necesitarán en condiciones normales la siguiente cantidad de baches de preparado:

- ✓ Línea 2: 4.5 baches/hora
- ✓ Línea 3: 3.3 baches/hora
- ✓ Línea 4: 3.9 baches/hora

Esta cantidad de baches por hora determinan las veces que se debe repetir el proceso de preparación del bache en función del tiempo.

Además al preparado del bache, hay otro proceso implícito en esta etapa de preparación. La **toma de la muestra del peso húmedo** es una tarea que el operador de planta hace cada vez que traslada la pulpa preparada al tanque de almacenamiento de la línea, ya que este peso húmedo le sirve como control para revisar si las proporciones de agua y pulpa fueron acertadas. Este proceso inicia inmediatamente después de trasladar la pulpa y termina en el momento en que el operador verifica el peso en la báscula.

Según la medición de los tiempos este proceso tiene un tiempo estándar de 56.3 segundos y se repite tantas veces como se ejecute la preparación del bache. Ver tabla 6 con los tiempos estándar y anexo B para el cálculo de tiempo tipo.

4.3 PROCESO DE MOLDEADO Y SECADO

El proceso de moldeado es uno de los tiempos principales a analizar en este trabajo ya que este es el que marca la velocidad de producción de cada línea, sin embargo este tiempo depende exclusivamente de la eficacia de secado de cada horno y está establecido en función del tiempo de ciclo estándar. Más adelante en el análisis experimental del secado se buscará un mejor valor de esta velocidad para cada línea.

El tiempo de secado por tanto depende exclusivamente del ritmo del moldeado, por tanto se ha verificado que la velocidad de ciclo de moldeado de cada planta en su tiempo estándar establecido, 6, 7 y 8 segundos por ciclo respectivamente para las línea 2, 3 y 4. Y se ha procedido a tomar el tiempo de recorrido de la bandeja desde que es puesta por la máquina en la línea hasta que sale del horno de secado para el empaque. Este tiempo fue tomado en tres ocasiones por línea sin variaciones mayores a 2 segundos cada vez.

El tiempo de recorrido de secado es el siguiente:

- ✓ Línea 2: 32 minutos y 15 segundos Aprox.
- ✓ Línea 3: 12 minutos y 20 segundos Aprox.
- ✓ Línea 4: 20 minutos y 50 segundos Aprox.

1.1. ANÁLISIS DE TIEMPOS OBTENIDOS

Hasta el momento solo se ha calculado los tiempos independientes por proceso pero esto aún no permite evidenciar la totalidad de tiempo de mano de obra que necesita el proceso en general, por tanto se hace un análisis con base en los tiempos individuales del proceso situándolos sobre un diagrama del funcionamiento de toda la planta en paralelo donde se analizará cual es la cantidad de mano de obra mínima y máxima que necesita la planta en simultaneo.

En la figura 15 observamos 8 columnas las cuales representan las actividades de 2 de los 3 operadores de cada planta; en la tabla 7 se referencia cada tipo de actividad con un color, ya que el operador encargado de empaque no se tiene en cuenta para este análisis dado que este siempre está ocupado en empaque.

En el diagrama se señaló con colores las diferentes actividades básicas de la planta de bandejas que están relacionadas directamente con la producción. Cada color representa una actividad indispensable para la operación y su distribución para un periodo de trabajo de 2 horas y media. Sobre el color está el número de empleados necesarios para su ejecución. Los espacios en blanco son tiempos disponibles por los operarios para pesar la materia prima y prestar otro tipo de labores de apoyo al proceso.

Teniendo en cuenta que la planta de bandejas cuenta con 8 personas para estas labores críticas de funcionamiento se puede llegar a la siguiente conclusión:

La planta de bandejas nunca necesita más 7 personas para su funcionamiento por tanto se puede poner en consideración el cargo de reciclador de planta ya que en los periodos en los que no se está moliendo la materia prima los demás operadores tienen suficiente tiempo para organizar y pesar el papel y el cartón. Con base en los tiempos observado, en las oportunidades de mejora señaladas en el diagnóstico y en la experimentación propuesta sobre la línea de producción se propone un nuevo método de trabajo. Ver Capítulo 9. Oportunidades de mejora encontradas, mejoras implementadas y evaluación de las mismas.

Tabla 7. Referencia de colores para actividades

Color representativo	Actividad
	preparar el bache
	pasar el bache
	tomar la muestra
	Relevo del empacador
	Alimentación y alistamiento en molienda

Fuente: El autor

Figura 15. Diagrama de actividades simultaneas de operadores de planta

				Línea 2	Línea 3	Línea 4	pulper	# trabajadores necesarios en simultaneo
	Operador L2	Operador L3	Operador L4	Bachero	Bachero	Bachero	Bachero	
60 minutos	1			1	1	1	3	4
				1	1	1		7
				1	1	1		7
	1	1		1				4
				1				5
				1	1	1		6
	1		1	1	1	1		7
				1	1	1		7
				1	1	1		5
	1			1				3
				1		1		2
				1		1		2
	1			1	1			1
				1	1			1
				1	1	1		2
1			1			3		
			1		1	2		
			1		1	1		
1			1	1		1		
			1	1		2		
			1	1	1	4		
1			1			2		
			1			2		
			1	1	1	4		
1			1	1	1	3		
			1	1	1	3		
			1	1	1	2		
1			1			2		
			1			2		
			1	1	1	5		
1			1	1	1	6		
			1	1		5		
			1	1		5		
1			1			5		
			1		1	4		
			1	1	1	5		
1			1	1		5		
			1	1		2		
			1	1	1	2		
30 minutos	1			1			2	
				1		1	3	
				1		1	3	
1	1			1			2	
				1			3	
				1	1	1	3	
1		1		1	1	1	4	
				1	1	1	4	
				1	1	1	3	
1			1	1			2	
				1				
				1	1	1		

Fuente: El autor

5. EXPERIMENTACIÓN Y BÚSQUEDA DE ÓPTIMOS

5.1 DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN

Se plantean 5 análisis experimentales, cada uno busca la mejora de una variable en particular con el fin de aumentar la productividad o disminuir el despilfarro, sin embargo el hecho de alterar cualquiera de estas variable puede afectar el producto fabricado, por tanto esta experimentación busca mejorar la productividad del sistema sin afectar las condiciones de calidad del producto, a continuación en la tabla 8 se muestran las variables de interés, los beneficios de mejora, las interacciones y posibles consecuencias del aumento de las mismas.

Tabla 8. Variables de interés para experimentación

Variable de interés	Posible afectación sobre el proceso	Variable de análisis de afectación	Beneficio esperado
Tiempo de ciclo de moldeado	Desmejoramiento del secado de la bandeja y por tanto deterioro de la resistencia al agua de la bandeja.	Porcentaje de absorción de agua después de inmersión 48 horas después de salida de secado.	la disminución de tiempo de ciclo de moldeado en cada una de las planta se traduce en un aumento directo de la productividad de la planta. Para mas detalle ver grafica "producción Vr tiempo de ciclo" a continuación
cantidad de Afranil por bache de mezclado	posibles problemas en moldeado por formación de espumas	No hay forma de evaluar la formación de espumas	Beneficio de costos al disminuir la cantidad de materia prima
cantidad de Vector por bache de mezclado	deterioro de la resistencia física y estabilidad estructural de la bandeja	índice de flexión	Beneficio de costos al disminuir la cantidad de materia prima
cantidad de Basoplas por bache de mezclado	deterioro de la resistencia al agua de la bandeja (Impermeabilidad)	Porcentaje de absorción de agua después de inmersión 48 horas después de salida de secado	Beneficio de costos al disminuir la cantidad de materia prima
Peso mínimo de las bandejas	deterioro de la resistencia física y estabilidad estructural de la bandeja	índice de flexión	Beneficio de costos al disminuir la cantidad de materia prima

Fuente: El autor

De las variables consideradas en la experimentación la “**cantidad de Afranil por bache de mezclado**” es descartada para el análisis, ya que la planta de

producción de bandejas no cuenta con equipos adecuados para medir la formación de espumas en la pulpa y por tanto no se puede medir el grado de afectación de la disminución del químico en el proceso. Otro factor delimitante para la experimentación es el hecho que la línea 2 ya se encuentra en su velocidad máxima de ciclo de moldeado, en consecuencia la línea 2 debe descartarse este análisis.

Según las interacciones observadas de las variables de interés se define hacer la experimentación de la siguiente manera:

Tiempo de ciclo de moldeado y Cantidad de Basoplast por ciclo de preparado: se plantea un experimento de tipo factorial 2^k , excepto en la línea 2 donde solo se experimentará con la cantidad de Basoplast por ciclo de preparado lo que reduce el análisis a uno más simple de un solo factor.

Dicha experimentación se llevará a cabo en varios días ya que se recomienda que la velocidad de cada línea sea alterada para periodos mínimos de 24 horas, esto debido a que la alteración de la velocidad se logra por medio de ajustes mecánicos al sistema hidráulico y los cambios frecuentes en pequeños intervalos de tiempo consumen tiempo de parada de planta y desajustan la coordinación del sistema mecánico en la sección de moldeado.

Por tanto cada día se mantendrá el nivel de velocidad o tiempo de ciclo estable y se cambiarán los niveles de la “Cantidad de Basoplast” a lo largo del día para tomar las muestras. Las muestras serán puestas en un periodo de espera de 48 horas para hacer la correspondiente prueba de inmersión en agua. (El tiempo de espera fue determinado según el experimento de estabilización de variables críticas del proceso, ver anexo D)

Cantidad de Vector por bache de mezclado y Peso de las bandejas: se plantea un experimento de tipo factorial 2^k .

Para la toma de datos se plantea mantener la “cantidad de Vector” estable en intervalos de dos horas y tomar en el transcurso de este tiempo una muestra de bandejas con los niveles de peso propuestos, y repetir dicha corrida para uno de los niveles de “cantidad de vector” propuestos.

Además del tipo de experimentación propuesta, el análisis por regresión y los diagramas de medias y dispersiones ayudarán a llegar a conclusiones estadísticamente aceptables y significativas.

5.2 TOMA Y VALIDACIÓN DE DATOS

Experimento 1

Línea: 2

Cantidad de factores: 1

Factor: Cantidad de Basoplast por bache de preparado

Cantidad de niveles: 3

Niveles: De 475 a 525 g por bache: nivel 1

De 425 a 474 g por bache: nivel 2

De 375 a 425 g por bache: nivel 3

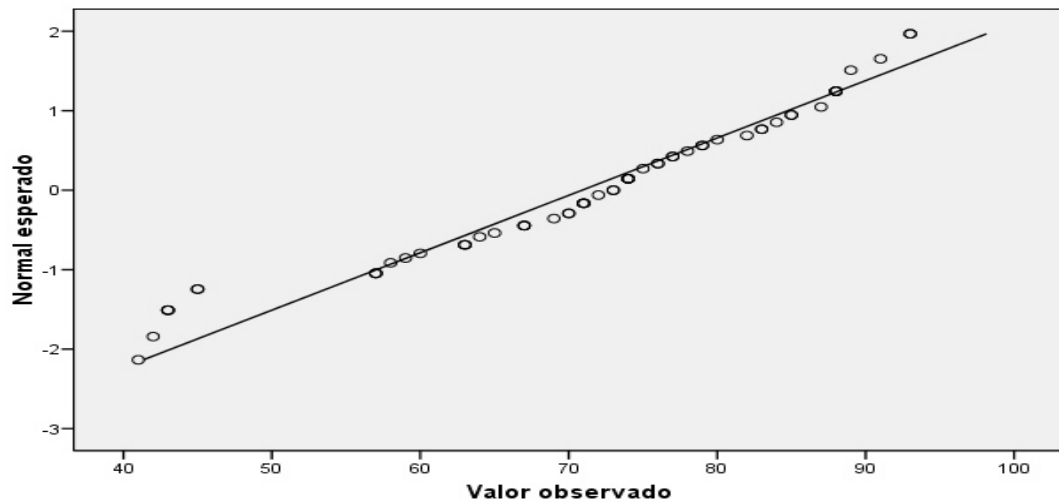
Variable dependiente: Porcentaje de absorción de agua después de inmersión 48 horas después.

Muestra: 20 datos en cada nivel.(ver anexo E con la tabla de datos de la experimentación).

Para el conjunto de datos se revisa si la población proviene de una población Normal por medio *del análisis de gráficos de residuales a continuación.*

En la figura 16 se observa la tendencia lineal de los residuales, hecho que se evidencia solo cuando la distribución fundamental de los errores es significativamente normal.

Figura 16. Residuales de “Porcentaje de absorción de agua” línea 2



Fuente: El autor

Experimento 2

Línea: 3

Cantidad de factores: 2

Factor 1: Cantidad de Basoplast por bache de preparado

Cantidad de niveles: 3

Niveles: De 475 a 525 g por bache: nivel 1 (Alto)

De 425 a 474 g por bache: nivel 2 (Medio)

De 375 a 425 g por bache: nivel 3 (Bajo)

Factor 2: Velocidad de Planta

Cantidad de niveles: 3

Niveles: De 7.9 a 8.0 Segundos/ciclo: nivel 1 (Lento)

De 7.7 a 7.8 Segundos/ciclo: nivel 2 (Medio)

De 7.5 a 7.6 Segundos/ciclo: nivel 3 (Rápido)

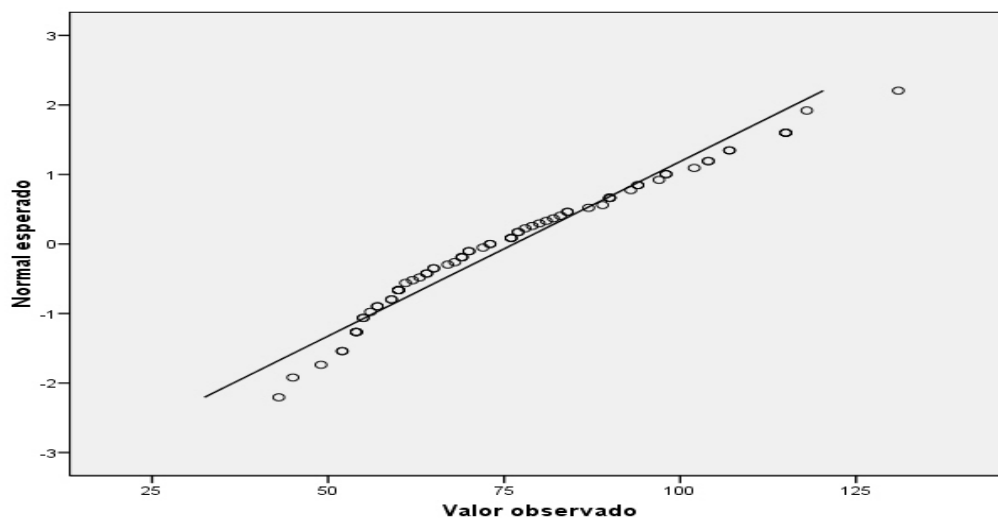
Variable dependiente: Porcentaje de absorción de agua después de inmersión 48 horas después.

Muestra: 8 datos en cada interacción.(Ver anexo E con la tabla de datos de la experimentación)

Para el conjunto de datos se revisa si la población proviene de una población Normal por medio del *análisis de gráficos de residuales a continuación*.

En la figura 17 se observa la tendencia lineal de los residuales, hecho que se evidencia solo cuando la distribución fundamental de los errores es significativamente normal.

Figura 17. Residuales de “Porcentaje de absorción de agua” línea 3



Fuente: El autor

Experimento 3

Línea: 4

Cantidad de factores: 2

Factor 1: Cantidad de Basoplast por bache de preparado

Cantidad de niveles: 3

Niveles: De 475 a 525 g por bache: nivel 1 (Alto)

De 425 a 474 g por bache: nivel 2 (Medio)

De 375 a 425 g por bache: nivel 3 (Bajo)

Factor 2: Velocidad de Planta

Cantidad de niveles: 3

Niveles: De 6.9 a 7.0 Segundos/ciclo: nivel 1 (Lento)

De 6.7 a 6.8 Segundos/ciclo: nivel 2 (Medio)

De 6.5 a 6.6 Segundos/ciclo: nivel 3 (Rápido)

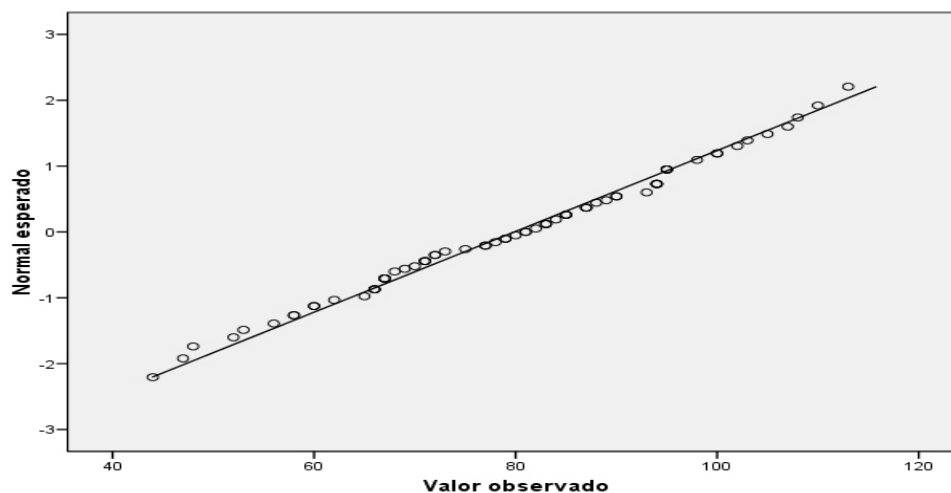
Variable dependiente: Porcentaje de absorción de agua después de inmersión 48 horas después.

Muestra: 8 datos en cada interacción.(Ver anexo E con la tabla de datos de la experimentación)

Para el conjunto de datos se revisa si la población proviene de una población Normal por medio del *análisis de gráficos de residuales a continuación*.

En la figura 18 se observa la tendencia lineal de los residuales, hecho que se evidencia solo cuando la distribución fundamental de los errores es significativamente normal.

Figura 18. Residuales de “Porcentaje de absorción de agua” línea 4



Fuente: El autor

Experimento 4

Línea: 2, 3 y 4

Cantidad de factores: 2

Factor 1: Cantidad de Vector por bache de preparado

Cantidad de niveles: 3

Niveles: De 75 a 85 g por bache: nivel 1 (Alto)

De 65 a 74 g por bache: nivel 2 (Medio)

De 55 a 64 g por bache: nivel 3 (Bajo)

Factor 2: Peso seco de la bandeja

Cantidad de niveles: 3

Niveles: De 54 a 57 gramos: nivel 1 (Liviana)

De 58 a 61 gramos: nivel 2 (Normal)

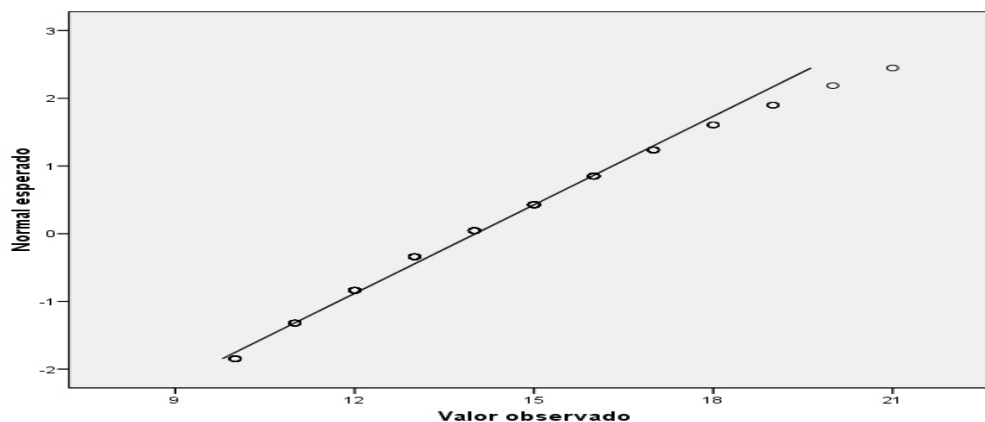
De 62 a 66 gramos: nivel 3 (Pesada)

Variable dependiente: Índice de flexión de la bandeja (ver anexo E para el cálculo del índice de flexión)

Muestra: 138 bandejas (ver anexo E con la tabla de datos de esta experimentación)

Para el conjunto de datos se revisa si la población proviene de una población Normal por medio del *análisis de gráficos de residuales a continuación*.

Figura 19. Residuales de “Flexión lateral” experimento 4



Fuente: El autor

En la figura 19 se observa la tendencia lineal de los residuales, hecho que se evidencia solo cuando la distribución fundamental de los errores es significativamente normal. Se identifican muchos puntos superpuestos en el centro de la recta lo que no se puede apreciar en la gráfica pero ratifican la tendencia de recta especialmente en los datos más centrales que son los de mayor importancia en este análisis.

5.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Experimento 1

ANÁLISIS DE ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Tabla 9. Estadísticos descriptivos del Porcentaje de absorción de agua de inmersión Línea 2

Nivel	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	20	55,30	9,815	2,195	50,71	59,89	41	71
2	20	79,50	7,830	1,751	75,84	83,16	67	93
3	20	77,90	7,254	1,622	74,51	81,29	67	91
Total	60	70,90	13,852	1,788	67,32	74,48	41	93

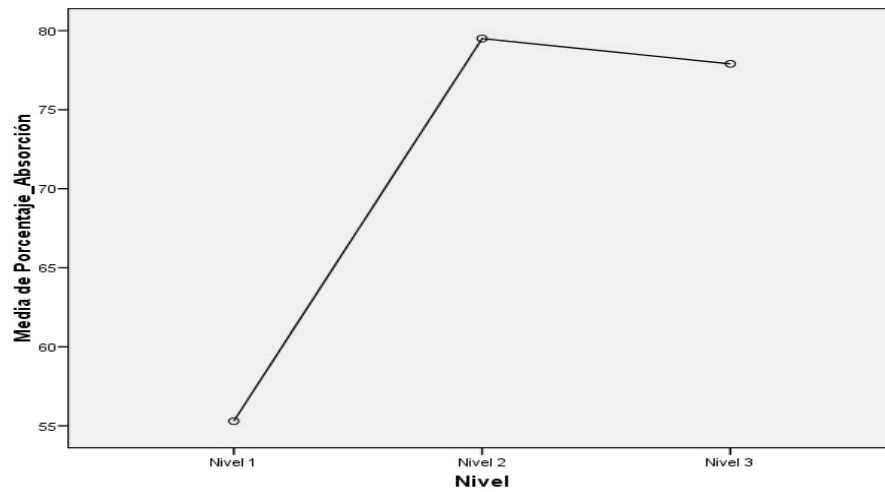
Fuente: El autor

Como se observa en la tabla 9 el valor medio del porcentaje de absorción en el nivel 1 es significativamente menor en comparación con los niveles 2 y 3. Además el límite superior del intervalo de confianza del nivel 1 es menor que el límite inferior de los niveles 2 y 3, lo que indica que en el nivel 1 se tiene un porcentaje de absorción diferente e inferior a los otros dos niveles. También se evidencia que los niveles 2 y 3 tienen medias y varianzas bastante similares y sus intervalos de confianza comparten gran parte del mismo rango lo que indica que se obtuvieron resultados muy similares en ambos niveles.

ANÁLISIS GRAFICO

Figura 20. Medias del Porcentaje de absorción de agua después de inmersión

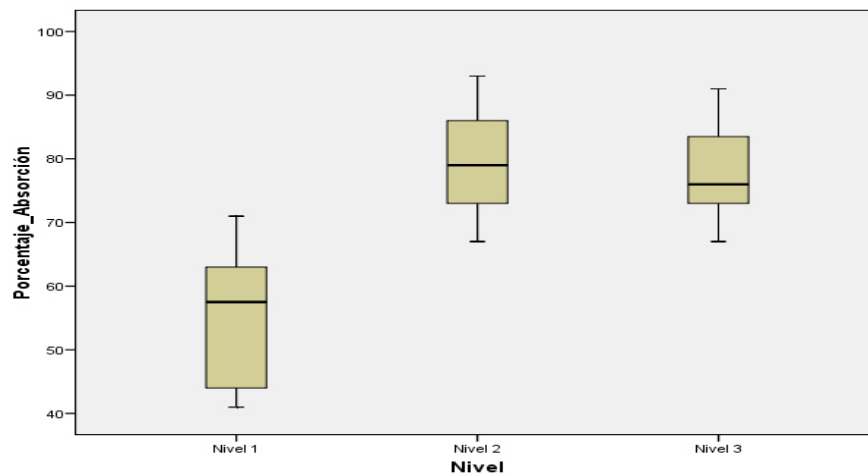
línea 2



Fuente: El autor

Figura 21. Diagrama de Cajas y Bigotes porcentaje de absorción de agua después

de inmersión línea 2



Fuente: El autor

En las figuras 20 y 21 se evidencia de nuevo la tendencia del nivel 1 a presentar valores significativamente inferiores a los encontrados en los niveles 2 y 3. Además queda claro que los niveles 2 y 3 presentan valores muy similares dentro

de los mismos rangos, hecho que sugiere que los dos niveles o tratamientos presentaron los mismos resultados.

En general todos los niveles presentaron valores aceptables de la variable “absorción de agua después de inmersión”, ya que se tiene establecido un máximo de 100% de absorción de agua, sin embargo el nivel 1 presenta mejores valores respecto a los otros dos niveles, dado que es mejor para esta variable buscar un mínimo de absorción de agua ya que lo que se desea es la resistencia al agua de la bandeja.

ANÁLISIS INFERENCIAL

Se plantea la siguiente Hipótesis:

H₀: El porcentaje medio de absorción de agua después de inmersión es el mismo para todos los niveles del factor Cantidad de Basoplast por bache de preparado.

H₁: El porcentaje medio de absorción de agua después de inmersión no es el mismo para todos los niveles del factor Cantidad de Basoplast por bache de preparado.

Tabla 10. ANOVA de un Factor Porcentaje de Absorción línea 2

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje_Absorción	Inter-grupos (Combinadas)	7326,400	2	3663,200	52,266	,000
Nivel	Intra-grupos	3995,000	57	70,088		
	Total	11321,400	59			

Fuente: El autor

Para confirmar la hipótesis nula el estadístico de prueba se compara con el $F_{(2, 57, 0.05)}$: 3.159, por tanto y como $F_{prueba} = 52.266 > F_{(0.05, 2, 57)}$: 3.159; entonces se rechaza la hipótesis Nula.

Experimento 2

ANÁLISIS DE ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Variable dependiente: Porcentaje absorción

Tabla 11. Estadísticos descriptivos del Porcentaje de absorción de agua de inmersión Línea 3

Cantidad Basoplast	Velocidad de ciclo	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
				Límite inferior	Límite superior
alta	Lenta	54,750	3,310	48,135	61,365
	media	55,375	3,310	48,760	61,990
	rápida	73,250	3,310	66,635	79,865
media	Lenta	72,625	3,310	66,010	79,240
	media	61,750	3,310	55,135	68,365
	rápida	85,500	3,310	78,885	92,115
baja	Lenta	83,125	3,310	76,510	89,740
	media	70,250	3,310	63,635	76,865
	rápida	104,125	3,310	97,510	110,740

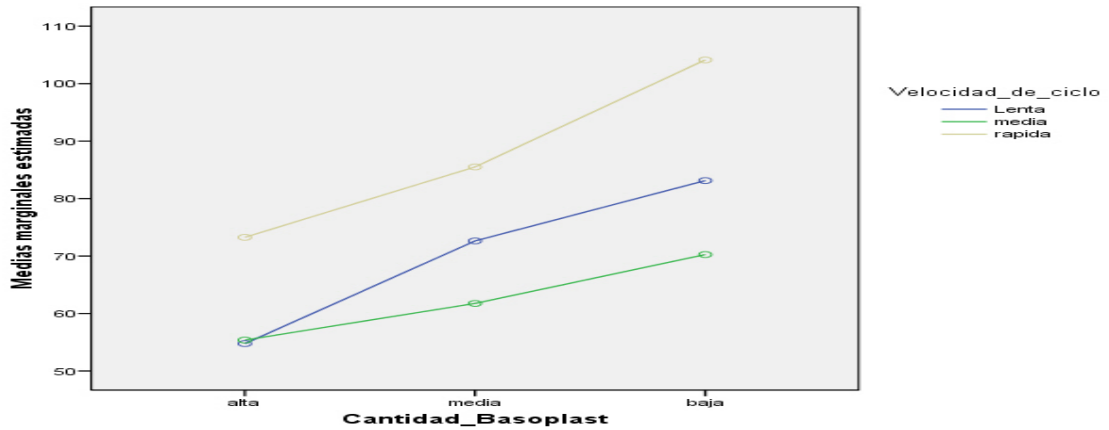
Fuente: El autor

En los estadísticos descriptivos de la tabla 11 se observa que 8 de las 9 interacciones cumplen con los parámetros establecidos de Porcentaje de absorción en el proceso, solo con la menor cantidad de Basoplast y en la velocidad más rápida se excede el máximo de 100% establecido, en su media y por tanto en su intervalo de confianza.

Además se observa una tendencia de índices más bajos de absorción para los valores más altos de cantidad de Basoplast y las velocidades más bajas de ciclo, comportamiento que concuerda con el esperado del experimento. El hecho de que todos aparentemente cumplan con los parámetros sugiere que el tiempo de ciclo se puede disminuir así como también la cantidad de Basoplast utilizada en el proceso.

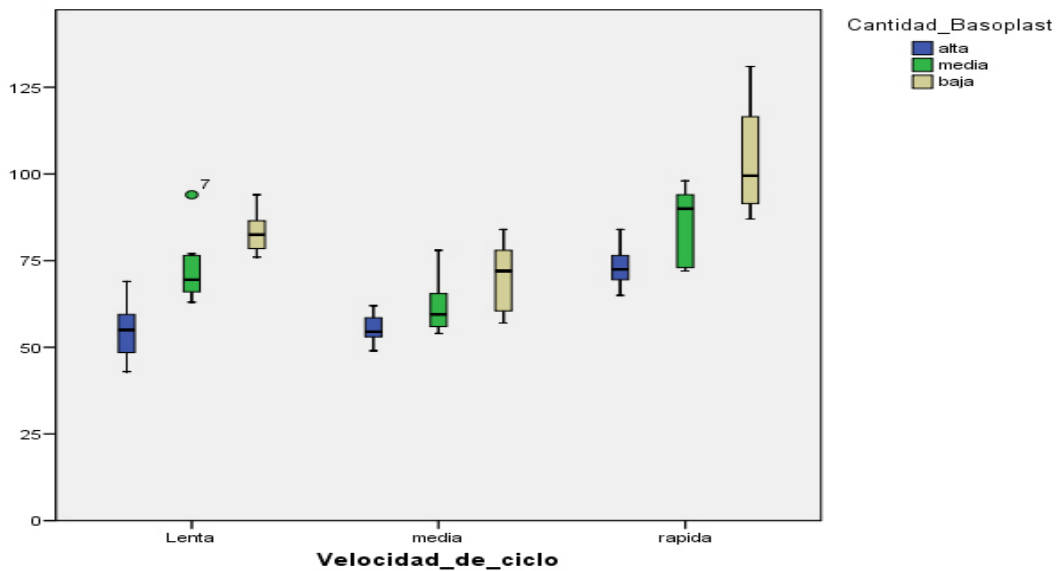
ANÁLISIS GRAFICO

Figura 22. Medias de Porcentaje de absorción después de inmersión línea 3



Fuente: El autor

Figura 23. Diagrama de cajas y bigotes Porcentaje de absorción de agua después de inmersión línea 3 discriminado



Fuente: El autor

En las Figuras 22 y 23 se reafirma la tendencia de aumento del porcentaje de absorción de agua en función de la velocidad de ciclo de manera directamente proporcional y en función de la cantidad de Basoplast en una relación inversamente proporcional.

Se observa que solo una de las 9 interacciones está por encima de los límites establecidos para la variable Absorción de agua después de inmersión.

ANÁLISIS INFERENCIAL

Tabla 12. ANOVA de dos factores con tres niveles cada factor

Variable dependiente: Porcentaje_absorción

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	16032,000	8	2004,000	22,857	,000
Cantidad Basoplast	7326,583	2	3663,292	41,783	,000
Velocidad de ciclo	7980,583	2	3990,292	45,513	,000
Cantidad Basoplast * Velocidad de ciclo	724,833	4	181,208	2,067	,096
Error	5523,500	63	87,675		
Total	409636,000	72			
Total corregida	21555,500	71			

Fuente: El autor

La tabla 12 muestra los F de prueba para comprobar la significancia de cada uno de los factores, por tanto para los efectos principales del experimento se infiere que si los estadísticos de prueba son mayores que $F_{(2,63,0.05)}=3.1428$ son estadísticamente significativos, como los estadísticos de prueba para “Cantidad de Basoplast” y “velocidad de ciclo” son 41.78 y 45.513 respectivamente se concluye que ambos efectos son influyentes en el proceso. Y que la variable Porcentaje de absorción es dependiente de los mismos.

Al analizar el efecto conjunto de las dos variables de interés tenemos que el $F_{(4,63,0.05)}=2.518$, por tanto como el estadístico de prueba es menor se concluye que la interacción de las dos variables de interés no es significativa para el proceso.

Experimento 3

ANÁLISIS DE ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Tabla 13. Estadísticos descriptivos del Porcentaje de absorción de agua de inmersión Línea 4

Cantidad Basoplast	Velocidad ciclo	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
				Límite inferior	Límite superior
Alta	Lenta	58,500	2,971	52,563	64,437
	Media	65,375	2,971	59,438	71,312
	Rápida	65,625	2,971	59,688	71,562
Media	Lenta	80,000	2,971	74,063	85,937
	Media	75,250	2,971	69,313	81,187
	Rápida	91,125	2,971	85,188	97,062
Baja	Lenta	89,875	2,971	83,938	95,812
	Media	88,500	2,971	82,563	94,437
	Rápida	104,500	2,971	98,563	110,437

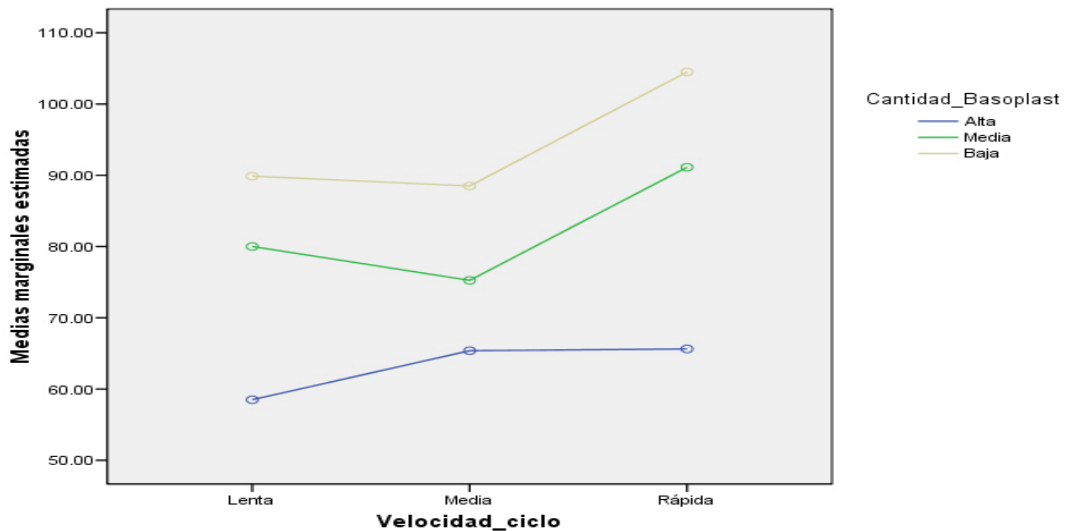
Fuente: El autor

En los estadísticos descriptivos en la tabla 13 se observa que 8 de las 9 interacciones cumplen con los parámetros establecidos de Porcentaje de absorción en el proceso, solo con la menor cantidad de Basoplast y en la velocidad más rápida se excede el máximo de 100% establecido, en su media y por tanto en su intervalo de confianza.

Además se observa una tendencia de índices más bajos de absorción para los valores más altos de cantidad de Basoplast y las velocidades más bajas de ciclo, comportamiento que concuerda con el esperado del experimento. El hecho de que todos aparentemente cumplan con los parámetros sugiere que el tiempo de ciclo se puede disminuir así como también la cantidad de Basoplast utilizada en el proceso.

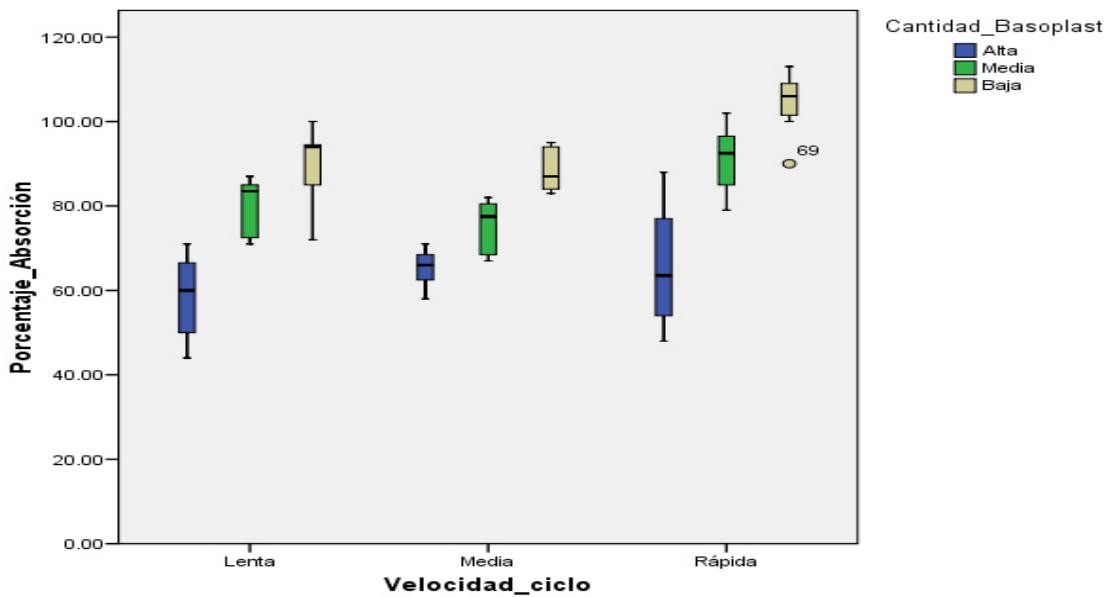
ANÁLISIS GRAFICO

Figura 24. Medias de Porcentaje de absorción después de inmersión línea 4



Fuente: El autor

Figura 25. Diagrama de Cajas y Bigotes Porcentaje de absorción de agua después de inmersión línea 4 discriminado



Fuente: El autor

En las figuras 24 y 25 se reafirma la tendencia de aumento del porcentaje de absorción de agua en función de la velocidad de ciclo de manera directamente

proporcional y en función de la cantidad de Basoplast en una relación inversamente proporcional.

Se observa que solo una de las 9 interacciones está por encima de los límites establecidos para la variable Absorción de agua después de inmersión. En todas las observaciones los resultados en la línea 4 son muy similares a la línea 3.

ANÁLISIS INFERENCIAL

Tabla 14. ANOVA de dos factores con tres niveles cada factor

Variable dependiente: Porcentaje Absorción

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Cantidad Basoplast	11809,694	2	5904,847	83,616	,000
Velocidad de ciclo	1878,528	2	939,264	13,300	,000
Cantidad Basoplast X Velocidad ciclo	703,389	4	175,847	2,490	,052
Error	4449,000	63	70,619		
Total corregida	18840,611	71			

Fuente: El autor

La tabla 14 muestra los F de prueba para comprobar la significancia de cada uno de los factores, por tanto para los efectos principales del experimento se infiere que si los estadísticos de prueba son mayores que $F_{(2,63,0.05)}=3.1428$ son estadísticamente significativos, como los estadísticos de prueba para “Cantidad de Basoplast” y “velocidad de ciclo” son 83.616 y 13.3 respectivamente se concluye que ambos efectos son influyentes en el proceso. Y que la variable Porcentaje de absorción es dependiente de los mismos.

Al analizar el efecto conjunto de las dos variables de interés tenemos que el $F_{(4,63,0.05)}=2.518$, por tanto como el estadístico de prueba es menor se concluye que la interacción de las dos variables de interés no es significativa para el proceso.

Experimento 4

ANÁLISIS DE ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Tabla 15. Estadísticos descriptivos del índice flexión lateral Experimento 4

Cantidad Vector	Peso seco	Media	Desv. típ.	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite inferior	Límite superior
Alto	Liviano	13,67	1,32	0,647	12,39	14,95
	medio	13,82	2,24	0,471	12,89	14,76
	pesado	10,67	1,21	0,793	9,10	12,24
Medio	Liviano	15,95	2,13	0,424	15,11	16,79
	medio	13,91	2,15	0,333	13,25	14,57
	pesado	11,60	1,52	0,868	9,88	13,32
Bajo	Liviano	16,00	1,41	0,734	14,55	17,45
	medio	14,48	2,04	0,424	13,64	15,31
	pesado	12,83	1,47	0,458	11,93	13,74

Fuente: El autor

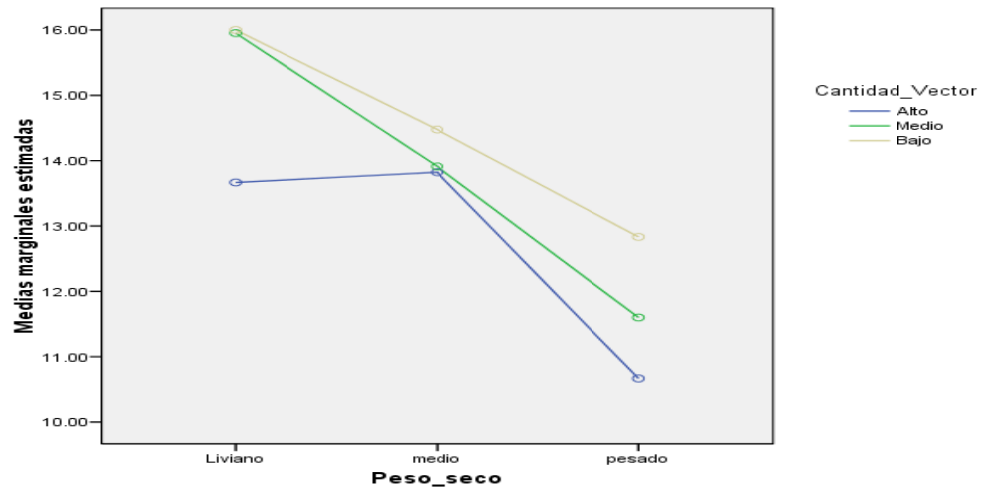
En los estadísticos descriptivos en la tabla 15 se observa una tendencia a disminuir los índices de flexión en función de los pesos secos más altos, sin embargo se considera que la bandeja no cumple con la resistencia adecuada cuando su índice de flexión es superior a 20, por tanto en general todos los tratamientos cumplen con los límites de calidad establecidos.

Se observa también una tendencia de mejora del índice de flexión para las cantidades de Vector más altas.

ANÁLISIS GRAFICO

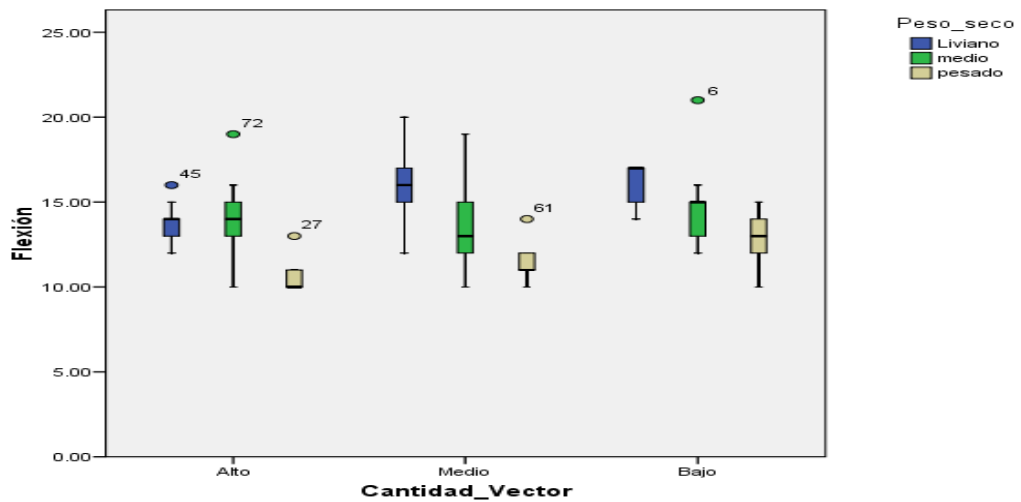
En las figuras 26 y 27 se evidencia la tenencia de los índices de flexión a ser más bajos en las bandejas con los pesos secos más altos, además se observa que la cantidad de vector no es tan influyente en el índice de flexión como lo es el peso de la bandeja ya que se evidencian medias e intervalos muy similares para los índices correspondiente a cantidades de vector diferentes pero con pesos iguales.

Figura 26. Medias de índice de flexión experimento 4 por niveles



Fuente: El autor

Figura 27. Cajas y Bigotes índice de flexión experimento 4 por niveles



Fuente: El autor

ANÁLISIS INFERENCIAL

Tabla 16. ANOVA de dos factores con tres niveles cada factor experimento 4

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Cantidad Vector	45,8293787	2	22,9146893	6,07692123	0,003005086
Peso seco	155,92357	2	77,9617852	20,6752804	1,62696E-08
Cantidad Vector X Peso seco	23,9193026	4	5,97982566	1,58583558	0,181931792
Error	486,429692	129	3,77077281		
Total	27853	138			

Fuente: El autor

La tabla 16 muestra los F de prueba para comprobar la significancia de cada uno de los factores, por tanto para los efectos principales del experimento se infiere que si los estadísticos de prueba son mayores que $F_{(2,129,0.05)}=3.0664$ son estadísticamente significativos, como los estadísticos de prueba para “Peso seco de la bandeja” y “Cantidad de Vector por bache de preparado” son 20.675 y 6.077 respectivamente se concluye que ambos efectos son influyentes en el proceso. Y que la variable índice de flexión es dependiente de los mismos.

Al analizar el efecto conjunto de las dos variables de interés tenemos que el $F_{(4,129,0.05)}=2.442$, por tanto como el estadístico de prueba es menor se concluye que la interacción de las dos variables de interés no es significativa para el proceso.

5.4 CONCLUSIONES DE LA EXPERIMENTACIÓN

Experimento 1

- Los resultados obtenidos en la variable “Absorción de agua después de inmersión” son mejores para el nivel 1 del factor “Cantidad de Basoplast por bache de preparado”, sin embargo ninguno de los tratamientos sobrepaso los

límites permitidos por el sistema lo que hace que los niveles 2 y 3 en conclusión sean admisibles dentro de los parámetros del sistema. Por tanto se concluye que el nivel 3, 400 gramos de Basoplast por bache, el cual resulta ser beneficioso en función de costos sea viable para el nuevo método de trabajo.

Experimento 2

- Se concluye que es viable aumentar la velocidad de moldeado de la línea 3 hasta 7.5 segundos/ciclo, siempre y cuando la cantidad de basoplast por bache de preparado se mantenga en 450 gramos por bache, dado que estos son los niveles que aumentan la productividad de la planta y disminuyen los costos de insumos sin afectar la resistencia al agua de la bandeja.

Experimento 3

- Se concluye que es viable aumentar la velocidad de moldeado de la línea 4 hasta 6.5 segundos/ciclo, siempre y cuando la cantidad de basoplast por bache de preparado se mantenga en 450 gramos por bache, dado que estos son los niveles que aumentan la productividad de la planta y disminuyen los costos de insumos sin afectar la resistencia al agua de la bandeja.

Experimento 4

- Se concluye que es viable disminuir el peso mínimo de la bandeja hasta 56 gramos y la cantidad de vector por bache de preparado hasta 60 gramos por bache, dado que estos son los niveles que aumentan la productividad de la planta y disminuyen los costos de insumos sin afectar la resistencia estructural de la bandeja en forma significativa.

Los valores encontrados como buenos en la experimentación fueron implementados en el sistema a partir de 2 de enero del presente año. Ver capítulo9. Oportunidades de mejora encontradas, mejoras implementadas y evaluación de las mismas.

6. SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

6.1 DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

El inventario en la planta de producción de bandejas consta de 10 tipos de materias primas e insumos, las cuales están divididas en tres grupos principales, para los cuales se tienen políticas de pedido y control de inventario diferentes.

El primer grupo es el de fibras recicladas, en este se encuentran el papel y cartón en general, los cuales están clasificados internamente según las cualidades de sus fibras, ver capítulo 1. Descripción y diagnóstico del proceso para la descripción de las materias primas y su empaque correspondiente.

Este tipo de materia prima tiene dos clases de proveedores, aquellos que cuentan con bodegas de almacenamiento y un proceso de empaque en bloques de papel y cartón comprimido, y aquellos que cuentan con rutas de reciclaje semanales que no tienen bodega de almacenamiento, los cuales recogen, empacan y distribuyen el papel y cartón dentro de la misma ruta programada.

Para este primer grupo de materia prima no se hacen pedidos formales al proveedor, en cambio los diferentes proveedores llevan constantemente papel y cartón según su disposición propia, en caso de presentarse que en un mes en particular ingrese una cantidad muy grande de papel o cartón se procede a congelar las entradas de dicha materia prima por un periodo de tiempo determinada, generalmente de una semana. En el caso contrario donde se ingresa una cantidad muy baja de un tipo en particular de materia prima se procede a hacer un pedido formal por medio del departamento de compras a un proveedor

del primer tipo el cual maneja inventario y puede dar respuesta efectiva a la necesidad.

El segundo grupo es el de insumos químicos, en este se encuentran el Afranil, el Vector, el Basoplast, el Polimyn, El amarillo Auramina y el Verde Malaquita. Los primeros 4 son agentes químicos de presentación líquida y son empacados en contenedores estándar de una tonelada, los dos colorantes son polvos granulados empacados en cajas de 25 Kg cada uno. Estos insumos químicos tienen una dinámica de compras y control de inventario más estricto que las fibras recicladas. Respecto al abastecimiento se tiene establecida una regla de pedidos mensual en donde todos los 25 de cada mes se hace una solicitud de compra por parte del jefe de plantas de bandejas. Dichos pedidos llegan a la planta entre los días 5 y 8 del mes siguiente. La regla de pedido para cada agente químico se encuentra especificada en el anexo V.

Las condiciones de pedido establecidas resultaron de una negociación con los proveedores, dado que si se garantiza un pedido mensual de mínimo de cuatro contenedores el proveedor no cobra ningún costo por fletes del producto lo que es muy beneficioso ya que el proveedor se encuentra localizado en Cali. Además dado que el pago de este tipo de proveedores es mensual, ocasiona gastos de gestión administrativa muy bajos al ejecutar una sola tarea de pago mensual al proveedor.

El inventario de estos productos es controlado por peso ya que el encargado del almacén de suministros extrae y pesa diariamente la cantidad de químico utilizada con una balanza de precisión de un gramo. Además los contenedores tienen indicadores de volúmenes en sus costados y dado que la densidad de estos agentes es muy aproximada a la del agua hay muy poca posibilidad de error.

El tercer grupo es el de combustibles de caldera, en este se encuentra el Carbón y el cuesco de palma o cascarilla. En el capítulo 1. “Descripción y diagnóstico del proceso” se describieron estas materias primas y su almacenaje. Este grupo de insumos presenta un problema de control de inventario, ya que la cantidad de materia prima de este tipo arrumada o acumulada por fuera del silo de almacenamiento es difícil de estimar y no se cuenta con una infraestructura que permita el control de peso del insumo consumido. Además el rendimiento térmico de la cascarilla no es una constante en el proceso ya que está depende del proveedor, de la época del año y la calidad propia de la palma de la que se extrae el cuesco, por tanto la cascarilla presenta rendimientos térmicos diferentes cada mes o incluso cada semana.

El abastecimiento de cascarilla no tiene una política de compras definida en base a la cantidad de inventario. Se tienen dos proveedores para el cuesco de palma, dichos proveedores ingresan cascarilla a la planta según su producción, ya que la cascarilla tiene dos trimestres de alta producción y dos de estacionalidad baja tiene que abastecerse de la mayor cantidad de este combustible para la caldera ya que por norma ambiental las calderas de industrias Falcon deben funcionar con un mínimo de 75% cascarilla y 25% Carbón, básicamente se acepta toda la cascarilla posible durante los meses de alta demanda. La tolva de almacenamiento no tiene la capacidad necesaria para los volúmenes de cascarilla que se compran en los meses de alta productividad por tanto el cuesco debe ser almacenado en un patio contiguo, y diariamente se ingresa por medio de una tolva de alimentación la cascarilla necesaria para llenar la tolva de almacenamiento.

El carbón se mantiene en una sección separada de la misma tolva de almacenamiento sin embargo solo una cuarta parte de la capacidad de la tolva se utiliza para almacenar el carbón. Dado que el carbón no es recomendable según disposiciones ambientales, su utilización se reduce al mínimo posible y como su rendimiento térmico en Kilocalorías por kilogramo, y densidad es mayor que el

cuesco. La capacidad del 25% de la tolva de almacenamiento es la capacidad máxima de carbón que puede tener en un momento determinado en el inventario de la planta. La compra de carbón solo se hace por solicitud expresa del jefe de planta cuando la tolva de almacenamiento de carbón disminuye por debajo del 50% de su capacidad, el pedido normal oscila entre 30 a 33 toneladas.

En la tabla 17 se muestran los consumos promedio en pesos de cada materia prima o insumo, y el inventario promedio manejado al cierre de cada mes, promedios calculados de Enero a Diciembre del 2011.

Dado que la planta de producción de bandejas no maneja inventario de producto en proceso y su inventario de producto terminado nunca sobrepasa a dos días de producción de bandejas, no se han considerado en este análisis.

Tabla 17. Consumo promedio de materias primas 2011

MATERIA PRIMA	consumo Promedio [\$]	Inventario Promedio [%]
CARBÓN	\$ 31.741.723	\$ 23.162.070
PAPEL	\$ 31.343.223	\$ 24.666.250
CARTÓN	\$ 29.611.638	\$ 33.167.640
BASOPLAST 860	\$ 18.334.948	\$ 15.987.000
CUESCO DE PALMA	\$ 12.606.243	\$ 5.276.544
VECTOR	\$ 3.997.446	\$ 2.668.000
VERDE MALAQUITA	\$ 3.337.249	\$ 2.214.900
POLIMYN	\$ 3.016.614	\$ 2.330.518
AFRANIL	\$ 2.606.768	\$ 1.936.905
AMARILLO AUR.	\$ 1.798.320	\$ 1.129.000

Fuente: Industrias Falcon Documento Análisis de costos 2011

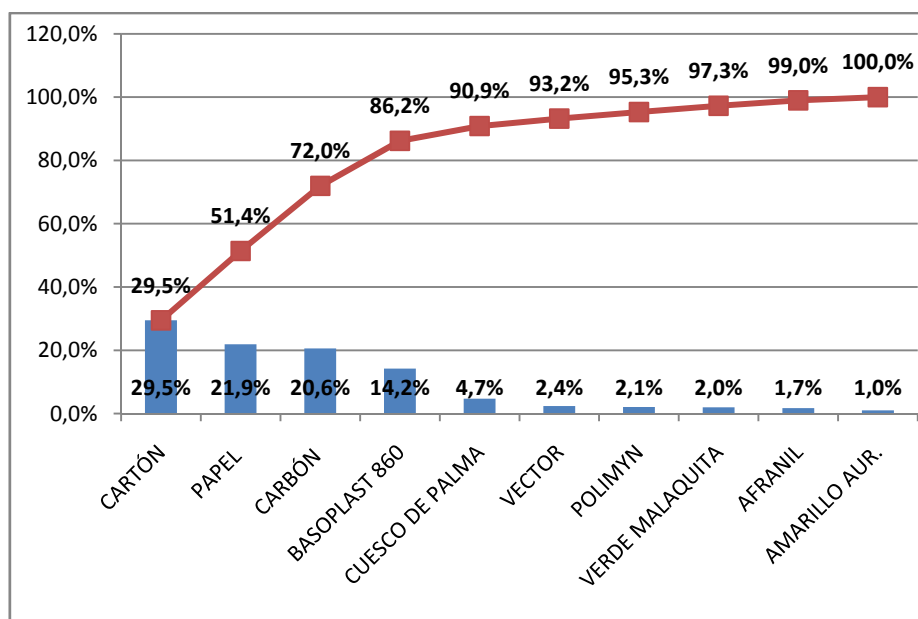
6.1.1 Observaciones y opciones de mejora

- ✓ No se cuenta con un método de medición confiable para determinar la cantidad de papel y cartón que se encuentra en bodega dado que la materia prima es arrumada en los mismos espacios sin discriminar su tipo de fibra o empaque lo que ocasiona confusiones tanto para identificar el tipo de materia prima como para cuantificar el peso de la misma.
- ✓ En los pedidos de papel y cartón, no hay un criterio de decisión válido definido formalmente para determinar cuándo la cantidad de papel o cartón en inventario es considerada alta o baja. Por tanto este criterio es totalmente subjetivo, variable y poco fiable.
- ✓ No hay ninguna medición sobre el consumo del carbón y cascarilla de la planta lo que no permite hacer una contabilización real del inventario de este tipo de insumo y dificulta la estimación del consumo de la planta, este hecho también afecta el costo asignado a la producción por el consumo de los mismos.

6.2 DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PROPUESTO

Para facilitar la identificación de los inventarios críticos del sistema productivo se hace un análisis de Pareto en función al costo promedio del inventario, ver figura 28. En el análisis de Pareto se identifica claramente que el 86% del costo del inventario promedio es ocasionado por 4 elementos, el cartón, el papel, el carbón y el Basoplast.

Figura 28. Pareto del costo del inventario promedio



Fuente: El autor

Si se considera que el único producto que fabrica la planta es la bandeja moldeada a base de fibras recicladas es normal que solo el cartón y el papel representen el 51% del costo del inventario promedio, sin embargo el hecho de que el carbón por si solo sea el tercer inventario más costoso de la planta en el 2011 es un hecho anormal y totalmente contradictorio con la política de compra y consumo del mismo ya que en teoría este debería ser uno de los costos menos representativo ya que por restricciones ambientales se debe evitar a toda costa su uso. Sin embargo por motivo de la ola invernal y su afectación al cultivo de palma, en el año 2011 solo el segundo trimestre del año presentó alta productividad de cascarilla por tanto Industrias Falcon se vio obligada a aumentar el consumo de carbón al máximo permitido por la autoridad ambiental.

Partiendo de este análisis y según el interés de la jefe de planta, se plantea el diseño e implementación de una redistribución de la zona de almacenaje de papel y cartón en función de una mejor forma de contabilizar el inventario así como

también definir cantidades, frecuencias y políticas de abastecimiento de estas dos materias primas.

Además se plantea el diseño e implementación de un control para medir el consumo aproximado de carbón y cascarilla de la planta.

6.2.1 Redistribución Zona de almacenaje y planteamiento del modelo de pedidos de papel y cartón.

La zona de almacenamiento general tiene una distribución inicial según se observa en el anexo W en el plano de planta, se puede evidenciar dos problemas ya mencionados con anterioridad, el primero es el hecho de que la zona no tiene definidos espacios o sub zonas según el tipo de materia prima y empaque, el segundo es que hay zonas de almacenamiento muy lejanas al pulper principal hecho que implica grandes desplazamientos desde estas hasta la zona de pesado y alimentación del pulper. El problema de los desplazamientos se debe principalmente a la sobre acumulación de inventarios en determinados periodos de tiempo, esto debido a la falta de una regla de compra de papel y cartón, una forma de medición fiable y un seguimiento constante sobre el inventario.

Además el hecho que se disponga materia prima lejos del área del pesado ocasiona que dicha materia prima que se encuentra alejada rote menos que la se dispone cerca, ya que el operario prefiere, por razones evidentes, la materia prima cercana. Esto sumado a que la frecuencia de llegada del papel y cartón es alta ocasiona que la materia prima almacenada en los sitios más lejanos permanezca en planta por largos periodos de tiempo, lo que ocasiona pérdidas por obsolescencia del producto.

Por tanto y para facilitar la organización se considera un reordenamiento en función de evitar los grandes desplazamientos de la materia prima y permita una más fácil y eficaz contabilización de la misma.

Por estas razones se proponen los siguientes cambios:

- ✓ La demarcación de una zona para pesar la materia prima al frente del pulper, ya que aunque la materia prima siempre es pesada adyacente al pulper principal el hecho de no tener un espacio suficientemente amplio establecido especialmente para estas actividades ocasiona que cuando se hace el proceso de pesado se bloquen pasillos de tránsito peatonal, creando un problema de seguridad y de comodidad para el trabajo.
- ✓ Demarcación de zonas de almacenamiento para cada tipo de materia prima según su tipo y empaque. Para así poder contabilizar de manera más rápida y fiable la cantidad de inventario en planta.
- ✓ La asignación de zonas debe ser cercana a la zona de pesaje y debe tener en cuenta que tanto las zonas del papel como el carton deben estar equidistantes a ésta.

La redistribución de la zona de almacenaje se ilustra en el anexo W, se observa la redistribución propuesta en función a los problemas observados con anterioridad, sin embargo esta propuesta necesita disminuir el área dispuesta para almacenamiento y por tanto la cantidad de inventarios manejados en planta en un 25% para poder ser correctamente implementada.

6.2.2 Consideraciones para el sistema de pedidos

- ✓ Ninguna fibra reciclada debe permanecer más de seis semanas en la planta ya que las condiciones ambientales podrían deteriorar la materia prima y ocasionar pérdidas por obsolescencia.
- ✓ El costo del seguro general de la planta es fijo y no tiene en cuenta la cantidad de inventario de ningún tipo que se maneje en la misma, por tanto la disminución del inventario no afectará este costo.
- ✓ El hecho de disminuir el área de almacenaje utilizada por la planta no cambia de ninguna forma el costo que se asume por la depreciación de la infraestructura.

- ✓ La planta nunca debe llegar a tener un inventario de papel y cartón en cero, dado que esto pararía totalmente la operación de la misma. No se permiten faltantes.
- ✓ El costo de la materia prima y los fletes según cada tipo de proveedor se presentan en el anexo X.
- ✓ La disponibilidad total de cada materia prima, pedido mínimo y máximo y tiempo de entrega máximo de los proveedores según su clasificación se encuentra en el anexo X.
- ✓ El consumo mensual de planta en condiciones normales es constante y dependiente del ritmo de producción por tanto para la operación en condiciones normales la planta consume 168 Toneladas de papel y 120 toneladas de Cartón. Partiendo del supuesto que la planta opera 23 horas diarias reales sin paradas no programadas.
- ✓ Se establecerá un inventario de seguridad mínimo con el equivalente a la materia prima necesaria para la producción de 2 días.
- ✓ La confiabilidad del proveedor representa las veces que el proveedor no ha incumplido con un pedido determinado en el último periodo de un año.

6.3 INDUSTRIAS FALCON NO RECIBE DESCUENTOS POR POLÍTICAS DE VOLÚMENES POR PARTE DE ESTE TIPO DE PROVEEDORES. Objetivos del sistema de pedidos

- ✓ Disminuir la cantidad de inventario promedio de papel y cartón en la planta de producción de bandejas en un 25%, de manera que permita la desaparición de las zonas de almacenamiento que generan grandes desplazamiento en la planta y reduzca el capital invertido en inventarios en la planta.
- ✓ Disminuir los costos asociados a fletes de papel y cartón.
- ✓ Disminuir los costos de papel y cartón por medio de una priorización en los proveedores con más bajo precio de la materia prima.

- ✓ Velar por que siempre se cuente con suficiente materia para alimentar el sistema productivo.

6.3.2 Sistema de pedido de Papel y cartón.

- ✓ Se establece que el punto mínimo que puede alcanzar el inventario según las consideraciones anteriores es de 11200 kilogramos para papel y 8000 kilogramos de cartón.
- ✓ Se establece un pedido semanal ideal de acuerdo al consumo Normal de planta. Esto equivale a 42000 Kilogramos de papel y 30000 toneladas de cartón.
- ✓ El cálculo del pedido ideal se hace priorizando en los proveedores locales a los cuales se les pide el máximo de su capacidad teniendo en cuenta el porcentaje de confiabilidad del mismo. Ver tabla 18 con las cantidades ideales.

✓

Tabla 18. Pedido semanal ideal por proveedor

tipo de proveedor	Pedido semanal Ideal [Kg]		despacho probable [Kg]	
	papel	cartón	papel	cartón
Pequeño local	5000	20000	4500	18000
Grande local	22500	12000	22500	12000
Grande Nacional	15000	0	15000	0
Total	42500	32000	42000	30000

Fuente: el autor

- ✓ El primer día de cada semana se hace una estimación del inventario en planta, esta estimación se contrasta con el mínimo de inventario permitido, si el nivel de papel está por debajo del mínimo permitido se debe sumar el faltante al pedido ideal, específicamente al pedido del proveedor grande de nivel Nacional ya que este es el único con capacidad disponible adicional. Si se

presenta un nivel por debajo del mínimo para el cartón entonces el pedido faltante se adiciona a los proveedores de cartón grandes locales ya que estos aún tienen capacidad de responder la necesidad de abastecimiento.

- ✓ También se define un máximo de inventario para comparar con la estimación semanal de inicio de semana, este límite máximo corresponde al 150% de las cantidades mínimas, por tanto se define este valor en 16800 Kilogramos de papel y 12000 Kilogramos de Cartón. Si se presenta un exceso de papel o cartón al inicio de la semana este se restará del pedido ideal para el proveedor más costoso del mismo.

6.3.3 Puesta en marcha:

La demarcación de zonas inicio el día 15 de Diciembre según los parámetros establecidos en el análisis de redistribución, ver fotos en figura 29.

El sistema de pedidos de papel y cartón se puso en marcha a partir de Enero del presente año según disposiciones del jefe de planta. Ver evaluación de resultados Capítulo 9. Oportunidades de mejora encontradas, mejoras implementadas y evaluación de las mismas.

Figura 29. Fotos de demarcado de zonas de almacenamiento



Fuente: el autor

6.3.2 Control de cascarilla y carbón.

Para facilitar la estimación del consumo diario se determinó un control en el punto de alimentación, dado que se conocen las densidades de cada insumo y la tolva de almacenamiento se abastece diariamente, se midió y determinó el volumen de la tolva de alimentación con la que se introduce el carbón y la cascarilla a la de almacenamiento, y se determinó el peso total de cada combustible en el volumen de la tolva. Ver tabla 19.

Tabla 19. Densidades y cálculo de peso de insumos en tolva de alimentación

Insumo	Densidad [gr/cm ³]	Densidad [kg/m ³]	volumen tolva [m ³]	peso total en tolva de alimentación [TON]
Carbón	0,8	760,9	15,6	11,9
cascarilla	0,5	518,5	15,6	8,1

Fuente: el autor

Con este cálculo se elaboró un formato para el control diario de la cantidad de tolvas de alimentación que se tienen que cargar para abastecer a la de almacenamiento. Ver anexo P. con los datos de este formato se obtiene una estimación de la cantidad de carbón y cascarilla utilizada. Este control se estableció a partir del mes de agosto, ver anexo P, con la estimación de consumo de Agosto.

7. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

7.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

La planta de producción de bandejas centra el control de calidad a la medición de dos características básicas de las bandejas, las cuales son el peso y la resistencia al agua de las mismas. Además de la inspección de defectuosos en los lotes de producción. La medición de variables e inspecciones se hacen de la siguiente manera:

Medición de peso de la bandeja: cada hora el inspector de calidad toma una muestra de una bandeja tan pronto esta sale del proceso de moldeado y antes de que esta entre al proceso de secado, la muestra es sacada del sistema para tomar su peso después de moldeado y en su lugar se pone una pieza redonda de pulpa mojada a la que llamaremos en adelante **indicador de muestra**. Esta muestra siempre es tomada del mismo molde lateral y de la misma cara del rotor, y a esta medida se le denomina **Peso húmedo**, esta medida también es tomada por el operador cada vez que hace la transferencia de la pulpa al tanque de almacenamiento antes de moldeado.

Dependiendo de la línea de producción el indicador de muestra saldrá de secado 12, 20 o 32 minutos después, en ese momento el bandejero toma como muestra las 4 bandejas siguientes que corresponden a la misma cara del rotor del que se tomó el peso húmedo. Las cuales son entregadas al inspector de calidad para su pesado inmediato, al peso de la bandeja recién salida del proceso de secado se le llama **peso seco**. El peso seco es constantemente monitoreado por el bandejero.

Medición de Impermeabilidad o resistencia al agua: De una a dos horas después de salidas del proceso de secado el grupo de bandejas es pesado

nuevamente, esta medida se conoce como **peso ambiente**, y posteriormente es sumergido en agua durante 30 segundos y pesado, esta medida es llamada **peso sumergido**. La cantidad de agua absorbida por la bandeja indica que tanta resistencia al agua ha ganado la bandeja.

A continuación se indican los límites permitidos para cada uno de los parámetros de control del proceso y las medidas correctivas que se toman si estos no están dentro de los parámetros establecidos.

Peso húmedo: esta medida depende del tipo de fibra y el comportamiento del proceso, básicamente es una guía que permite predecir el comportamiento del peso seco de la bandeja después del secado, sin embargo varía en función de las fibras molidas en un día particular y el comportamiento del sistema de vacío. En caso de detectarse un peso demasiado bajo o alto en comparación con los manejados en el mismo día se le recomienda al operador disminuir o aumentar el nivel de agua o pulpa que está manejando para ese día.

Peso seco: para este se tienen límites de peso establecidos entre 57 y 63 gramos por bandeja, cuando se encuentra un peso inferior o superior del establecido entonces se revisa si el peso húmedo de la bandeja estuvo acorde al recomendado para ese día, si no estuvo acorde entonces la corrección se debió haber hecho con anterioridad, pero sí estuvo en un peso húmedo “de acuerdo al recomendado” entonces hay que volver a recomendar un nuevo peso húmedo ya sea más alto o más bajo. En caso de que el peso seco encontrado por el encargado de calidad o por el bandejero en sus inspecciones rutinarias sea inferior o igual 55 gramos las bandejas son sacadas del sistema para su posterior reproceso.

Peso ambiente: el peso ambiente no cuenta con estándares establecidos ya que este solo se toma como referencia para la prueba de impermeabilidad.

Peso sumergido: el peso sumergido de la bandeja no debe duplicar el peso ambiente de la misma, esta medida se traduce a un porcentaje de absorción de agua de la bandeja el cual según el enunciado anterior debe ser inferior al 100%. Si se tiene una medición muy alta del porcentaje de absorción se asume que hay un problema en la aplicación del encolante o el agente de drenado y se verifica con el operador de planta. El porcentaje de absorción se calcula de la siguiente forma: $\% \text{Absorción} = (\text{Peso sumergido} / \text{Peso ambiente}) - 1$

Estos datos son registrados en un formato manual, ver anexo c “formato de control de calidad”, y luego archivado sin ningún análisis posterior.

7.1.1 Oportunidades de mejora Observadas

- ✓ El sistema actual no tiene ningún mecanismo de medición y control en los procesos anteriores al moldeado, lo que muestra falta de control en las fases iniciales del proceso, especialmente la falta de la medición de la consistencia de la pulpa de papel. Para la cual ya se cuenta con la mayoría de los equipos.
- ✓ La variable del peso húmedo de la bandeja podría arrojar un indicador de la cantidad de agua en la bandeja antes del secado y así ofrecer un dato que permita hacer pronóstico respecto a los pesos a manejar, de esta forma pasaría a ser un indicador preventivo y no uno correctivo cómo se maneja actualmente.
- ✓ No hay documentación específica respecto al sistema de control y aunque se hace una muestra cada hora por parte del inspector de calidad no se han señalado tiempos específicos para tomar los datos de impermeabilidad de la bandeja después de la muestra inicial, hecho que podría estar alterando los resultados de esta segunda prueba.
- ✓ No se lleva ningún control estadístico de los procesos ni se hace ningún análisis del comportamiento de los mismos en función del tiempo, por tanto es difícil encontrar los puntos críticos del proceso, así como identificar cual es la variable que presenta mayor desviación y problemas de calidad.

- ✓ La muestra actual del peso seco y porcentaje de absorción de agua se hace con 4 bandejas, las cuales corresponden siempre a la misma cara del rotor, hecho que hace difícil detectar problemas de calidad relacionados a la segunda cara del rotor.
- ✓ Se sabe que el secado de la bandeja afecta de forma directa la impermeabilidad de la misma, sin embargo no hay una medición del comportamiento del secado, ni en las temperaturas de las calderas, ni de las velocidades del secado, por tanto no hay ningún tipo de control al respecto.
- ✓ No se mide la cantidad de reproceso de la planta ni se tiene en cuenta el costo del mismo lo que dificulta la identificación de los problemas que lo causan.
- ✓ No se mide el rendimiento de la materia prima del proceso ni el desperdicio generado en la planta.
- ✓ No se evalúa de ninguna forma si los baches se están haciendo correctamente en cada una de las planta en lo que respecta al tamaño de los mismos y a cómo puede este tamaño afectar la acción de los químicos en el proceso.
- ✓ No hay un indicador de rendimiento de los químicos del proceso que permita evaluar la aplicación de los mismos por parte del operador.

Dado los puntos anteriores se plantea un seguimiento estadístico de las variables del proceso que se están midiendo, utilizando graficas de control, histogramas y análisis de indicadores en función del tiempo.

7.2 SEGUIMIENTO ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DE CONTROL

Se planteó un seguimiento de un mes de por medio de gráficas de control e histograma para cada variable de cada una de las líneas de producción. Las gráficas correspondientes se encuentran en el anexo Y.

Las gráficas de control del peso seco de las tres líneas evidencian problemas para mantener el peso mínimo de la bandeja y en general una falta de control de esta variable y una tendencia hacia el límite inferior de control.

Sin embargo se observan periodos de más de 4 horas con pesos estables lo que indica que esta falta de control puede provenir de la no estandarización del método que se utiliza cada vez que se prepara un bache antes de moldeado.

En los histogramas del peso seco (anexo Y) se observa claramente una distribución normal de los datos, además se evidencia la tendencia a tener pesos por debajo del límite inferior de control, como mínimo en el 10% de la producción para la línea 3 y un máximo de 18% en la línea 4. Lo que nuevamente señala un grave problema en el control de esta variable.

Para ilustrar mejor esta situación se calculan los intervalos de confianza del peso seco para cada una de las líneas. Estos intervalos se calculan teniendo en cuenta una amplitud de 4 veces la desviación estándar ya que dada la cantidad de datos recolectados se asume una media y desviación significativamente cercana a la real donde: $\mu - 2\sigma < \mu < \mu + 2\sigma$

Tabla 20. Intervalos de confianza peso seco

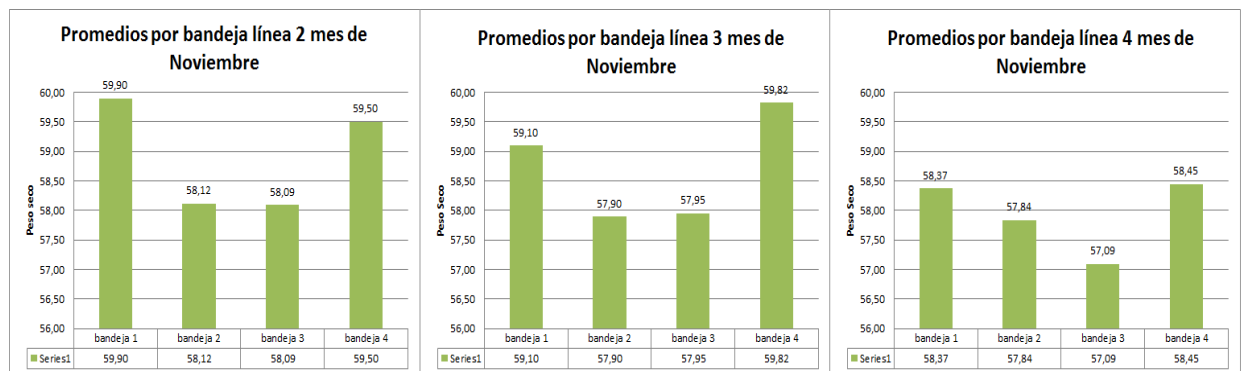
Línea 2			Línea 3			Línea 4		
Intervalo con 95% confianza			Intervalo con 95% confianza			Intervalo con 95% confianza		
mínimo	media	máximo	mínimo	media	máximo	mínimo	media	máximo
55,0	58,9	62,8	55,0	58,7	62,3	54,6	57,9	61,3
amplitud		7,8 gramos	amplitud		7,3 gramos	amplitud		6,8 gramos

Fuente: El autor

Al analizar los intervalos de confianza se observa que estos presentan límites inferiores de 2 a 2,4 gramos por debajo del límite inferior esperado para el sistema el cual es de 57 gramos, además presentan amplitudes superiores a los 6 gramos lo que implica que la variabilidad del proceso está afectando negativamente la calidad del mismo.

Posterior a estos análisis se hace una observación sobre las medias de cada uno de los 4 moldes de cada línea, en busca de tendencias que ocasionen la variabilidad del sistema.

Figura 30. Diagrama de barras de Peso seco por bandeja y por línea de producción



Fuente: El autor

Al observar la figura 30 se detecta una tendencia a que las dos bandejas centrales de las tres líneas sean más livianas que las dos bandejas laterales, hecho que solo se puede atribuir al diseño y trabajo normal de la máquina y que nos aporta una desviación importante al momento de medir el peso de la bandeja. Esta desviación dificulta la homogenización del proceso en general y ha de ser tenida en cuenta tanto en el método de trabajo como en el de control de calidad.

Analizando las gráficas de control de la variable absorción de agua en la bandeja (ver anexo Y) se observa claramente que el comportamiento de la variable no es

homogéneo en las tres líneas y solo tiene un comportamiento aceptable para la línea 2 en la cual solo sobrepasa el 100% de absorción en un par de casos atípicos, para la línea 3 y 4 se observa una clara falta de control del proceso y un grado de variabilidad bastante alto, especialmente para la línea 3 la cual presenta los valores por encima del límite permitido más altos de toda la planta.

La razón de esta variación puede atribuirse a diversas causas, como son una posible diferencia en la aplicación del químico encolante o una posible diferencia del secado por causa de que cada planta cuenta con hornos de diferentes especificaciones y diseño, siendo esta última la más posible de las dos.

Al observar los histogramas de la variable absorción de agua (ver anexo Y) se aprecia una distribución de los datos muy cercana a la normal y se observa un problema de homogeneidad en la variable “ % de absorción de agua” en las tres líneas, ya que dicha variable tiene un comportamiento muy cercano al ideal en la línea 2, pero presenta una gran cantidad de no conformidades en las líneas 3 y 4, especialmente en la línea 3 en donde más del 40% de la producción no cumple con la especificación de calidad en contraste de un 30% en la línea 4 y tan solo un 3% en la línea 2.

Para ilustrar mejor esta situación se calculan los intervalos de confianza del **% de absorción de agua** para cada una de las líneas. Estos intervalos se calculan teniendo en cuenta una amplitud de 4 veces la desviación estándar ya que dada la cantidad de datos recolectados se asume una media y desviación significativamente cercana a la real donde: $\mu - 2\sigma < \mu < \mu + 2\sigma$

Tabla 21. Intervalos de confianza para porcentaje de absorción de agua

Linea 2			Linea 3			Linea 4		
intervalos con 95% confianza			intervalos con 95% confianza			intervalos con 95% confianza		
minimo	media	maximo	minimo	media	maximo	minimo	media	maximo
35,9%	66,8%	97,7%	34,0%	104,1%	174,3%	50,9%	95,6%	140,3%
Amplitud	62	puntos %	Amplitud	140	puntos %	Amplitud	89	puntos %

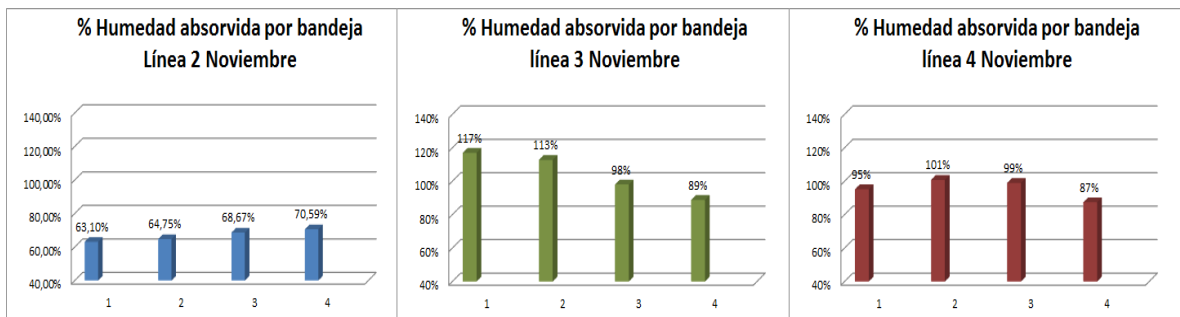
Fuente: El autor

En los intervalos de confianza se reafirma que solo la línea 2 está cumpliendo con los requisitos establecidos como aceptables para esta variable y que las líneas 3 y 4 tienen un serio problema de variabilidad que está afectando la calidad y homogeneidad de las bandejas.

Hecho que es evidenciado en la amplitud de cada uno de los intervalos.

Posterior a estos análisis se hace una observación sobre las medias de cada uno de los 4 moldes de cada línea, en busca de tendencias que ocasionen la variabilidad del sistema.

Figura 31. Diagrama de barras del Porcentaje de humedad absorbido por bandeja y por línea



Fuente: El autor

En general se observan tendencias acentuadas especialmente en la línea 3 donde la 1ª y 2ª bandeja tienen siempre los peores promedios de la línea lo que nos

puede indicar que gran parte de la variación encontrada podría ser causada por factores intrínsecos al funcionamiento, maquinaria y diseño de cada línea.

Dados estos resultados tan desiguales y por recomendación del proveedor del agente encolante se realizó el experimento de estabilización de variables en el cual se demostró que el encolado desigual proviene de una mala medición del porcentaje de absorción de agua de la bandeja ver anexo D.

7.3 DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PROPUESTO

7.3.1 Variables de medición

En busca de mejorar el sistema de control de calidad se plantea la medición, seguimiento y análisis de las siguientes variables adicionales.

Porcentaje de agua en la bandeja después de moldeado: Este porcentaje de agua se calcula a partir de la relación de dos variables que ya se están midiendo en el sistema las cuales son: el peso húmedo y el peso seco de la bandeja. Si se hace una relación entre estas dos medidas y se analiza en función de un porcentaje se podrá definir un “Peso Húmedo ideal” de trabajo para cada una de las plantas, en función del peso seco ideal para las bandejas. Se propone el cálculo de la siguiente forma: % de agua = $(1 - (\text{peso seco} / \text{peso húmedo})) * 100$

Temperatura de vapor: Dado que el sistema no cuenta con medidores de temperatura en cada uno de los hornos se recomienda hacer seguimiento al comportamiento de la temperatura de Vapor como una de las variables principales del secado y dado que se sospecha que es en el secado donde se encuentran los problemas relacionados con la impermeabilidad de la bandeja.

Velocidad de moldeado: Esta variable que afecta tanto la productividad general de la planta como el secado particular de cada planta debe ser monitoreada cuidadosamente con el fin de analizar posibles aumentos de velocidades y para lograr establecer velocidades de trabajo estándar para planta. Las velocidades estándar son establecidas según experimentación, ver capítulo 5. Experimentación y búsqueda de óptimos.

Consistencia de la pulpa: Esta es una variable muy importante en todas las industrias relacionados con el moldeado de papel y pulpa de celulosa, ya que un manejo de consistencias estándares y constantes se traduce en una mayor estabilidad del peso del producto terminado, y el hecho de no tener en la actualidad una medición de la misma no permite hallar posibles problemas de estabilidad y homogeneidad en la pulpa. En la actualidad industrias Falcon cuenta con la mayoría de los equipos para comenzar a medir dicha variable, lo que agilizará el proceso de montaje del laboratorio de consistencia.

En base a esta medición de consistencia se establece un nivel de pulpa en la preparación del bache para el cual la cantidad de materia prima en el bache sea de 32 kilogramos de material seco, esto con el fin de lograr un mejor rendimiento de los agentes químicos en el proceso

Reproceso Diario: Las bandejas livianas, porosas, quemadas, agrietadas y deformes que salen de la línea deben ser registradas antes de ser trasladadas para reprocesar y se debe dejar claro la cantidad de bandejas reprocesadas diariamente así como la causa del reproceso ya que esto permitirá identificar las causas principales de los problemas de calidad de los mismos.

Indicador de rendimiento de la materia prima: se propone un indicador que muestre la forma en que es aprovechada la materia prima en función de tres

variables básicas, la cantidad de Baches de molienda, la cantidad de baches de preparación de pulpa y la cantidad de bandejas producidas con los baches.

Indicador de rendimiento de químicos: se propone un indicador que evalúe el rendimiento de los químicos utilizados en función de los baches de preparación hechos y de la cantidad de bandejas producidas. Este indicador se medirá por medio de un porcentaje de rendimiento respecto al ideal.

Porcentaje de absorción de agua 48 horas después: Esta medición se propone en función de los resultados del experimento propuesto en el anexo D "Experimento de estabilización de variables críticas del proceso"

7.3.2 Sistema de control propuesto

El sistema de control de calidad propuesto consta de 2 tipos de mediciones principales, una de monitoreo constante cada dos horas con toma de acciones inmediatas para control del proceso en tiempo real y otras de seguimiento diario y semanal que buscan la identificación de problemas de calidad y la mejora de los métodos a corto plazo. En el anexo Z se muestra el diagrama del proceso propuesto.

Cambios respecto al método de control anterior:

- ✓ El procedimiento de toma de muestra de peso seco toma 8 bandejas consecutivas, lo que permite una muestra completa de las dos caras del rotor. En el proceso inicial solo se tomaban 4 bandejas y estas siempre se tomaban de la misma cara del rotor lo que sesgaba la muestra y dificultaba detectar anomalías en la mitad de las bandejas producidas.
- ✓ Se estableció un tiempo estándar de una hora para la toma del peso sumergido de la bandeja, ya que el tiempo de espera puede alterar los resultados de la prueba.

- ✓ Se estableció la segunda prueba de inmersión 48 horas después de salidas de secado, ya que según el experimento propuesto en el anexo D se estableció que este es el tiempo de estabilización de la variable de resistencia al agua (Porcentaje de absorción de agua).
- ✓ Se agregaron todas las variables mencionadas con anterioridad

El sistema de control de calidad propuesto inicio su implementación a partir del 2 de Enero del presente año. Ver evaluación de resultados Capitulo 9.

8. GESTION DE PARADAS PROGRAMADAS

8.1 DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA

La planta de producción de bandejas cuenta con una brigada de mantenimiento de 4 personas, las cuales se encargan de la mayoría de las labores de mantenimiento correctivas y preventivas. Dicha brigada fue establecida en julio del 2010 y anteriormente las labores de mantenimiento eran llevadas a cabo por diversas personas dentro de la empresa, ya que la planta cuenta con la ventaja de pertenecer a una industria metalmecánica y gran parte de la maquinaria fue construida por ellos mismos.

El mantenimiento preventivo no cuenta con un cronograma establecido, Sin embargo algunas actividades de lubricación y cambio periódico de algunos elementos sometidos a desgaste mecánico son llevadas a cabo periódicamente por el personal de mantenimiento. Estas actividades a pesar de ser preventivas se ejecutan según el criterio de los encargados de mantenimiento los cuales llevan varios años trabajando en la planta, sin llevar a cabo un seguimiento estricto de las periodicidades de cambio de elementos y lubricación. Estos rumbos de acción no dejan de ser empíricos y poco eficientes ya que constantemente se ocasionan paradas no programadas y mantenimientos correctivos.

Sin embargo resultado de la experiencia propia del trabajo por largos periodo de tiempo, se ha llegado a identificar una cantidad importante de repuestos indispensables para el correcto funcionamiento de las líneas y por esto la mayoría de los mantenimientos correctivos se llevan a cabo inmediatamente presentada la falla. Lo que según los encargados de mantenimiento ha disminuido los tiempos de parada en los últimos dos años.

A partir de Mayo de 2011 la brigada de mantenimiento ha elaborado un documento bitácora con los registros de los mantenimientos diarios con el fin de identificar las frecuencias de diversas actividades correctivas y llevarlas a un cronograma preventivo.

8.1.1 Observaciones y oportunidades de mejora

- ✓ La planta de producción de bandejas No tiene un cronograma de mantenimiento preventivo y los mantenimientos preventivos efectuados son basados solo en la experiencia de los encargados.
- ✓ El registro de mantenimientos que se lleva a manera de bitácora no tiene un formato adecuado para analizar los datos registrados y convertirlos en información útil, ya que simplemente se registran actividades diarias en un consecutivo por fecha y se almacenan una gran cantidad de datos de esta manera, lo que ocasiona que solo con una cantidad de datos equivalente a dos meses se acumulen mucha información de todas las máquinas de cada línea lo que no permite un análisis eficaz de los mimos.

8.2 DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DEL CRONOGRAMA DE PARADAS PROGRAMADAS PROPUESTO

8.2.1 Diseño de formatos.

Se plantea un seguimiento de los mantenimientos en un registro de tipo de hoja de vida de cada máquina y equipo, en la cual se registran las especificaciones de cada máquina con sus componentes más importantes, se plantean dos formatos diferentes uno para motores y equipos y otro para secciones generales de planta y calderas ver anexo 2A.

Dichas hojas de vida se organizan en cuatro grupos:

- ✓ Hojas de vida de equipos generales, ver anexo F
- ✓ Hojas de vida de línea 2, ver anexo G

- ✓ Hojas de vida de línea 3, ver anexo H
- ✓ Hojas de vida de línea 4, ver anexo I

8.2.2 Seguimiento, registro y análisis de datos

Las hojas de vida son diseñadas y se inicia su implementación a partir del primero de Agosto del 2011, además la información recolectada en la bitácora desde Mayo fue actualizada a las hojas de vida.

Adicional a este seguimiento se plantea un indicador, para medir la cantidad de tiempo invertido en mantenimiento en la planta de producción de bandeja mensualmente y la producción perdida por las paradas ocasionadas en estos mantenimientos. La información para dicho indicador se obtiene a partir del reporte diario de producción de la planta en el cual se especifica la producción diaria y si hay paradas por mantenimiento y otros, además se registra la hora exacta de inicio y finalización de dichas paradas. En la Tabla 22 se muestra el seguimiento a este indicador desde el mes de Junio hasta Diciembre.

Del análisis de este indicador se calcula la producción de bandejas perdidas a raíz de las horas empleadas en mantenimiento, según la velocidad de moldeado de cada línea, cada hora de mantenimiento equivale a 2400 bandejas en la línea 2, 1800 bandejas en la línea 3, y 2060 bandejas en la línea 4. Ver Figura 33 con los resúmenes de tiempos empleados en mantenimiento y la producción perdida en dichos tiempos.

Adicionalmente dentro de los cálculos del indicador de tiempo de mantenimiento se pudieron identificar los tiempos empleados según las máquinas, secciones y labores de mantenimiento más frecuentes. En la figura 34 se identifica que el 75% del tipo empleado en mantenimiento se debe a 6 causas principales:

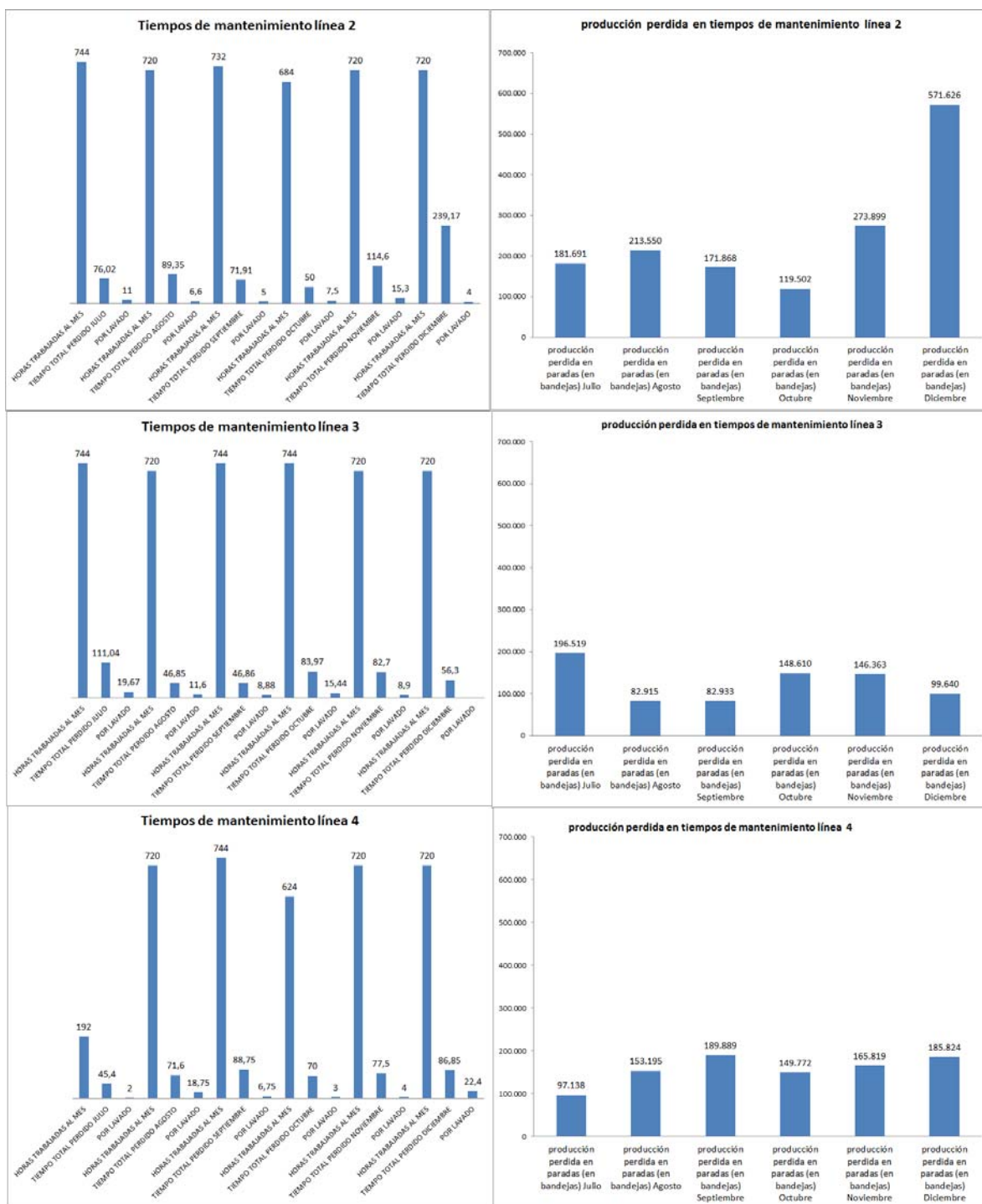
- ✓ Mantenimientos en bombas de línea
- ✓ Mantenimiento en horno
- ✓ Mantenimiento de calderas
- ✓ Mantenimiento en Moldeado (rotor y transfer)
- ✓ Mantenimientos de los gatos hidráulicos

Tabla 22. Indicador “tiempo de mantenimiento mensual”

tiempo de paradas en Julio línea 2			tiempo de paradas en Julio línea 3			tiempo de paradas en Julio línea 4		
HORAS TRABAJADAS AL MES	744		HORAS TRABAJADAS AL MES	744		HORAS TRABAJADAS AL MES	192	
TIEMPO TOTAL PERDIDO JULIO	76,02	10,2%	TIEMPO TOTAL PERDIDO JULIO	111,04	14,9%	TIEMPO TOTAL PERDIDO JULIO	45,4	23,6%
POR LAVADO	11		POR LAVADO	19,67		POR LAVADO	2	
producción perdida en paradas (en bandejas) Julio	181.691		producción perdida en paradas (en bandejas) Julio	196.519		producción perdida en paradas (en bandejas) Julio	97.138	
tiempo de paradas en Agosto Línea 2			tiempo de paradas en Agosto Línea 3			tiempo de paradas en Agosto Línea 4		
HORAS TRABAJADAS AL MES	720		HORAS TRABAJADAS AL MES	720		HORAS TRABAJADAS AL MES	720	
TIEMPO TOTAL PERDIDO AGOSTO	89,35	12,4%	TIEMPO TOTAL PERDIDO AGOSTO	46,85	6,5%	TIEMPO TOTAL PERDIDO AGOSTO	71,6	9,9%
POR LAVADO	6,6		POR LAVADO	11,6		POR LAVADO	18,75	
producción perdida en paradas (en bandejas) Agosto	213.550		producción perdida en paradas (en bandejas) Agosto	82.915		producción perdida en paradas (en bandejas) Agosto	153.195	
tiempo de paradas en Septiembre línea 2			tiempo de paradas en Septiembre línea 3			tiempo de paradas en Septiembre línea 4		
HORAS TRABAJADAS AL MES	732		HORAS TRABAJADAS AL MES	744		HORAS TRABAJADAS AL MES	744	
TIEMPO TOTAL PERDIDO SEPTIEMBRE	71,91	9,8%	TIEMPO TOTAL PERDIDO SEPTIEMBRE	46,86	6,3%	TIEMPO TOTAL PERDIDO SEPTIEMBRE	88,75	11,9%
POR LAVADO	5		POR LAVADO	8,88		POR LAVADO	6,75	
producción perdida en paradas (en bandejas) Septiembre	171.868		producción perdida en paradas (en bandejas) Septiembre	82.933		producción perdida en paradas (en bandejas) Septiembre	189.889	
tiempo de paradas en Octubre línea 2			tiempo de paradas en Octubre línea 3			tiempo de paradas en Octubre línea 4		
HORAS TRABAJADAS AL MES	684		HORAS TRABAJADAS AL MES	744		HORAS TRABAJADAS AL MES	624	
TIEMPO TOTAL PERDIDO OCTUBRE	50	7,3%	TIEMPO TOTAL PERDIDO OCTUBRE	83,97	11,3%	TIEMPO TOTAL PERDIDO OCTUBRE	70	11,2%
POR LAVADO	7,5		POR LAVADO	15,44		POR LAVADO	3	
producción perdida en paradas (en bandejas) Octubre	119.502		producción perdida en paradas (en bandejas) Octubre	148.610		producción perdida en paradas (en bandejas) Octubre	149.772	
tiempo de paradas en Noviembre línea 2			tiempo de paradas en Noviembre línea 3			tiempo de paradas en Noviembre línea 4		
HORAS TRABAJADAS AL MES	720		HORAS TRABAJADAS AL MES	720		HORAS TRABAJADAS AL MES	720	
TIEMPO TOTAL PERDIDO NOVIEMBRE	114,6	15,9%	TIEMPO TOTAL PERDIDO NOVIEMBRE	82,7	11,5%	TIEMPO TOTAL PERDIDO NOVIEMBRE	77,5	10,8%
POR LAVADO	15,3		POR LAVADO	8,9		POR LAVADO	4	
producción perdida en paradas (en bandejas) Noviembre	273.899		producción perdida en paradas (en bandejas) Noviembre	146.363		producción perdida en paradas (en bandejas) Noviembre	165.819	
tiempo de paradas en Diciembre línea 2			tiempo de paradas en Diciembre línea 3			tiempo de paradas en Diciembre línea 4		
HORAS TRABAJADAS AL MES	720		HORAS TRABAJADAS AL MES	720		HORAS TRABAJADAS AL MES	720	
TIEMPO TOTAL PERDIDO DICIEMBRE	239,17	33,2%	TIEMPO TOTAL PERDIDO DICIEMBRE	56,3	7,8%	TIEMPO TOTAL PERDIDO DICIEMBRE	86,85	12,1%
POR LAVADO	4		POR LAVADO			POR LAVADO	22,4	
producción perdida en paradas (en bandejas) Diciembre	571.626		producción perdida en paradas (en bandejas) Diciembre	99.640		producción perdida en paradas (en bandejas) Diciembre	185.824	

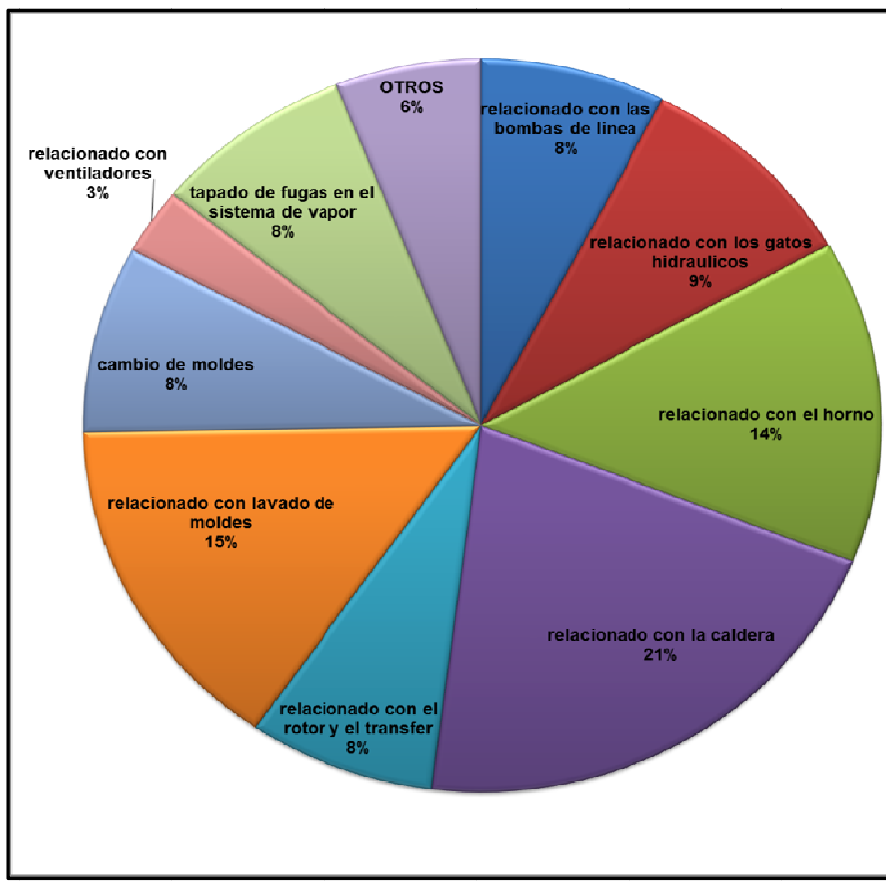
Fuente: El autor

Figura 33. Resumen de tiempos de mantenimiento y producción perdida de Julio a Diciembre



Fuente: El autor

Figura 34. Distribución de tiempos de mantenimiento por sección



Fuente: El autor

Del seguimiento de las hojas de vida por un periodo de 6 meses se identificaron 3 tipos de tareas de mantenimiento principales o básicas:

- ✓ Limpiezas y lubricaciones.
- ✓ Sustitución de elementos sometidos a desgaste mecánico.
- ✓ Revisiones de seguridad y otros mantenimientos.

Cada línea tiene maquinarias y equipos casi idénticos, a excepción de los hornos de línea, y por tanto se observan frecuencias muy similares para los equipos equivalentes de cada una. En el análisis de frecuencias se logró identificar los mantenimientos más comunes con sus respectivos ciclos. Sin embargo una cantidad importante de los mantenimientos no tuvieron frecuencias claras o identificables por lo que se aconseja hacer el mismo análisis cada periodo de 6

meses para comenzar la identificación de los mantenimientos con frecuencias semestrales y anuales. En el anexo 2B se observan los mantenimientos más frecuentes según el tipo de tarea de mantenimiento, para las secciones que fueron calificadas como críticas según el análisis de Pareto.

8.2.3 Implementación

Se identificó con el seguimiento del indicador de tiempo empleado en mantenimiento que todas las paradas de planta para mantenimiento se ejecutan según surja la eventualidad o falla lo que ocasiona que se generen muchas paradas en periodos aleatorios, dado que no se aprovecha una parada para hacer otras acciones de mantenimiento que tienen periodos muy similares.

En conclusión se para la planta o la línea cada vez que hay una eventualidad, pequeña o grande y no se provechan estas paradas para ejecutar otras labores de mantenimiento en paralelo porque el personal de mantenimiento está disperso en los 3 turnos de trabajo y el resto del personal no se programa para llevar a cabo actividades simples de limpieza y lubricación.

Se identificaron que gran parte de las actividades tienen periodos mensuales y se propone un mantenimiento general de planta con esta misma frecuencia en el cual se cuente con todo el personal de la brigada de mantenimiento en el mismo turno para así poder llevar a cabo diversas actividades en paralelo, además de programar el personal de planta para ejecutar labores sencillas como son las limpiezas y destapado de bombas y tanques. Con esto no se reduce la cantidad de actividades de mantenimiento en el mes ni los tiempos de ejecución de las mismas pero se hacen ejecutar gran parte de las actividades mensuales en un solo espacio en paralelo lo que se convertirá en una disminución de los tiempos de parada de planta dispuestos para mantenimiento.

Para la implementación de las jornadas de mantenimiento mensuales se elabora una planeación teniendo en cuenta las actividades con una frecuencia mensual definida y se anexan a esta las actividades pendientes que han sido identificadas por el personal de la brigada de mantenimiento, esta programación debe tener claro hora de inicio y finalización de la jornada, además de responsables de cada actividad.

La primera jornada de mantenimiento preventivo fue ejecutada los días 26 de Diciembre y 2 de Enero junto con actividades generales programadas por la brigada, ver anexo J “programación de primera jornada de mantenimiento”.

Además a la programación se diseñaron listas de chequeo específicas para:

- ✓ mantenimiento de calderas, ver anexo K
- ✓ Mantenimiento de Pulper principal, ver anexo L
- ✓ Mantenimiento general de planta por línea, ver anexo M
- ✓ Actividades específicas adicionales de la brigada de mantenimiento, ver anexo N
- ✓ Verificación de limpieza de destapado de bombas, ver anexo O

Este procedimiento se desarrolla cada mes con una semana de anticipación al mantenimiento siguiendo los mismos parámetros de planeación. Ver evaluación de resultados Capítulo 9. Oportunidades de mejora encontradas, mejoras implementadas y evaluación de las mismas.

9. OPORTUNIDADES DE MEJORA ENCONTRADAS, MEJORAS IMPLEMENTADAS Y EVALUACIÓN DE LAS MISMAS.

9.1 MEJORAS PROPUESTAS E IMPLEMENTADAS EN LOS PROCESOS DE PREPARACIÓN DE PULPA.

9.1.1 Eliminación del cargo de reciclador de planta:

Gracias al análisis de tiempos se concluyó que el cargo de reciclador de planta el cual desempañaba funciones de selección de la materia prima no era necesario, ya que se comprobó que la necesidad de mano de obra de la planta de producción de bandejas máxima es solo de 7 personas en los ciclos de molido, y estos ciclos equivalen solo a 29 minutos de cada 90. Por tanto los otros 61 minutos la planta funciona con un número máximo de 5 personas lo que equivale a tener 2 personas disponibles para las tareas que ejecuta el reciclador durante 61 de cada 90 minutos.

Hay que tener en cuenta que este cargo se mantenía porque con la maquinaria de molido anterior al 2011 era necesario eliminar desechos del material antes de moler pero con la instalación del pulper principal se eliminó esta tarea y posteriormente el reciclador de planta siguió ejecutando tareas de pesado de la materia prima.

El cargo fue eliminado a partir de Agosto del 2011. La eliminación de este cargo representa un ahorro anual de \$10`255.000 anuales.

9.1.2 Procedimiento de preparación de baches revisado:

De la mano con el sistema de control de calidad propuesto, y de acuerdo con las falencias detectadas en el diagnóstico inicial se hicieron varios ajustes en la forma en que los operarios de planta ejecutaban las tareas de preparación de la pulpa antes de moldeado, los cambios se listan a continuación:

- ✓ El operario debe preparar el bache de acuerdo a los niveles de pulpa establecidos por el inspector de calidad, estos niveles se calculan con base en la medición de consistencia. Cuando no se encuentre el encargado de calidad se define un nivel estándar de pulpa basados en los valores medios de consistencia de la misma. Ver anexo Q
- ✓ Después de agregar la pulpa el operario adiciona el agua al bache hasta obtener la consistencia requerida en moldeado, dicho nivel de agua no se estandariza ya que hay valores no controlables que afectan la consistencia en el moldeado, la cual debe estar variando constantemente.
- ✓ el operario debe pesar la muestra de peso húmedo cada vez que traslada el bache al tanque de moldeado, y este valor se debe contrastar según los valores definidos por el inspector de calidad. Si el peso húmedo cumple con los parámetros establecidos el operario seguirá utilizando el mismo nivel de agua que utilizó para el último bache.
- ✓ En caso de no cumplir con el parámetro de peso húmedo el operario aumentará o disminuirá el nivel de agua en el bache.

Para la descripción exacta del procedimiento, ver La documentación en el anexo R

9.1.3 Procedimiento de molienda revisado:

De la mano con el sistema de control de calidad propuesto, y de acuerdo con las falencias detectadas en el diagnóstico inicial se hicieron varios ajustes en la forma en que los operarios de planta ejecutaban las tareas de molienda de la materia prima, los cambios se listan a continuación:

- ✓ Se determinó que la cantidad máxima de materia prima que se puede subir por medio de la grúa de alimentación al pulper principal nunca debe ser mayor a 50 kilogramos de papel o cartón.
- ✓ Se determinó la no utilización de motobombas para la adición de agua al pulper en el procedimiento de molido.

Para la descripción exacta del procedimiento, ver La documentación en el anexo S

9.1.4 Capacitación e implementación

La capacitación con los operadores de planta se llevó a cabo el día 20 de Diciembre, ver anexo T, el nuevo método de trabajo en molido y preparado del bache se inició a partir de los primeros días del mes de Enero.

La implementación de este nuevo método debe repercutir en la estabilización del rendimiento de la materia prima en el sistema. El indicador que podría evidenciar la estabilización del tamaño del bache de preparado, aparte de los indicadores de calidad los cuales serán evaluados más adelante, es el indicador de rendimiento de Bandejas por bache. El cual mide la cantidad promedio de bandejas que se producen con un bache de preparado.

En el anexo 2C se observa de manera gráfica el comportamiento de dicho indicador. La línea azul representa el comportamiento de la línea 2, el verde el de la 3 y el rojo el de la 4. Se observa una clara estabilización de dicha variable en el mes de febrero.

Desde un punto de análisis estadístico del indicador se pasó de una desviación estándar en el año 2011 de 38 bandejas por bache a una desviación estándar de 17 bandejas por baches, lo que indica una disminución de un 41% de la variabilidad del rendimiento del sistema.

9.2 EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS CANTIDADES PROPUESTAS DESPUÉS DE EXPERIMENTACIÓN

9.2.1 Velocidades de planta:

El aumento de las velocidades de planta se implementó a partir del día 2 de enero del 2012, con resultados satisfactorios y sin afectación a la calidad de las bandejas, ver más adelante “Comportamiento de los indicadores de calidad”.

Lo promedios de producción diaria hasta el mes de Febrero se observan en la tabla23.

Tabla 23.Producción diaria

Mes	producción diaria promedio
Junio	127.487
Julio	125.828
Agosto	116.914
Septiembre	122.590
Octubre	123.937
Noviembre	112.650
Diciembre	118.426
Enero	131.158
Febrero	134.485

Fuente: Industrias Falcón, Reporte diario de producción

Se observa un aumento en la producción diaria de bandejas diarias en los meses de Enero y febrero. Este aumento representa una mejora de entre un 3% y un 6% de mejora en la productividad de la planta. Lo que implica un aumento real de entre 120.000 a 180.000 bandejas adicionales al mes.

9.2.2 Cantidades de químicos:

Las cantidades de químicos fueron disminuidas para el Basoplast de 500 a 400 gramos en la línea 2, y de 500 a 450 gramos en las líneas 3 y 4. Esto implica una reducción teórica mínima del 13% del químico. Sin embargo debido a desviaciones originadas por la aplicación del químico de forma manual se analiza en detalle el rendimiento para encontrar el ahorro real de esta mejora.

A continuación en la tabla 24 se relacionan los consumos de Basoplast en función de la producción y se calcula el consumo en gramos por bandeja mes a mes hasta Febrero del 2012. En esta se observa claramente un promedio menor de consumo de Basoplast en la planta de bandejas. Esta disminución de químicos representa

una disminución real del costo de \$1 por bandeja, con una producción mensual promedio de 3'500.000 bandejas, representa un ahorro de \$42'000.000 al año en costos de materia prima.

Tabla 24. consumo de Basoplast mensual de Enero de 2011 a Febrero de 2012

Mes	Producción del mes	Basoplast utilizado Kilogramos	Basoplast por bandeja	
			[gramos/bandeja]	[\$/bandeja]
enero	3042600	3189	1,05	6,29
febrero	2717800	2593	0,95	5,72
marzo	1579100	1854	1,17	7,04
abril	2065900	2132	1,03	6,19
mayo	2704500	2894	1,07	6,42
junio	3824600	3947	1,03	6,19
julio	3900668	3932	1,01	6,05
agosto	3390500	3431	1,01	6,07
Septiembre	3677700	3766	1,02	6,14
Octubre	3718100	4120	1,11	6,65
Noviembre	3379500	3596	1,06	6,38
Diciembre	3300300	3644	1,10	6,62
Enero	3962171	3431	0,87	5,20
Febrero	3993009	3378	0,85	5,08

Fuente: Industrias Falcón, Documento Análisis mensual de costos planta de producción de bandejas.

La cantidad del agente químico Vector se cambió de 80 a 60 gramos en las tres líneas, a continuación en la tabla 25 se observa el comportamiento del consumo de Vector de Enero de 2011 a Febrero del 2012, en ella se observa una disminución real en los meses de Enero y Febrero de 0.04 gramos por bandeja en promedio, lo que representa una disminución de \$0.4 en el costo unitario de la bandeja, y un ahorro de 16'800.000 al año en costos de materia prima.

Tabla 25.consumo de Basoplast mensual de Enero de 2011 a Febrero de 2012

Mes	producción del mes	Vector utilizado Kilogramos	Vector por bandeja	
			[gramos/bandeja]	[\$/bandeja]
enero	3042600	487	0,16	1,44
febrero	2717800	435	0,16	1,44
marzo	1579100	240	0,15	1,37
abril	2065900	310	0,15	1,35
mayo	2704500	422	0,16	1,40
junio	3824600	597	0,16	1,40
julio	3900668	616	0,16	1,42
agosto	3390500	515	0,15	1,37
Septiembre	3677700	574	0,16	1,40
Octubre	3718100	573	0,15	1,39
Noviembre	3379500	534	0,16	1,42
Diciembre	3300300	521	0,16	1,42
Enero	3962171	468	0,12	1,06
Febrero	3993009	479	0,12	1,08

Fuente: Industrias Falcón, Documento Análisis mensual de costos planta de producción de bandejas.

9.2.3 Disminución del peso de la bandeja:

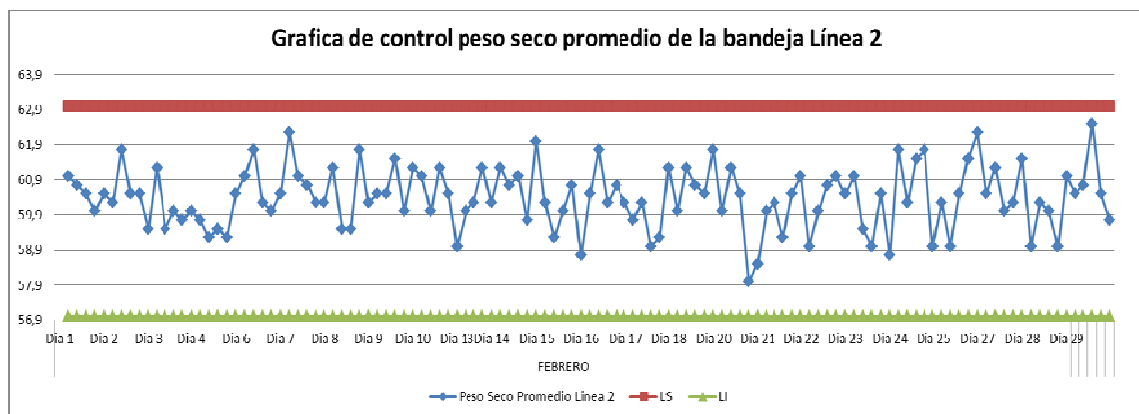
La disminución del peso de la bandeja no fue implementada por decisión de la gerencia de la empresa, ya que se tienen investigaciones de mercado anteriores en las que se identificó que el peso de la bandeja es asociado de manera implícita por el cliente con la calidad de la misma. Por tanto aunque no se presente un deterioro de la resistencia de la bandeja se conoce por experiencia que el cliente asocia las bandejas livianas con mala calidad y se decidió no cambiar este parámetro.

9.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PROPUESTO

El sistema de control de calidad inicia su funcionamiento en los primeros días del mes de Enero. A continuación se evalúan los mismos indicadores de calidad que se revisaron para la formulación del sistema en el mes de Febrero y se comparará con el mes de Noviembre en busca de mejoras de las variables de calidad de la bandeja.

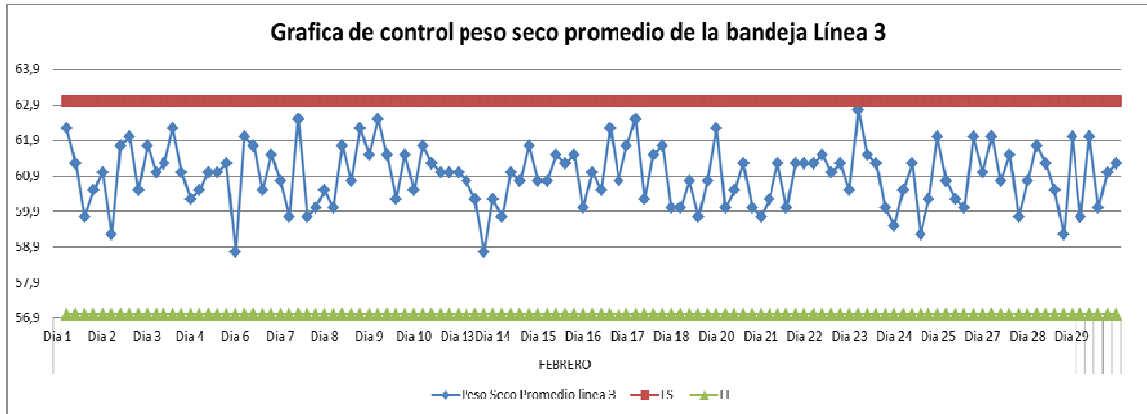
La primera variable de comparación es el peso seco de la bandeja, en las figuras 35, 36 y 37 se observa que el peso seco promedio de la bandeja se comporta dentro de los parámetros establecidos en todas las observaciones del mes lo que indica una mejora en comparación con los datos analizados en Noviembre en los cuales se observaban una cantidad de datos considerables fuera de los límites establecidos.

Figura 35. Control de peso seco promedio Febrero línea 2



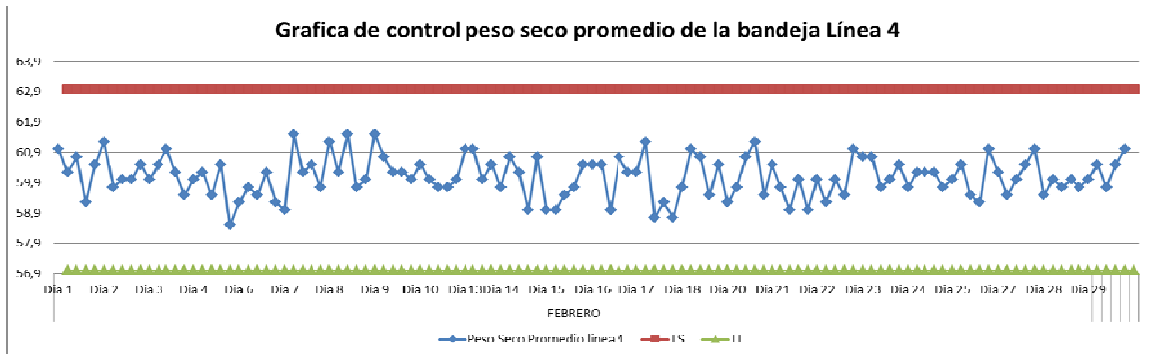
Fuente: Industrias Falcón, Informe de calidad mes de Febrero.

Figura 36. Control de peso seco promedio Febrero línea 3



Fuente: Industrias Falcón, Informe de calidad mes de Febrero.

Figura 37. Control de peso seco promedio Febrero línea 4



Fuente: Industrias Falcón, Informe de calidad mes de Febrero.

Adicionalmente en los análisis de los intervalos de confianza ver tabla 26, se observa que estos se encuentran dentro de los límites de control establecidos, además de que en comparación con los intervalos de mes de Noviembre se observa una clara disminución del rango del intervalo los que se traduce en una disminución de la variabilidad del sistema del 16%.

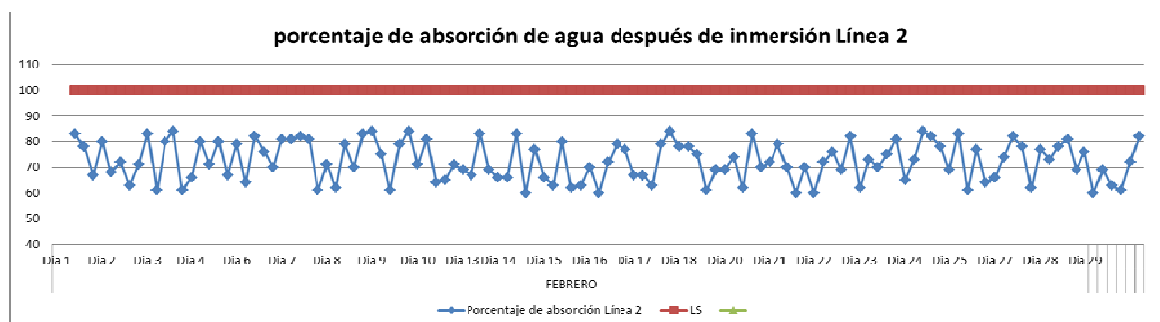
Tabla 26. Intervalos de confianza mes de Febrero Peso Seco

Intervalos de confianza Peso seco mes de Febrero con un 95% de confianza								
línea 2			línea 3			línea 4		
mínimo	media	máximo	mínimo	media	máximo	mínimo	media	máximo
57,7	60,7	63,6	58,3	61,1	63,8	57,4	60,0	62,5
Rango		5,9	Rango		5,5	Rango		5,1

Fuente: Industrias Falcón, Informe de calidad mes de Febrero.

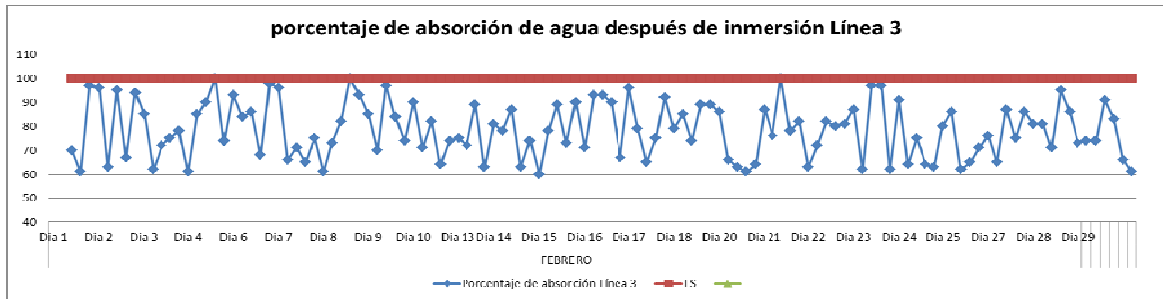
La siguiente variable de importancia crítica en la evaluación de la calidad de la bandeja es la variable de resistencia al agua, evaluada por el porcentaje de absorción después de inmersión, desafortunadamente la evaluación de esta variable una o dos horas después de salida de secado no es válida, ya que según el experimento de estabilización de las variables críticas del sistema, ver anexo D, la prueba de inmersión debe ejecutarse 48 horas después de que la bandeja sale de secado, por tanto los datos del mes de Noviembre no son válidos para comparación. Sin embargo al analizar las figuras 38, 39 y 40 se observa que la variable monitoreada cumple en el 100% de las veces con los parámetros establecidos.

Figura 38. Control de porcentaje de absorción después de inmersión promedio a las 48 horas Febrero línea 2



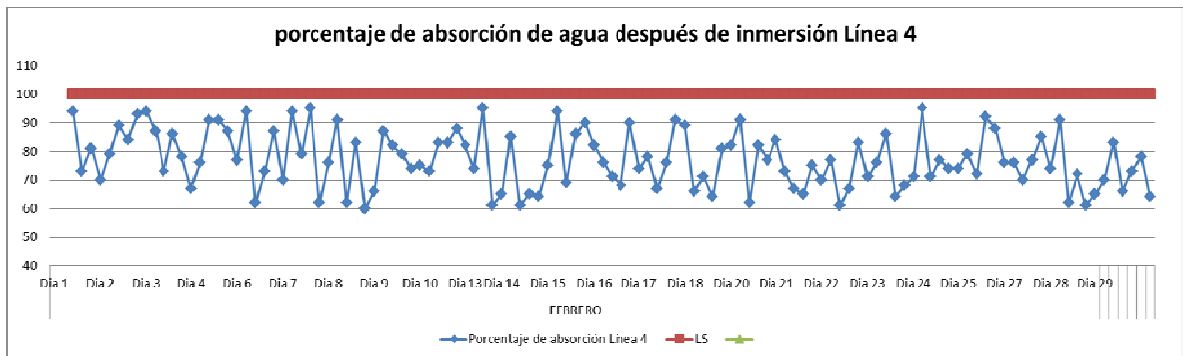
Fuente: Industrias Falcón, Informe de calidad mes de Febrero.

Figura 39. Control de porcentaje de absorción después de inmersión promedio a las 48 horas Febrero línea 3



Fuente: Industrias Falcón, Informe de calidad mes de Febrero.

Figura 40. Control de porcentaje de absorción después de inmersión promedio a las 48 horas Febrero línea 4



Fuente: Industrias Falcón, Informe de calidad mes de Febrero.

9.4 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PROPUESTO

El sistema de pedidos propuesto se comienza a implementar sobre los primeros días del mes de Enero del 2012. Para evaluar la efectividad de la regla de pedidos de papel y cartón se compara el comportamiento de los dos primeros meses del 2012 con el año anterior, como indicador de comparación se toma la cantidad de inventario estimada a final de mes, ya que para el año 2011 solo se tienen datos de fin de mes. En la tabla 27 y en la figura 41 se observa como en los primeros 2 meses de implementación el inventario disminuye de manera considerable, si se compara el promedio de los primeros dos meses del 2012 con el promedio del 2011 se muestra diferencia de 48 Toneladas de papel y 50 Toneladas de cartón, lo

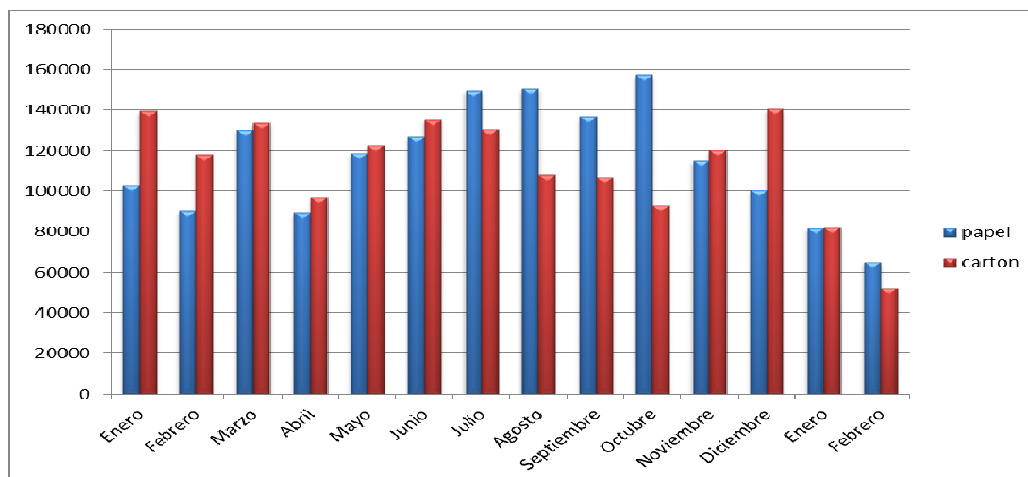
que implica una disminución de más del 40% del inventario promedio o una disminución de \$25'000.000 en el inventario promedio de la planta.

Tabla 27. Inventario almacenado en final de mes de papel y cartón

mes	papel [Kg]	cartón [Kg]
Enero	103055	139498
Febrero	90495	118212
Marzo	130181	133660
Abril	89488	96916
Mayo	119024	122844
Junio	126847	135308
Julio	149732	130373
Agosto	150804	107956
Septiembre	136764	106660
Octubre	157339	93038
Noviembre	115263	120365
Diciembre	100592	140563
Enero	81862	82356
Febrero	65234	52354

Fuente: El autor

Figura 41. Cantidad de inventario almacenado en final de mes de papel y cartón en Kilogramos



Fuente: El autor

Figura 42. Resultados redistribución de zonas de almacenaje



Fuente: El autor

Adicionalmente la disminución del inventario permitió la correcta implementación de la redistribución de planta, en la figura 42 se muestran los cambios obtenidos por la reorganización.

9.5 EVALUACIÓN DEL CRONOGRAMA DE PARADAS PROGRAMADAS PROPUESTO

Se toma como criterio de evaluación para el cronograma de paradas programadas, el tiempo de parada de planta generado por mantenimientos correctivos. A continuación se comparan los tiempos de parada del año 2011 con los dos primeros meses del 2012. En general se observan en la tabla 28, tiempos de mantenimiento en los meses de Enero y febrero por debajo de los promedios del año anterior, lo que puede ser un signo de mejoría en este sentido, sin embargo y hasta que no se tenga un periodo de evaluación de 6 meses mínimo no se pueden sacar conclusiones sólidas. Sin embargo los primeros signos de mejoría y el hecho de que se está implementando un seguimiento y reevaluación de los mantenimientos periódicos es de por si una mejora considerable para el punto inicial del sistema se espera que estos tiempos de mantenimiento sigan disminuyendo en la misma manera como se tengan más datos para reestructurar el sistema de mantenimiento actual.

Tabla 28. Tiempos de mantenimiento correctivo mensual

Línea	tiempo de mantenimiento mensual promedio	% tiempo de producción invertido en mantenimiento
2011		
2	106,8	14,8%
3	71,3	9,7%
4	73,4	13,3%
Enero de 2012		
2	65,3	9,0%
3	55,4	7,6%
4	62,9	8,6%
Febrero de 2012		
2	59,1	8,2%
3	42,6	5,8%
4	64,5	8,9%

Fuente: El autor

CONCLUSIONES

En los sistema de gestión de calidad de las empresas, la medición de variables tanto en el proceso productivo como en el producto terminado son de vital importancia para identificar y determinar problemas en la calidad, sin embargo, la medición por sí sola no determina el mejoramiento de la calidad si no se diseñan medidas correctivas para eliminar de forma contundente los problemas, adicionalmente un examen detallado de las mediciones del sistema el cual permita la construcción de información valiosa para un análisis más profundo de las mismas es la base fundamental para la estabilización de cualquier sistema. Gracias a estos factores es que sin aumentar la cantidad de mediciones, construyendo mejores indicadores y desarrollando medidas preventivas y correctivas en función de la calidad del proceso se logró la estabilización y mejoramiento de la calidad del producto en la planta de producción de bandejas.

El conocimiento y la experiencia del personal que labora en un sistema productivo es el eslabón clave para el mejoramiento de los mismos, ya que con un direccionamiento correcto del personal y con la aplicación de análisis de ingeniería adecuados se pueden aprovechar en mayor medida estos factores. Es el caso del mantenimiento en la planta de producción de bandejas, la cual cuenta con un personal con amplia experiencia en sus labores diarias y el cual no contaba con un plan de gestión de mantenimiento ya que no se había diseñado un seguimiento adecuado que aprovechara sus conocimientos, destrezas y ayudara a generar valor a su trabajo.

La implementación de la regla de abastecimiento de papel y cartón, no solo disminuyó el inventario de la planta de producción de bandejas, sino que permitió implementar la propuesta de reorganización de planta, trayendo consigo la mejora del orden y aseo de la planta y eliminando el despilfarro que implicaban los

desplazamientos grandes de los trabajadores en el proceso de pesado de la materia prima.

El estudio de tiempos tenía como objetivo primordial la identificación de la necesidad de personal del sistema, ya que con este se buscaba caracterizar las exigencias de mano de obra de la línea y adicionalmente la identificación de desperdicios en este sentido, dado que se determinó que con los requerimientos de la línea en comparación con la disponibilidad de mano de obra de la misma, se tenía sobre estimada la necesidad de trabajadores, la eliminación de este desperdicio por sí mismo genera un cambio en la metodología de trabajo de planta, redistribuyendo el trabajo en los operadores restantes.

El conjunto de las mejoras implementadas en la planta de producción de bandejas, abordan diversos temas de mejora, sin embargo todas están enfocadas a la búsqueda de aumento de la productividad y estabilidad del sistema productivo.

Todas las mejoras implementadas en el presente proyecto, son replicables para la utilización de la planta de moldeado en la fabricación de otros productos, dado que las líneas de producción pueden fabricar otros tipos de empaques a partir de fibra de celulosa es importante que sean fácilmente adaptables al sistema de producción actual.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el seguimiento constante y reevaluación de los datos de las hojas de vida de las máquinas y equipo de la planta, para así lograr la identificación de las actividades de mantenimiento de periodicidades largas, las cuales no fueron identificadas en el primer análisis. Además con esto se debe iniciar una etapa de perfeccionamiento de las actividades propuestas en el análisis inicial y evolucionar a un sistema de activos.

Se recomienda hacer un análisis para el aprovechamiento de las áreas despejadas con el reordenamiento y disminución de papel y cartón, dado que estas áreas podrían prestarse para la reacomodación de una sección de otra línea de producción de la misma empresa, un análisis completo de redistribución de planta sería una alternativa viable para la empresa.

Se recomienda un seguimiento constante de las variables de calidad del sistema para la identificación de falencias en el sistema y sus respectivas causas, como lo son el reproceso ocasionado en el funcionamiento normal del sistema, y la estabilización de otras variables importantes para el mismo.

Se recomienda un análisis experimental de otras variables importantes, enfocado a variables como el drenado de agua en la pulpa o el porcentaje de agua en la bandeja después de moldeado, las cuales son afectadas por el tipo de fibras que se introducen en el sistema. Con el fin de encontrar “recetas” de fibras que favorezcan estas variables, estas pueden contribuir a mejorar la productividad de la planta ya que están directamente relacionadas con el cuello de botella del sistema el cual se ha identificado como el secado de la bandeja.

Se recomienda el diseño e implementación de un sistema de indicadores integral que evalúe la evolución y funcionamiento del sistema productivo en función a la visión estratégica propuesta desde la gerencia de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

AMENDOLA, L.; Aplicación de la Confiabilidad en la Gestión de Proyectos en Paradas de Plantas Químicas, Papers VI Internacional Congreso onProjectEngineering, AEIPRO, ISBN 84- 600-pp. 154, Barcelona, España, Octubre 2002.

CHASE, RICHARD. AQUILANO NICHOLAS. Administración de producción y operaciones. Octava edición.2001. Mc.Graw Hill.

CRESPO FRANCO TONY, VELANO RODRÍGUEZ HELENA. La Gestión de Aprovisionamiento en los Procesos de Fabricación de las Empresas Industriales, Compras y Existencias. Septiembre 2004.

EVERETT, Adam. Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Prentice hall Hispanoamericana S.A. 1991.

NORMAN, Gaither; y FRAZIER, Greg. Administración de producción y operaciones. Thompson editores. 1999.

OIT (Oficina Internacional del Trabajo). Introducción al Estudio del Trabajo. Ed. Limusa, México, 1998.

ORTIZ, Néstor Raúl. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Primera Edición. Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1999.

MONTGOMERTY, Douglas C. Diseño y análisis de experimentos, Segunda edición,Limusa-Wiley, 2002

NAHMIAS,Steven. Análisis de la producción y las operaciones, Quinta edición, Mac Graw Hill,2007.

ANEXOS

Anexo A Premuestras para determinación de tamaño de la muestra

alimentación						
observación	tiempo (seg)	media (seg)	desviación	error	$T(\alpha/2 ; n-1)$	N
1	244	238,875	17,4227889	10	2,3646	17
2	250				2,3646	
3	259				2,3646	
4	206				2,3646	
5	221				2,3646	
6	236				2,3646	
7	245				2,3646	
8	250				2,3646	

alistado						
observación	tiempo (seg)	media (seg)	desviación	error	$T(\alpha/2 ; n-1)$	N
1	1145	1176,625	18,5621543	10	2,3646	19
2	1206				2,3646	
3	1180				2,3646	
4	1185				2,3646	
5	1182				2,3646	
6	1172				2,3646	
7	1185				2,3646	
8	1158				2,3646	

preparación baches						
observación	tiempo (seg)	media (seg)	desviación	error	$T(\alpha/2 ; n-1)$	N
1	218	192,25	13,231456	10	2,3646	10
2	185				2,3646	
3	198				2,3646	
4	200				2,3646	
5	189				2,3646	
6	178				2,3646	
7	192				2,3646	
8	178				2,3646	

pasado del bache						
observación	tiempo (seg)	media (seg)	desviación	error	T($\alpha/2$; n-1)	N
1	159	163,625	6,56696277	5	2,3646	10
2	160				2,3646	
3	173				2,3646	
4	170				2,3646	
5	160				2,3646	
6	156				2,3646	
7	160				2,3646	
8	171				2,3646	

muestra						
observación	tiempo (seg)	media (seg)	desviación	error	T($\alpha/2$; n-1)	N
1	42	51,5	6,11788946	3	2,3646	23
2	50				2,3646	
3	46				2,3646	
4	55				2,3646	
5	57				2,3646	
6	52				2,3646	
7	61				2,3646	
8	49				2,3646	

Anexo B. Cálculo de tiempos tipos

Observación	Ciclo (obs)	Valoración	T. Observado (seg)	T. Tipo	T.T.Promedio
Alimentación	1	100	244	244,0	241,6
	2	100	250	250,0	
	3	95	259	246,1	
	4	120	206	247,2	
	5	110	221	243,1	
	6	100	236	236,0	
	7	100	245	245,0	
	8	95	250	237,5	
	9	100	237	237,0	
	10	95	256	243,2	
	11	110	224	246,4	
	12	80	289	231,2	
	13	85	279	237,2	
	14	120	206	247,2	
	15	100	240	240,0	
	16	85	280	238,0	
	17	90	265	238,5	

Observación	Ciclo (obs)	Valoración	T. Observado (seg)	T. Tipo	T.T.Promedio
Transferencia del bache	1	100	186	186,0	188,2
	2	100	197	197,0	
	3	100	201	201,0	
	4	100	176	176,0	
	5	100	177	177,0	
	6	100	193	193,0	
	7	100	203	203,0	
	8	100	189	189,0	
	9	100	175	175,0	
	10	100	185	185,0	

Observación	Ciclo (obs)	Valoración	T. Observado (seg)	T. Tipo	T.T.Promedio
Alistado	1	100	1145	1145,0	1179,4
	2	100	1206	1206,0	
	3	100	1180	1180,0	
	4	100	1185	1185,0	
	5	100	1182	1182,0	
	6	100	1172	1172,0	
	7	100	1185	1185,0	
	8	100	1158	1158,0	
	9	110	1000	1100,0	
	10	90	1326	1193,4	
	11	100	1180	1180,0	
	12	100	1180	1180,0	
	13	105	1082	1136,1	
	14	100	1256	1256,0	
	15	100	1230	1230,0	
	16	100	1123	1123,0	
	17	110	1098	1207,8	
	18	100	1236	1236,0	
	19	100	1154	1154,0	

Observación	Ciclo (obs)	Valoración	T. Observado (seg)	T. Tipo	T.T.Promedio
Preparación de baches	1	80	218	174,4	183,7
	2	100	189	189,0	
	3	95	192	182,4	
	4	90	202	181,8	
	5	80	244	195,2	
	6	110	159	174,9	
	7	80	245	196,0	
	8	100	185	185,0	
	9	90	198	178,2	
	10	90	200	180,0	

Observación	Ciclo (obs)	Valoración	T. Observado (seg)	T. Tipo	T.T.Promedio
Muestra	1	120	45	54,0	56,3
	2	140	37	51,8	
	3	120	46	55,2	
	4	120	42	50,4	
	5	110	46	50,6	
	6	100	57	57,0	
	7	100	61	61,0	
	8	110	47	51,7	
	9	100	56	56,0	
	10	100	62	62,0	
	11	90	70	63,0	
	12	120	52	62,4	
	13	120	46	55,2	
	14	90	68	61,2	
	15	90	67	60,3	
	16	120	42	50,4	
	17	110	49	53,9	
	18	100	57	57,0	
	19	110	51	56,1	

Anexo C. Formato de control de calidad

	CONTROL DE CALIDAD DE BANDEJAS	Código: FB-FO-04
	IMPERMEABILIDAD	Versión: 00
		Página: 1 de 1

FECHA:

PLANTA	HORA	PESO HUMEDO(Gr) Antes del Horno	PESO SECO (Gr) (Después del Horno)				PESO AMBIENTE (GR)				PESO INMERSIÓN (GR) 30 Segundos			
			B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
1														
2														
3														
4														

Anexo D Experimento de estabilización de variables críticas del proceso

Dados los resultados atípicos de la variable de resistencia al agua (porcentaje de agua absorbida) de la bandeja, se propuso seguir un indicador que evaluara de alguna forma el secado de la misma ya que se considera que la resistencia a el agua en la bandeja se adquiere gracias a la reacción del agente encolante generada por un buen proceso de secado.

Para esto se definió una variable llamada “Porcentaje de agua en la bandeja después de moldeado” la cual evalúa la relación entre el peso húmedo y el peso seco de la bandeja por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de agua} = (1 - (\text{peso seco}/\text{peso húmedo})) * 100$$

En resumen esta variable mide la cantidad de gramos de agua del peso húmedo que se extrajeron de la misma en el secado.

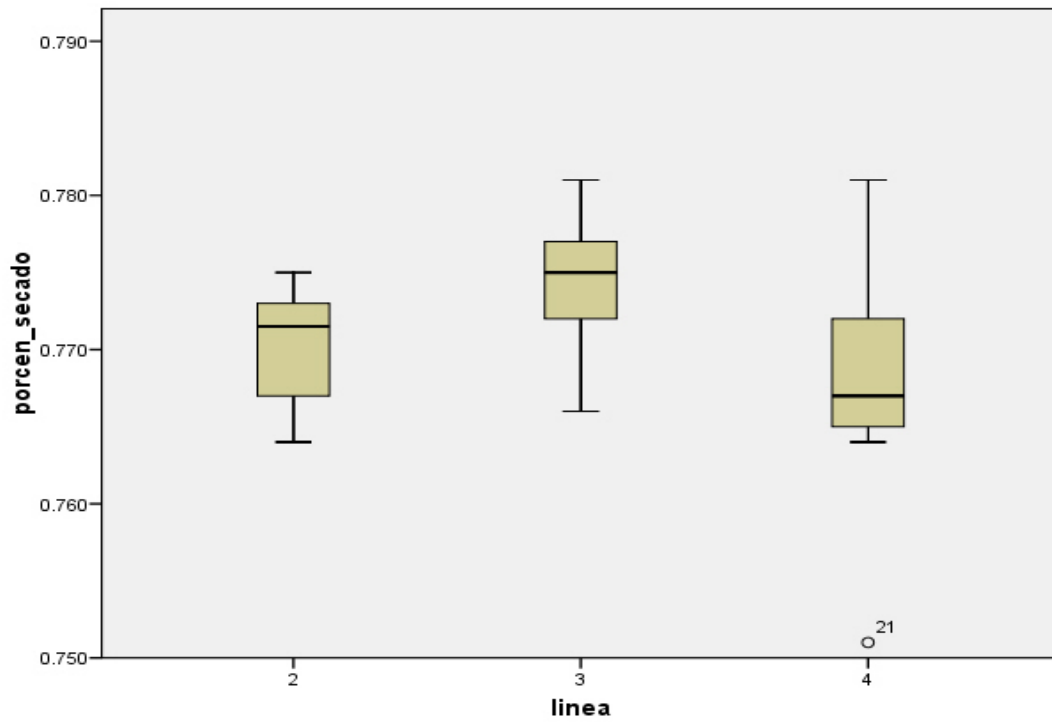
Se tomó una muestra de 40 bandejas por planta, tomando 4 bandejas de cada planta cada hora durante 5 horas consecutivas en dos días diferentes. A partir de esta información se analizó la supuesta dependencia entre el agua sacada de la bandeja y la resistencia al agua desarrollada por la misma. Ver tabla a continuación.

Toma de datos de experimento de estabilización de variables críticas del proceso

Planta	peso humedo	peso seco promedio (4 bandejas)	Peso ambiente promedio (4 bandejas)	peso sumergido promedio (4 bandejas)	% de agua secada	% de agua absorvida por inmersión
2	266	60,25	63,75	103,25	77,3%	62,0%
	262	61,75	64,75	101,25	76,4%	56,4%
	256	58,75	61,5	94,75	77,1%	54,1%
	270	60,75	65,75	99	77,5%	50,6%
	258	58,5	62	95,5	77,3%	54,0%
	266	60,25	64,5	101,5	77,3%	57,4%
	267	62	65,75	98,25	76,8%	49,4%
	263	60	61,75	96	77,2%	55,5%
	269	63,5	67	107	76,4%	59,7%
	257	60	62	102,5	76,7%	65,3%
3	263	60	62,5	131,5	77,2%	110,4%
	264	59	61,75	119	77,7%	92,7%
	256	56	58,5	103	78,1%	76,1%
	265	59	62	115	77,7%	85,5%
	260	58,5	61	114	77,5%	86,9%
	264	59,5	62	131,75	77,5%	112,5%
	265	59,5	62,25	152,25	77,5%	144,6%
	265	61	63,25	172	77,0%	171,9%
	273	60,75	64,25	120,75	77,7%	87,9%
265	62	67,5	105	76,6%	55,6%	
4	262	65,25	66,25	153,75	75,1%	132,1%
	254	59,75	62,5	105	76,5%	68,0%
	251	57,25	61	106,25	77,2%	74,2%
	245	56,75	59,25	101,75	76,8%	71,7%
	261	59,25	63,75	115	77,3%	80,4%
	263	61,5	65,25	122	76,6%	87,0%
	245	56,25	59,5	111,5	77,0%	87,4%
	253	59,5	62,75	99,75	76,5%	59,0%
	261	61,5	66,25	115	76,4%	73,6%
	258	56,5	60,5	103,25	78,1%	70,7%

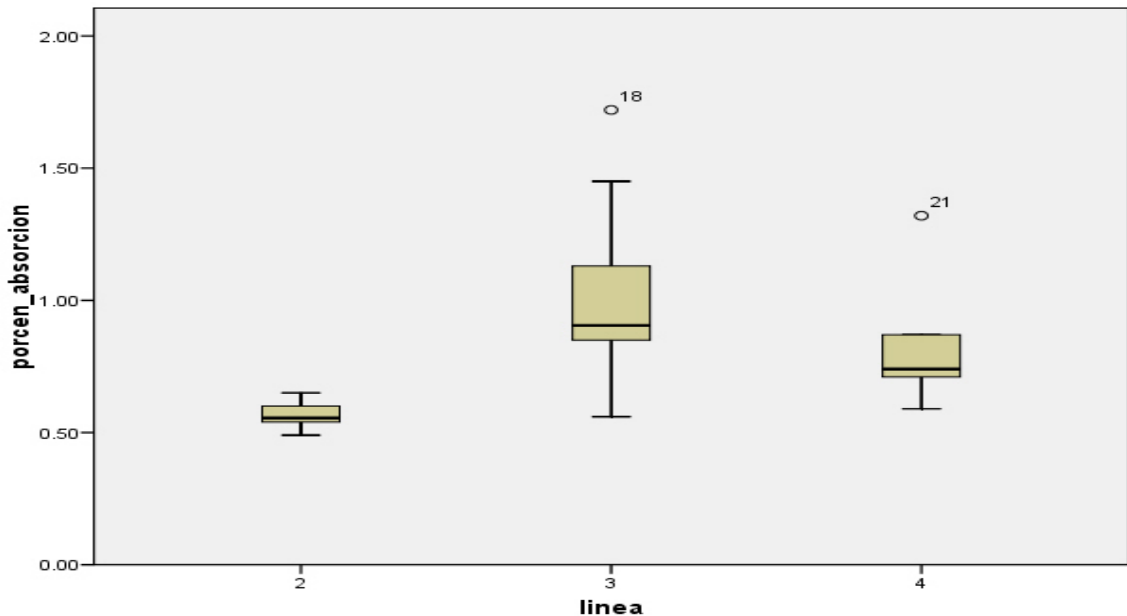
Basado en los datos anteriores se hace un análisis de los porcentaje de agua en la bandeja después de moldeado y se observa que en todas las plantas se obtienen medias muy similares de este indicador, todas entre un 76% y un 78% en promedio, sin embargo se observan mejores resultados en la línea 3, ver diagrama A, lo que se traduce en que las tres líneas eliminan aproximadamente la misma cantidad de agua de la bandeja y que si el secado influye en la resistencia al agua de la bandeja debe ser la línea 3 la que presente mejores resultados de resistencia.

Diagrama A



Sin embargo, en el diagrama B se observa que es la Línea 2 la que tiene mejores resultados de resistencia al agua lo que contradice la hipótesis anterior y en contraste es la línea 3 la que presenta peores resultados de resistencia al agua.

Diagrama B



A partir de los datos anteriores se concluye que hay un factor adicional que no se ha tenido en cuenta en el secado, y después de una observación minuciosa de los resultados de los tiempos de secado se evidencia que el comportamiento de la resistencia al agua es mejor para las líneas que tienen tiempos de secado mas largo. A pesar de que todas las líneas sacan en promedio la misma cantidad de agua de la bandeja.

Seguido esto y después de una entrevista con el proveedor del agente encolante, este plantea una variable adicional en el proceso de reacción del químico, el que denomina “Encurado de la bandeja”, según el proveedor la reacción del químico necesita la eliminación de agua de la bandeja y adicionalmente un tiempo de respuesta natural del agente de encolado, y que este tiempo de “encurado natural” se acelera por medio de calor. Lo que planteo la siguiente hipótesis:

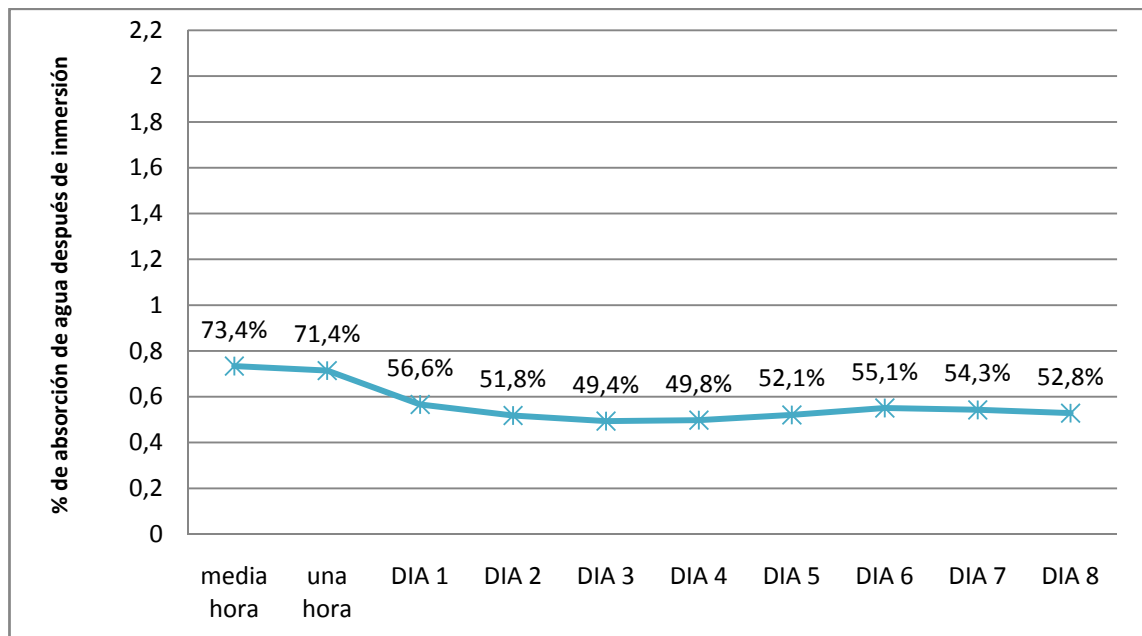
La bandeja en el proceso de secado presentan dos fases: la primera es la eliminación del agua, y la segunda es el aporte al “encurado de la bandeja”. Dicho encurado según el proveedor se presenta de manera natural en la bandeja en un

intervalo de 12 a 36 horas en solo una hora si pasa un tiempo superior a 10 minutos sometido al calor.

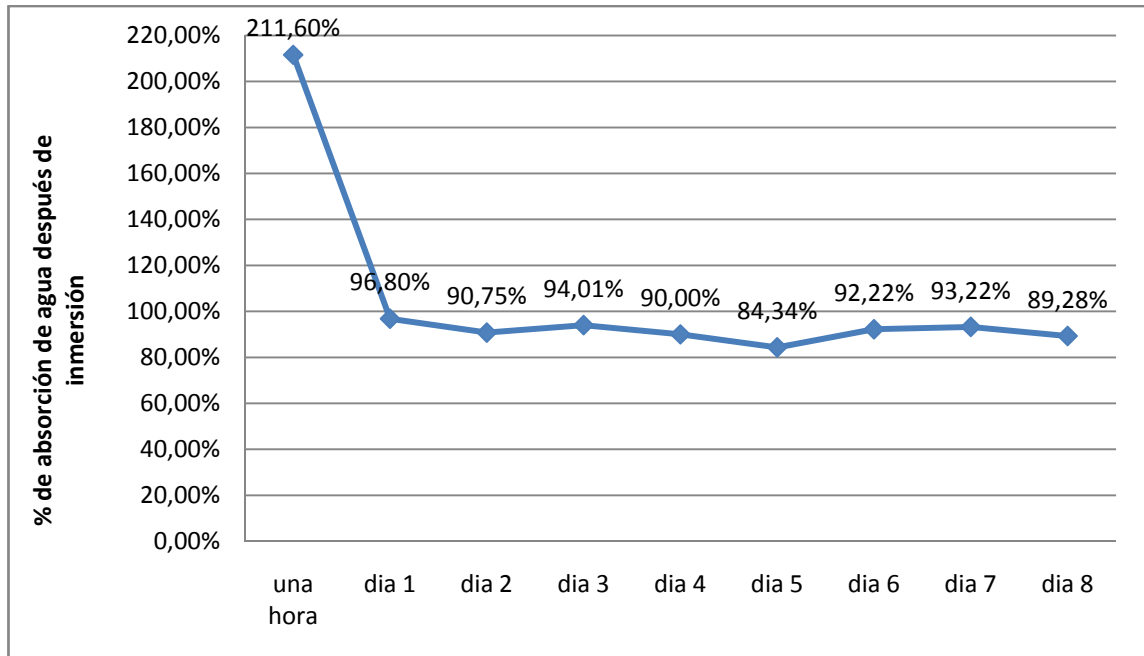
Por tanto y para comprobar dicha hipótesis se plantea tomar una muestra de 40 bandejas consecutivas de cada línea hacer pruebas de 4 bandejas una cada 24 horas, lo que equivale a un seguimiento de 7 días sobre un mismo lote de bandejas sometido condiciones de secado idénticas.

Se observaron los siguientes resultados:

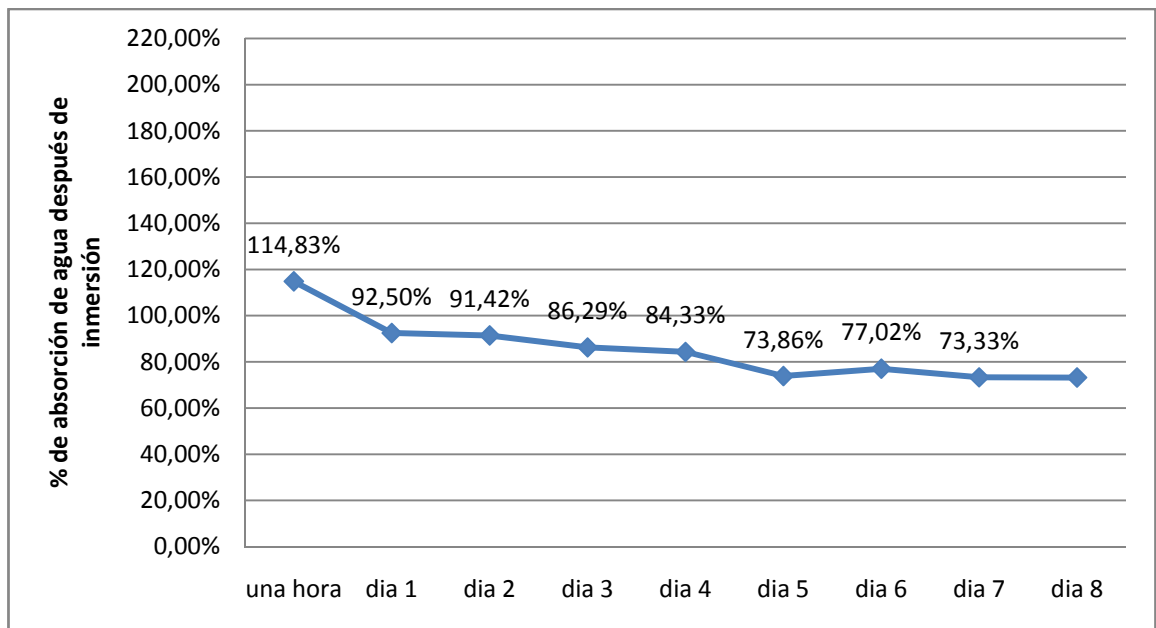
Estabilización de la resistencia al agua Línea 2



Estabilización de la resistencia al agua Línea 3



Estabilización de la resistencia al agua Línea 4



Conclusión general

- ✓ En conclusión se observa que las bandejas alcanzan una mejor resistencia al agua 48 horas después de salir del proceso de secado, por tanto la medición una hora después no es un dato concluyente para sacar ninguna conclusión respecto a la calidad de la bandeja. Por tanto se propone añadir la medición 48 horas después de salida del sistema y no una hora.
- ✓ Las bandejas de la línea 2 tienen una mejor resistencia al agua medida una hora después ya que esta línea tiene un proceso de secado más largo y la bandeja permanece más tiempo en el horno después de que se le ha extraído toda el agua, por tanto este proceso acelera el encolado de la bandeja, sin embargo el hecho de que las otras líneas presenten una resistencia menor medida una hora después, se debe a que estas llevan a cabo el proceso de encolado de manera natural y después de 48 horas presentan resistencias muy parecidas a las de la línea dos.
- ✓ El experimento demostró que todas las líneas tienen la capacidad de producir bandejas que cumplan con los parámetros de resistencia al agua exigidos por el proceso.

Anexo E Datos de experimentación

Tabla de datos experimento 1

Porcentajes de absorción de la bandeja por nivel

Basoplast	Muestra																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
nivel 1	60	63	63	59	43	43	41	45	57	45	43	42	57	63	57	58	71	67	65	64
nivel 2	85	80	93	88	88	76	79	74	79	76	71	67	74	70	72	71	93	87	85	82
nivel 3	75	74	73	69	83	77	74	67	77	74	71	70	91	89	88	88	83	84	78	73

Fuente: El autor

Tabla de datos experimento 2

Porcentajes de absorción de la bandeja por interacción línea 3

		Basoplast por bache					
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	
Velocidad	Nivel 1	59	43	68	69	83	82
		60	45	70	76	84	76
		69	52	64	94	94	81
		56	54	63	77	89	76
	Nivel 2	52	57	67	54	60	77
		54	62	78	60	104	115
		60	55	64	55	104	65
		54	49	57	59	79	61
	Nivel 3	72	70	90	115	102	87
		65	69	90	107	115	90
		73	84	98	107	131	97
		80	73	98	90	118	93

Fuente: El autor

Tabla de datos experimento 3

Porcentajes de absorción de la bandeja por interacción línea 4

		Basoplast por bache					
		Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3	
Velocidad	Nivel 1	47	66	71	73	77	93
		58	71	83	85	94	94
		53	67	87	84	95	100
		44	62	85	72	72	94
	Nivel 2	58	66	80	69	83	95
		70	67	81	82	94	85
		66	71	68	78	83	87
		60	65	67	77	94	87
	Nivel 3	48	88	79	89	105	90
		56	75	98	102	107	108
		52	79	95	95	100	113
		60	67	81	90	103	110

Fuente: El autor



Tabla de datos experimento 4

Índice de flexión lateral: este índice representa los milímetros flexionados por la bandeja cuando es puesta en un soporte de apoyo en su centro y sus laterales son sometidos a cuatro pesos idénticos de 660 gramos distribuidos simétricamente a la misma distancia de su centro de masas.

Bandeja numero...	peso seco	promedio de vector usado	índice de flexión lateral	Bandeja numero...	peso seco	promedio de vector usado	índice de flexión lateral
1	61	72	10,00	70	59	66	12,00
2	58	71	18,00	71	60	70	13,00
3	64	52	13,00	72	60	74	19,00
4	56	72	15,00	73	61	45	16,00
5	54	71	17,00	74	59	70	14,00
6	58	52	21,00	75	65	50	13,00
7	56	72	19,00	76	65	45	12,00
8	58	71	16,00	77	57	70	18,00
9	60	52	16,00	78	59	50	15,00
10	60	72	13,00	79	63	45	12,00
11	61	71	13,00	80	59	70	13,00
12	61	52	15,00	81	62	50	10,00
13	63	72	11,00	82	61	45	14,00
14	61	71	15,00	83	63	70	12,00
15	64	52	14,00	84	60	50	16,00
16	58	72	15,00	85	60	64	13,00
17	58	71	15,00	86	59	66	16,00
18	64	52	12,00	87	60	61	13,00
19	59	72	13,00	88	59	64	12,00
20	57	71	18,00	89	53	66	20,00
21	62	52	14,00	90	59	61	15,00
22	59	72	13,00	91	54	66	16,00
23	61	71	12,00	92	58	61	14,00
24	63	52	15,00	93	56	66	15,00
25	60	66	13,00	94	58	61	15,00
26	62	47	13,00	95	61	72	15,00
27	66	80	13,00	96	60	56	15,00
28	56	66	14,00	97	63	87	10,00
29	55	47	17,00	98	61	72	11,00
30	62	80	10,00	99	56	56	17,00
31	57	66	12,00	100	57	87	13,00
32	59	47	15,00	101	55	72	17,00
33	57	80	15,00	102	56	56	16,00
34	60	66	13,00	103	57	87	14,00
35	63	47	12,00	104	60	72	11,00

Bandeja numero ...	peso seco	promedi o de vector usado	elongació n "Total"	Bandeja numero ...	peso seco	promedio de vector usado	elongaci ón "Total"
36	59	80	16,00	105	60	56	15,00
37	60	66	12,00	106	59	87	14,00
38	62	47	15,00	107	60	72	13,00
39	61	80	15,00	108	61	56	12,00
40	59	66	12,00	109	57	87	12,00
41	56	47	17,00	110	56	56	14,00
42	60	80	15,00	111	59	87	10,00
43	58	66	12,00	112	57	56	14,00
44	62	47	13,00	113	62	87	10,00
45	57	80	16,00	114	59	56	12,00
46	57	66	12,00	115	57	87	13,00
47	62	47	11,00	116	59	92	13,00
48	60	80	16,00	117	58	70	15,00
49	59	66	15,00	118	64	51	12,00
50	61	70	15,00	119	60	92	13,00
51	63	74	11,00	120	59	70	19,00
52	56	66	16,00	121	56	51	17,00
53	55	70	17,00	122	60	92	11,00
54	60	74	16,00	123	57	70	17,00
55	57	66	14,00	124	63	51	14,00
56	55	70	17,00	125	60	92	11,00
57	57	74	14,00	126	57	70	17,00
58	58	66	13,00	127	63	51	15,00
59	58	70	18,00	128	58	92	13,00
60	61	74	14,00	129	59	70	12,00
61	64	66	14,00	130	64	51	11,00
62	60	70	17,00	131	57	92	12,00
63	63	74	10,00	132	59	70	16,00
64	64	66	11,00	133	58	51	15,00
65	57	70	16,00	134	58	92	14,00
66	60	74	12,00	135	67	70	10,00
67	57	66	13,00	136	59	51	12,00
68	57	70	15,00	137	56	92	14,00
69	60	74	13,00	138	59	51	13,00

Anexo I Control de mantenimiento Línea 4

		MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS PLANTA DE BANDEJAS FICHA TÉCNICA				Código:	
		Versión:		Página: 1 de 1			
CARACTERÍSTICAS GENERALES						FOTO	
Máquina-Equipo	MOTOBOMBA - PULPER	Marca	SIEMENS	Código			
Serie N°	1LA7130-2YC79	Modelo	19042	F. Recepción			
Ubicación	PB04	Sección	PULPER	Fabricante	SIEMENS		
Peso (Kg)		46	Altura	Ancho	Largo		
CAPACIDAD DE TRABAJO							
Voltaje		220/440 V		Potencia	9 HP	RPM	3450
FP						0.9	
EQUIPO/HERRAMIENTAS/ACCESORIOS							
Elemento		Marca	Referencia	Cantidad	Observaciones		
Sellos Mecánicos			SELLO MECANICO 1 1/4 PG	1			
Rodamientos			ROD. RIGIDO DE BOLAS 6205	1			
			ROD. RIGIDO DE BOLAS 6206	1			
Impulsor				1			
Casquillo			CASQ. DE SELLO MEC DE 1 1/4 PG	1			
Voluta			VOLUTA DE HIERRO PARA MOTOB.	1			
Ventilador				1			
Plato sello				1			
				REPUESTOS UTILIZADOS			
FECHA	Realizado por:	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO		NOMBRE	CANTIDAD	CÓDIGO	
21/01/2011		Cambio de Rodamientos		RODAMIENTOS 6208 2RS C3	2		
21/01/2011		Revisión de conexiones electricas (Borneras)					

Anexo J programación de parada y mantenimientos planta de bandejas

FECHA: 24 de Diciembre **HORA DE PARADA:Planta 2** 9:00 AM - **Planta 3:** 9:20

AM - **Planta 4:** 9:10 AM

ACTIVIDAD PROGRAMADA	RESPONSABLES			
	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PULPER
LAVADO DE TANQUES Y AGITADORES <ul style="list-style-type: none"> • Tanque de preparación del bache • Tanque de almacenamiento de pulpa • Tanque de almacenamiento de agua • Cuba de moldeo • Tanques de almacenamiento y distribución de agua a las plantas (Ubicados en la zona de Calderas) • Limpieza de agitadores y motores de los agitadores. BAJADO DE MOLDES <ul style="list-style-type: none"> • Bajado de moldes y aplicación de cera off 	Miguel Mejía Olver Páez Freddy Valderrama	Elder Mejía Serafin Martínez Gilberto Jaimes	Álvaro Valderrama Juan G. Plata Wilson Riatiga	NA
LAVADO Y LIMPIEZA DE TANQUES DEL PULPER PRINCIPAL (parte 1) <ul style="list-style-type: none"> • Tanque de almacenamiento de pulpa y agitadores • Tanque de almacenamiento de agua principal. • Tanque de almacenamiento de agua secundario. 	NA	NA	NA	Nirson Cordero
TAPADA DE FUGAS DE VAPOR PLANTA# 2	Henry Riatiga			

NA: No Aplica

OBSERVACIÓN: Para cada una de las anteriores actividades de entregará la correspondiente lista de chequeo con las verificaciones mínimas en la maquinaria, el orden de ejecución y el control de avance de la jornada de mantenimiento.

TERMINACIÓN DE 1° JORNADA: 24 DE DICIEMBRE 1:00 PM

Karem Mejía Díaz

Jefe Planta de Bandejas Elaboró: Juan Carlos Ortega

PROGRAMACIÓN DE PARADA Y MANTENIMIENTOS

PLANTA DE BANDEJAS

FECHA: 26 de Diciembre **HORA DE INICIO:** 6:00 AM

ACTIVIDAD PROGRAMADA	RESPONSABLES				
	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PULPER	CALDERA
LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DEL HORNO <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza externa • Limpieza interna • Engrase de rodamientos de los piñones • Revisión de pines, cadena, latas y guías del horno 	Pedro Zafra Jaime González Carlos Campos	Edinson Rincón Néstor Ortiz Carlos jaimés	Willinton Naranjo Julián Martínez Carlos Serrano	NA	NA
LIMPIEZA DE MOLDES Y CONTRA MOLDES : esta actividad se dividirá en varias jornadas tomando en orden consecutivo la limpieza de los moldes y contra moldes de	Pedro Zafra Jaime González Carlos Campos	Edinson Rincón Néstor Ortiz Carlos jaimés	Willinton Naranjo Julián Martínez Carlos Serrano	NA	NA

TODAS LAS PLANTAS					
ASEO GENERAL DE LA PLANTA <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de Bodega Materia Prima • Bodega de Producto Terminado • Limpieza de telarañas y paredes • Bodega de Insumos • Limpieza y lavado del Baño • Limpieza de pasillo Planta#1 	Julio Quiñones, Oscar Martínez, Jimmy Gutierrez, Edison Amaya e Iván Ibañez.				
LIMPIEZA DE LOS TANQUES DEL PULPER GRANDE (parte 2) <ul style="list-style-type: none"> • Tanque de almacenamiento de pulpa y agitadores • Tanque de almacenamiento de agua principal. • Tanque de almacenamiento de agua secundario. 	NA	NA	NA	Yeison Herrán y John Alexis	NA
CAMBIO DE “T” DE TUBERÍA DE VAPOR	NA	NA	NA	NA	Juvenal y Henry
SOLDADO DE LA TAPA DE TANQUE DE CONDENSADOS	NA	NA	NA	NA	Juvenal y Henry
INSTALACIÓN DE ELECTROVÁLVULA DE TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA DEL PULPER GRANDE	NA	NA	NA	NA	Juvenal y Henry
LIMPIEZA Y DESTAPADO DE CALDERAS (parte 1)	Iván Rios	Misael Mantilla Jhon	Heriberto Cordero Ángel	NA	Mario y Calderista

Se planea en dos jornadas e incluye el deshollinado de pirotubos, limpieza del arco de ignición, limpieza hogar y limpieza del espejo trasero para cada caldera.		Echeverry	David Cruz		
DESTAPADO Y LIMPIEZA DE TODAS LAS BOMBAS DE PLANTA <ul style="list-style-type: none"> • Bomba del pulper • Motobomba de moldeo • Bomba del agua de retorno • Bomba que saca el agua del vacio • Bomba de lavado • Bomba 10. 	Jairo Beltrán	Luis Reyes	Javier celis		
DESTAPADO Y LIMPIEZA DE LAS TODAS LAS BOMBAS DEL PULPER GRANDE	NA	NA	NA	Hilario Beleño, Freddy Cordero	

NA: No Aplica

OBSERVACIÓN: Para cada una de las anteriores actividades de entregará la correspondiente lista de chequeo con las verificaciones mínimas en la maquinaria, el orden de ejecución y el control de avance de la jornada de mantenimiento.

PROGRAMACIÓN DE PARADA Y MANTENIMIENTOS

PLANTA DE BANDEJAS

FECHA: 31 de Diciembre **HORA DE PARADA:**Planta 2 9:00 AM - Planta 3: 9:20 AM - Planta 4: 9:10 AM

ACTIVIDAD PROGRAMADA	RESPONSABLES				
	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PULPER	CALDERA
ASEO GENERAL DE LA PLANTA	Todo el personal operativo disponible				
LIMPIEZA DE MOLDES Y CONTRA MOLDES (parte 2): Esta actividad se dividirá en varias jornadas tomando en orden consecutivo la limpieza de los moldes y contra moldes de cada planta.	Freddy Valderrama Miguel Mejía Olver Páez	Serafín Martínez, Gilberto Jaimes, Elder Mejía	Álvaro Valderrama , Wilson Riatiga Juan Guillermo Plata	Nirson Cordero y John Alexis Rivera	NA
PINTADA DE PLANTAS	Freddy Valderrama Miguel Mejía Olver Páez	SerafínMartínez, Gilberto Jaimes, Elder Mejía	Álvaro Valderrama , Wilson Riatiga Juan Guillermo Plata	Nirson Cordero y John Alexis Rivera	NA
CAMBIO DE TUBERÍA DE PVC Y TAPADO DE FUGAS PENDIENTES	Mario García y Henry Riatiga	NA	NA	NA	NA
MANTENIMIENTO VENTILADOR # 2	NA	NA	Mario García y Henry Riatiga	NA	NA

OBSERVACIÓN: Para cada una de las anteriores actividades de entregará la correspondiente lista de chequeo con las verificaciones mínimas en la maquinaria, el orden de ejecución y el control de avance de la jornada de mantenimiento.

PROGRAMACIÓN DE PARADA Y MANTENIMIENTOS
PLANTA DE BANDEJAS

FECHA: 2 DE ENERO **HORA DE INICIO:** 6:00 AM

ACTIVIDAD PROGRAMADA	RESPONSABLES				
	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PULPER	CALDERA
LIMPIEZA Y DESTAPADO DE CALDERAS (parte 2) la cual se planea en dos jornadas e incluye el deshollinado de piro tubos, limpieza del arco de ignición, limpieza hogar y limpieza del espejo trasero para cada caldera.	NA	NA	NA	NA	Mario, Calderista y operarios de Planta requeridos
CAMBIO DE VÁLVULA DE LA GUILLOTINA DE DOSIFICACIÓN	NA	NA	NA	NA	Juvenal y Henry
CONCLUSIÓN DE CUALQUIER ACTIVIDAD PENDIENTE EN LAS LISTAS DE CHEQUEO DE DÍAS ANTERIORES: se terminara cualquier actividad de los días anteriores que esté inconclusa.	Todo el personal operativo programado en planta.				
ASEO GENERAL DE LA PLANTA	Julio Quiñones, Oscar Martínez, Jimmy Gutierrez, Edison Amaya e Iván Ibañez.				

OBSERVACIÓN: Para cada una de las anteriores actividades de entregará la correspondiente lista de chequeo con las verificaciones mínimas en la maquinaria, el orden de ejecución y el control de avance de la jornada de mantenimiento.

Karem Mejía Díaz
Jefe Planta de Bandejas

Elaboró: Juan Carlos Ortega

Anexo K. Lista de chequeo de verificación de actividades programadas Calderas

A continuación se listan las actividades básicas de verificación y limpieza de las cuales se deben registrar los tiempos de inicio, finalización y registrar su ejecución con un símbolo de verificación (√). Los elementos deteriorados encontrados en las verificaciones se deben listar en observaciones, además se debe registrar cuales fueron cambiados y cuales están pendientes de cambio o reparación.

Limpieza

Actividad	Inicio	Finalización	√	observaciones
Deshollinado de Piro tubos caldera 1				
Limpieza del arco de ignición caldera 1				
Limpieza hogar caldera 1				
Deshollinado de Piro tubos caldera 2				
Limpieza del arco de ignición caldera 2				
Limpieza hogar caldera 2				
Revisión de sellos mecánicos y manholes, ¿se encuentran estos elementos deteriorados o con daños notables?				
Revisión del estado del ventilador inducido (ambas calderas) ¿se encuentra correctamente lubricado? ¿hay signos notables de desgaste de sus correas y rodamientos?				
Revisión de cadena de alimentación (ambas calderas). ¿se encuentran en correcto estado todos sus eslabones y pasadores?				

Mantenimientos apremiantes

Actividad	Inicio	Finalización	√	observaciones
Cambio de "T" de tubería de vapor				
Soldado de la tapa de tanque de condensados				
Cambio de válvula de la guillotina de dosificación				

Varios

Actividad	Inicio	Finalización	√	observaciones

Anexo L. Lista de chequeo de verificación de actividades programadas Pulper principal

A continuación se listan las actividades básicas de verificación y limpieza de las cuales se deben registrar los tiempos de inicio, finalización y registrar su ejecución con un símbolo de verificación (√). Los elementos deteriorados encontrados en las verificaciones se deben listar en observaciones, además se debe registrar cuales fueron cambiados y cuales están pendientes de cambio o reparación.

Limpiezas

Actividad	Inicio	Finalización	√	observaciones
Limpieza interna y externa del tanque de almacenamiento de pulpa , incluyendo limpieza de cada agitador del mismo.				
Limpieza del tanque de almacenamiento de agua principal				
Limpieza del tanque de almacenamiento de agua secundario				
Limpieza interna y externa del pulper				
Limpieza de la zona de salida de desechos				
Limpieza de trampas y filtros del pulper				

Bombas

Actividad	Bomba Dilución	bomba de Cuchilla	Bomba prensa estopa	Bomba Dosificación	Bomba pulpa
Hora de inicio					
Desarmado de la bomba y verificación de elementos externos y de ajuste. ¿Se encuentran en buen estado los tornillos, tuercas, sellos mecánicos, carcasa y demás elementos de ajuste?					
Limpieza y destapado de la bomba					
Verificación de elementos internos. ¿Se encuentra en buen estado el ventilador de la bomba?, ¿detecta alguna señal de deterioro de los rodamientos, impulsor, casquillo y demás elementos internos?					
Hora de finalización					

Los elementos deteriorados encontrados en las verificaciones se deben listar a continuación, además se debe registrar cuales fueron cambiados y cuales están pendientes de cambio o reparación.

Bomba	Observaciones
Dilución	
Cuchilla	
Prensa estopa	
Dosificación	
Pulpa	

Varios

Actividad	Inicio	Finalización	√	observaciones
Engrase de rodamientos del pulper principal				
Instalación de electroválvula de tubería de alimentación de agua del pulper grande				

Anexo M. Lista de chequeo de verificación de actividades programadas Planta

Línea ____

A continuación se listan las actividades básicas de verificación y limpieza de las cuales se deben registrar los tiempos de inicio, finalización y registrar su ejecución con un símbolo de verificación (√). Los elementos deteriorados encontrados en las verificaciones se deben listar en observaciones, además se debe registrar cuales fueron cambiados y cuales están pendientes de cambio o reparación.

Tanques

Actividad	Inicio	Finalización	√	observaciones
Lavado del tanque de preparación del bache, incluye limpieza completa del agitador del tanque				
Lavado del tanque de almacenamiento de agua				
Lavado del tanque de almacenamiento de pulpa en planta				
Limpieza de los agitadores del tanque de almacenamiento , incluyendo limpieza de los motores de agitación.				
Lavado de la cuba de moldeo				
Lavado de tanque de almacenamiento y distribución de agua a las plantas. (Ubicados en la zona de Calderas)				
Bajado de moldes y aplicación de cera off				

Horno

Actividad	Inicio	Finalización	√	observaciones
Limpieza externa del horno de secado				
Limpieza de las carcasas de los ventiladores del horno				
Eliminación de bandejas atrapadas dentro del horno y limpieza interna del mismo				
Verificación del correcto estado de guías, pines, latas y cadena dentro del horno ¿se encuentran en buen estado las guías del horno? ¿Hay pines doblados, en mal estado o por cambiar? ¿Detecta latas demasiado torcidas o flexionadas?				

Varios

Actividad	Inicio	Finalización	√	observaciones
Limpieza de moldes y contra moldes				
Pintado de la planta				
Revisión del pulper antiguo de cada planta y engrase de rodamientos del mismo.				
Revisión y búsqueda de fugas del sistema de aire (fugas en el transfer y rotor).				
Limpieza del tubo de lavado				

Anexo N. Lista de chequeo de verificación de actividades mantenimiento programadas

Diciembre y 2 de Enero para las cuales se debe registrar su ejecución con un símbolo de verificación (√). Los elementos deteriorados encontrados en las verificaciones se deben listar en observaciones, además se debe registrar cuales fueron cambiados y cuales están pendientes de cambio o reparación.

Actividad	Fecha de realización	Responsables	√	observaciones
Instalación de la tapa del extractor de la planta 3.		Mario García		
Cambio de araña del motor hidráulico planta 4.		Álvaro Valderrama		
Soldado de bisagras del pulper y lámina del tanque.		Henry Riatica		
Cambio de cilindro DNC 125		Serafín Martínez		
Instalación de la polea del ventilador #2 planta 2.		Juvenal		
Cortar codos Inoxidables planta 2		Henry Riatica		
Tapado de fuga del campo 1 de planta 2		Henry Riatica		
Cambio de trampa termodinámica de vapor planta 3		Juvenal		
Cambio de la bomba de lavado planta 3		Juvenal		

Cambio de aceite y filtro de unidad hidráulica planta 3				
Cambio de 2 caballetes y fijaciones planta3 y revisión de unidades faltantes LNG 100 para posible compra				
Cambio de ventilador 2 planta 4.		Mario Garcia y operador planta 4		
Tapado fuga del Mc Donell				
Instalar Byes puerta caldera 2				
Revisar Ventilador Inducido				

Anexo O. Lista de chequeo de verificación de bombas Planta__

A continuación se listan las actividades básicas de verificación y limpieza de las cuales se deben registrar los tiempos de inicio, finalización y registrar su ejecución con un símbolo de verificación (√)

Actividad	Bom ba pulp er	Motobomba de moldeo	Bomba agua de retorno	Bomba que saca el agua de vacio	Bomba lavado	Bomb a 10
Hora de inicio						
Desarmado de la bomba y verificación de elementos externos y de ajuste. ¿Se encuentran en buen estado los tornillos, tuercas, sellos mecánicos, carcasa y demás elementos de ajuste?						
Limpieza y destapado de la bomba						
Verificación de elementos internos. ¿Se encuentra en buen estado el ventilador de la bomba?, ¿detecta alguna señal de deterioro de los rodamientos, impulsor, casquillo y demás elementos internos?						
Hora de finalización						

Los elementos deteriorados encontrados en las verificaciones se deben listar a continuación, además se debe registrar cuales fueron cambiados y cuales están pendientes de cambio o reparación.

Bomba	Observaciones
Pulper	
Moldeo	
Agua de retorno	
que saca el agua de vacio	
Lavado	

Consumo de combustible de Agosto de 2011

CONSUMO DE COMBUSTIBLE AGOSTO					
Fecha	Tolvas carbón	cascarilla	TON carbón	cascarilla	Producción
1 al 2		1,5		12,1315217	75100
2 al 3		1		8,08768112	91300
3 al 4		1,5		12,1315217	77900
4 al 5		1		8,08768112	106700
5 al 6	1,5		17,803739		113900
6 al 8		3	87	24,2630434	171000
8 al 9		3		24,2630434	102400
9 al 10		3		24,2630434	138800
10 al 11		2		16,1753622	136600
11 al 12		2		16,1753622	135500
12 al 13		1,5		12,1315217	124000
13 al 16		4		32,3507245	390700
16 al 17		3		24,2630434	139300
17 al 18		2,5		20,2192028	115600
18 al 19		2,5		20,2192028	104900
19 al 20		2,5		20,2192028	133000
20 al 22		4		32,3507245	258000
22 al 23		2,5		20,2192028	111300
23 al 24		2		16,1753622	134200
24 al 25		2		16,1753622	120200
25 al 26		2,5		20,2192028	126700
26 al 27		2,5		20,2192028	107500
27 al 29		4		32,3507245	264700
TOTAL			18	433	3279300
PORCENTAJES			4%	96%	
CARBON/BANDEJA	5		Gramos * bandeja		
CASCARILLA/BANDEJA	132		Gramos * bandeja		

Fuente: el autor

Anexo Q. Análisis de los niveles estándar para el bache de preparación de pulpa
Como se observó en el diagnóstico del proceso la determinación de un nivel estándar de pulpa para el tanque de mezclado es indispensable en el proceso de estandarización de la planta y traería consigo un beneficio en cuanto a la estabilidad y homogenización del sistema. El cálculo de un nivel estándar depende o está en función de la consistencia promedio manejada en el tanque de almacenamiento principal.

Como se explicó anteriormente la consistencia de la pulpa en el momento en que sale del pulper principal al tanque de almacenamiento es más alta que la que se debe manejar en el moldeado, por tanto en el tanque de mezclado de cada planta se le adiciona agua para lograr la consistencia de moldeado. Sin embargo para establecer un nivel estándar es necesario que la consistencia en el tanque principal tenga muy poca variabilidad.

En teoría la consistencia en que sale la pulpa del Pulper principal no debe variar significativamente ya que esta depende de la cantidad de material que es molido, la cual es constante, y del agua que el pulper adiciona en el molido, la cual está programada por PLC. La variación se genera en el proceso cuando el agua adicionada por el pulper resulta insuficiente, dado que el proceso de molido no es igual para todas las fibras, se puede presentar un molido atípico e irregular el cual se identifica por la no formación de un patrón en la pulpa, problema que se soluciona agregando agua. El agua se adiciona de dos formas, una es por medio de una motobomba y la otra es por el accionamiento de la electroválvula que permite el ingreso de agua por gravedad desde el tanque de agua.

Para comprobar la homogeneidad de la consistencia de la pulpa se hace un seguimiento de consistencia en el tanque de almacenamiento principal durante dos semanas, tomando de 4 a 7 muestras diarias.

El seguimiento arrojó los siguientes resultados:

- Se observaron valores muy dispersos y grandes variaciones entre los datos de diferentes horas y días, los cuales no siguen ningún tipo de patrón general.
- Se calculó un intervalo de confianza entre 3.43% y 5.38% de consistencia , el cual es muy grande con respecto a la amplitud esperada

Inicialmente se sospecha que es la utilización de las bombas lo que ocasiona la gran variabilidad de la consistencia y se hace un seguimiento de los tiempos de utilización de la bomba. Se hacen 6 mediciones a cada operador y se tiene una media de 2 minutos de utilización de bomba, lo que equivale, según las características de operación de las bombas, a adicionar de 1.5 a 2 metros cúbicos cada vez.

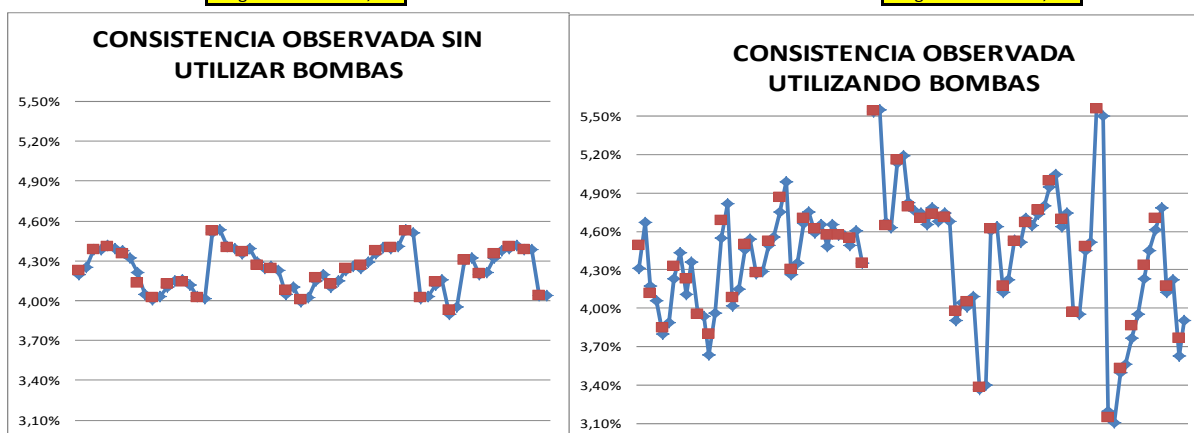
En comparación y tomando los datos de nivel del tanque de agua se observa que cuando se utiliza la electroválvula para adicionar el agua solo se agregan de 0.4 a 0.6 metros cúbicos lo que representa una gran diferencia respecto al otro método. Partiendo de estos datos se prohíbe el uso de las bombas para adicionar agua al sistema y se hace una observación de la consistencia por 2 semanas tomando entre 4 y 7 mediciones diarias.

El seguimiento arrojó los siguientes resultados:

- Se obtuvieron valores de consistencia considerablemente más estables que con la utilización de bombas.
- Se obtuvo un intervalo de confianza con un rango mucho más pequeño que el inicial
- Se disminuyó la variabilidad del proceso en un 67%

INTERVALO DE CONFIANZA		
MINIMA	MEDIA	MAXIMA
3,91%	4,23%	4,55%
Rango		0,65%

INTERVALO DE CONFIANZA		
MINIMA	MEDIA	MAXIMA
3,43%	4,41%	5,38%
Rango		1,94%




Fuente: El autor

Gracias a este análisis se comprueba que la utilización de las bombas no solo son una fuente de desperdicio de energía eléctrica sino que su utilización genera variabilidad en el proceso y se debe prohibir su huso con este propósito.

Siguiendo con el desarrollo del cálculo del nivel de pulpa en el tanque de mezclado, y partiendo de la consistencia promedio encontrada en el sistema se determina que son necesarios 40 cm de altura de pulpa en el tanque antes de adicionar agua, ya que el área del tanque de mezclado es 2.0106 m² y con una altura de 40 cm se tendrían en total 0.08 m³ de pulpa. Calculando la cantidad de material seco al 4.2% de consistencia en el volumen indicado se encontraría un total de 33 Kilogramos de material seco aproximadamente.

Anexo R procedimiento para la preparación de la pulpa en los tanques de mezclado de planta

	Anexo R. procedimiento para la preparación de la pulpa en los tanques de mezclado de planta		Código:
			Versión: 00
			Página 1 de 3
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:

1. OBJETIVO


Establecer los pasos a seguir para el adecuado proceso de mezclado y dosificación de químicos en los tanques de mezclado de pulpa de las plantas, en la planta de producción de bandejas de INDUSTRIAS FALCON S.A.S.

2. ALCANCE


Este procedimiento aplica a los OPERARIOS DE PLANTA de la Planta de Bandejas de INDUSTRIAS FALCON S.A.S.

3. PROCEDIMIENTO

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO
1	Alimentación de pulpa: al iniciar el proceso se alimenta el tanque de mezclado con pulpa activando la bomba de alimentación, se proporcionara pulpa al tanque hasta alcanzar el nivel recomendado por el inspector de calidad. En caso de no encontrarse el inspector de calidad se manejara un nivel inicial estándar de 40 cm. En este punto se verifica que el agitador este encendido y funcionando correctamente.	OPERARIOS DE PLANTA	
2	Adición de Afranil: Se aplican 50 gramos de Afranil (antiespumante) al volumen de agua en el tanque de mezclado.	OPERARIOS DE PLANTA	
3	Aplicación de colorantes: Si se está fabricando bandeja de color se aplican 80 gramos de colorante verde malaquita y 40 gramos de amarillo auramina.	OPERARIOS DE PLANTA	
4	Alimentación de agua: se adiciona agua al tanque de mezclado mediante la activación de la llave manual, hasta completar el nivel de consistencia de moldeado requerido.	OPERARIOS DE PLANTA	

	Anexo R. procedimiento para la preparación de la pulpa en los tanques de mezclado de planta		Código:
			Versión: 00
			Página 2 de 3
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:


5	Adición de Vector/luredur: Se aplican 60 gramos de Vector al tanque de Mezclado.	OPERARIOS DE PLANTA	
6	Adición de Basoplast: Transcurrido un minuto de la aplicación del Vector se agrega a la pulpa 450 gramos de basoplast (encolante).	OPERARIOS DE PLANTA	
7	Tiempo de espera: después del aplicado del basoplast se espera durante 2 minutos a que el químico actué correctamente.	OPERARIOS DE PLANTA	
8	Adición del polimyn: En el momento en que el (Tanque de moldeo baje su nivel en 20 cm se determina que es necesario pasar el próximo bache, y solo entonces se procede a aplicar 40 gramos de polimyn a la pulpa.	OPERARIOS DE PLANTA	
9	Paso de la pulpa al tanque: Se procede a activar la bomba de paso de pulpa y se controla que no se pase mas pulpa que la necesaria para llenar el tanque de almacenamiento. Se detiene el paso de pulpa al llegar al nivel indicado y si queda pulpa en el tanque de mezclado, esta se pasara antes de iniciar el próximo bache en el momento en que el tanque de almacenamiento pueda recibirla.	OPERARIOS DE PLANTA	
10	Control de peso húmedo: Se procede a tomar una bandeja de la sección de moldeado y a verificar si el peso húmedo de esta dentro de los niveles permitidos, el peso húmedo será recomendado por el inspector de calidad en función del porcentaje de secado del homo y la drenabilidad del moldeado. En caso de no encontrarse el encargado de calidad el (Bachero) operador de planta debe hacer sus propias observaciones para determinar el peso húmedo adecuado. Si se observa un peso húmedo muy cercano a los limites superiores o inferiores permitidos se aumentara o disminuirá el nivel de agua del próximo bache, sin embargo el nivel de pulpa no se puede	OPERARIOS DE PLANTA	FB-FO-06

	Anexo R. procedimiento para la preparación de la pulpa en los tanques de mezclado de planta		Código:
			Versión: 00
			Página: 3 de 3
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:

cambiar sin el consentimiento del inspector de calidad. Cada vez que se finalice el proceso se procederá con el diligenciamiento del "Formato de Control de Baches" FB-F0-06		
--	--	--

CONTROL DE CAMBIOS			
VERSION	FECHA	DESCRIPCION	RESPONSABLE
0		Documento inicial	

Anexo S procedimiento para la preparación de la pulpa en pulper principal

	Anexo S. Procedimiento para la preparación de la pulpa en el pulper principal		Código: PB-PR-01
			Versión: 00
			Página 1 de 3
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:

1. OBJETIVO

Establecer los pasos a seguir para el adecuado proceso de preparación de la pulpa en el pulper principal de la planta de producción de bandejas de INDUSTRIAS FALCON S.A.S

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todos los OPERARIOS de la Planta de Bandejas de INDUSTRIAS FALCON S.A.S.


3. PROCEDIMIENTO

3.1. PESADO DE LA MATERIA PRIMA

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO
1	Selección de la materia prima: Separar la materia prima según su tipo siguiendo la siguiente clasificación: papel de periódico, papel de directorio, papel de revista, cartón de caja, cartón plegadiza, cartón piedra en rollos o tejas y cartón plastificado	Operarios de planta de bandejas y operario de pulper	
2	Pesado de la materia prima: Pesar la materia prima separada en sacos o paquetes de 50 Kilogramos, los cuales deben ser organizados en las zonas designadas para cada tipo de material cerca al pulper principal.	Operarios de planta de bandejas y operario de pulper	

3.2. PREPARACIÓN DE LA PULPA


N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO
1	Alistamiento de la materia prima: La materia prima debe ser acomodada en la parte superior del pulper principal con anterioridad al inicio del proceso de pulpeado, para este proceso se cuenta con una grúa en la cual se debe subir al pulper de a un solo saco o paquete de 50 Kg por vez.		
2	Alimentación del pulper: alimentar el pulper con la materia prima según los parámetros establecidos en la cartelera de planta semanalmente.		
3	Molido de la pulpa: iniciar el "PROCESO DE LLENADO Y MEZCLADO" de la pulpa en el mismo momento en que se inicia la alimentación del pulper. Se debe constatar que el nivel inicial del tanque de alimentación		

	PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION DE LA PULPA EN EL PULPER PRINCIPAL		Código: PB-PR-01
			Versión: 00
			Página 2 de 3
Elaboró	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:

	de agua sea de 3 metros cúbicos.		
4	<p>Homogenización del molido: sobre el minuto 8 del proceso de molido se debe verificar si en el tanque se está presentando un proceso de molido homogéneo el cual se identifica por la formación de un patrón en la forma de la pulpa.</p> <p>Si se observa que no se forma el patrón respectivo se procede a agregar agua adicional al proceso por medio de la tubería de tres pulgadas activando la electroválvula de lavado, identificada en el tablero de control como EVL, hasta que se observe la formación del patrón respectivo.</p>		
5	<p>Transferencia de la pulpa al tanque: Transcurridos 20 minutos del proceso de molido se tiene que dar inicio desde el tablero de control al "PROCESO DE DESCARGUE Y LAVADO" el cual inicia la transferencia de la pulpa desde el pulper hacia el tanque de almacenamiento principal. Se debe constatar que los tiempos de de bombas de dilución y de cuchilla sea de 7 minutos y que el tiempo de lavado sea de 4 minutos.</p>		
6	<p>Limpieza del pulper: Al finalizar la transferencia de la pulpa al tanque de almacenamiento se procede a dar inicio al "PROCESO DE VACIADO" del pulper desde el tablero de control.</p>		
7	<p>Limpieza de desechos: al terminar la operación de lavado se procede a abrir la compuerta de desechos para limpiar los desechos expulsados por el pulper y almacenarlos en sacos para su posterior desecho.</p>		

CONTROL DE CAMBIOS			
VERSION	FECHA	DESCRIPCION	RESPONSABLE
0		Documento inicial	Gerente General, Gerente Administrativo, Coordinador de Calidad, Jefe de Producción

Anexo T Evidencia de asistencia a capacitación

	ASISTENCIA CAPACITACIÓN	Código: RH-FO-05
		Versión: 01
		Página 1 de 2

Temas: <ul style="list-style-type: none"> Presentación de sistema de gestión ambiental Nuevo método de trabajo en el pulper principal y tanques de mezclado 	Lugar: Industrias Falcon Fecha: 20/12/12 Hora: 6:00 AM
Facilitadores: Ing. Karen Mejía, jefe de planta Ing. Patricia Vázquez Morgado, Coordinadora S&SO Ing. Yolanba Guadron Juan Carlos Ortega Practicante Universitario	Duración: 36 horas

NOMBRE	CARGO	CEDULA	FIRMA
Juan Carlos Ortega V.	Practicante universitario	1098663141	<i>Juan Carlos Ortega</i>
Jovanal Flores Cumba	Tecnólogo Mto.	33544258	<i>Jovanal Flores</i>
JESUS HERNAN SIMONEZ	OPERADOR	608668375	<i>Jesus Hernan</i>
Edinson Amata Calixto	Despachador	13854284	<i>Edinson Amata</i>
Ivan A. Ibanez O.	Calidad	91178-132	<i>Ivan A. Ibanez O.</i>
Nirson Jeyler Cordero	Operador Pulper	1095802336	<i>Nirson Jeyler</i>
Freddy Anderson Caceres CHIRON	Operador Pulper	91359134	<i>Freddy Anderson</i>
Mario Garcia Chavez	Mantenimiento	1098614220	<i>Mario Garcia</i>
Heriberto Cordero	Bandejas	91228652	<i>Heriberto Cordero</i>
Nestor William Otre Gomez	Of. Varios Operativos	91520462	<i>Nestor William</i>
Hilari Handilla	Operario	91174116	<i>Hilari Handilla</i>
Wilson Riatiga AR	Of. Varios Operativos	91-486-559	<i>Wilson Riatiga</i>
Jimi Gutierrez	Of. Varios Almacén	9110405	<i>Jimi Gutierrez</i>
Pedro Mantua Mendocá	Of. Varios Operativos	91473.564	<i>Pedro Mantua</i>
Julio C. Rojas	Operario	91294.225	<i>Julio C. Rojas</i>
JENNY Riatiga	Mantenimiento	91273268	<i>Jenny Riatiga</i>
Elder Mejra ESPINOZA	Bandejas	1095.416.368	<i>Elder Mejra</i>
Juan Guillermo Plata Leon	Bandejas	1098626770	<i>Juan Guillermo Plata</i>
Abel DAVID CRUZ RUIZ	Bandejas	1098.631.980	<i>Abel DAVID CRUZ RUIZ</i>
Freddy Va Herrama	Operario	13563190	<i>Freddy Va Herrama</i>
LUIS MEYER	OPERARIO	96166191	<i>Luis Meyer</i>
Julian David Martinez G.	Of. Varios Operativos	1098.631.335	<i>Julian David Martinez</i>
Edison Aley Palkon R.	Of. Varios Operativos	1098436109	<i>Edison Aley Palkon</i>



ASISTENCIA CAPACITACIÓN

Código: RH-FO-05

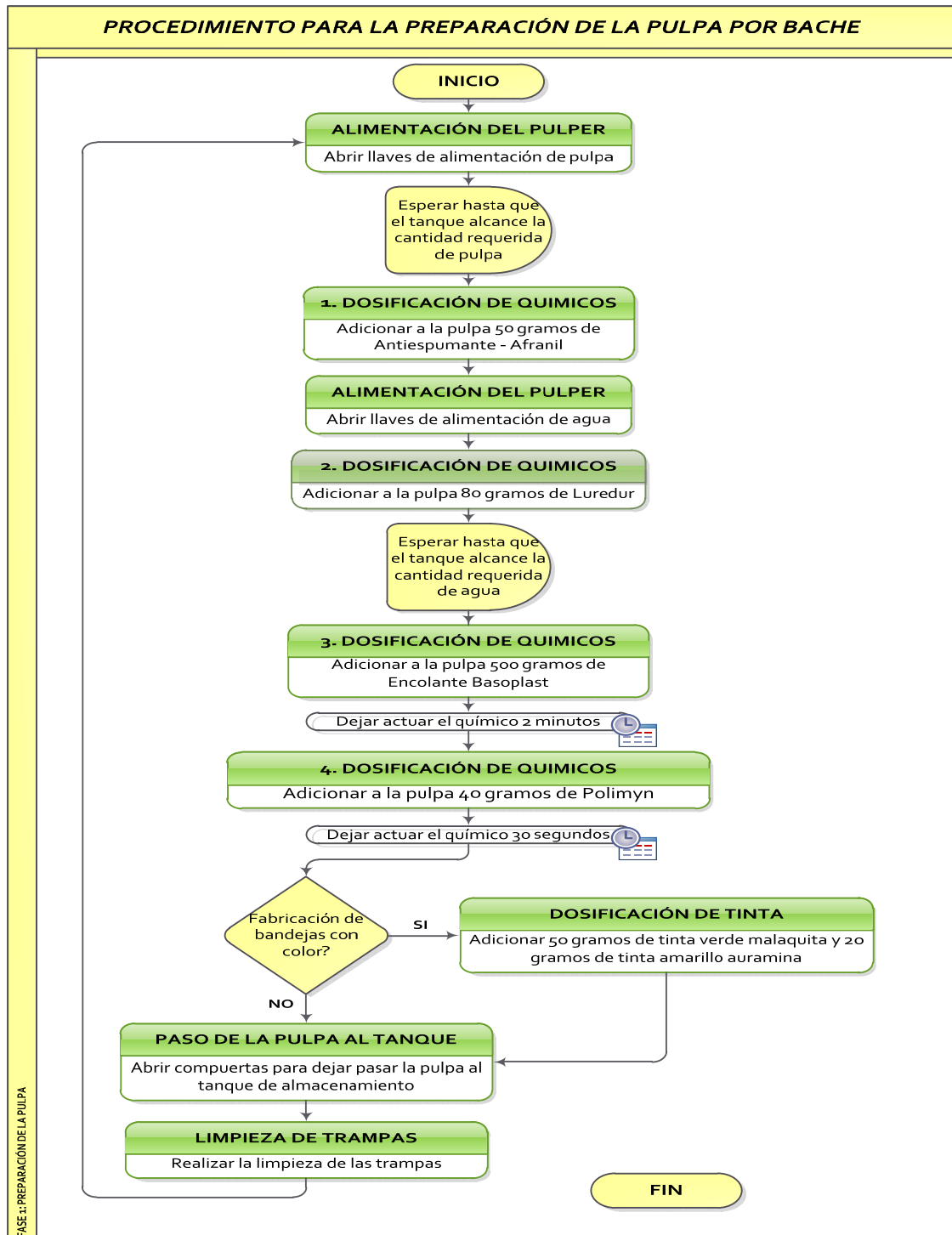
Versión: 01

Página 2 de 2

NOMBRE	CARGO	CEDULA	FIRMA
--------	-------	--------	-------

<i>Sección Operativa</i> Alvaro Valderrama	operario	91469380	<i>Alvaro Valderrama</i>
William Harango	OF Varios	13562521	<i>William Harango</i>
Carlos Andres Serrano John Javier Chevenny	operarios	13511410	<i>Carlos Serrano</i>
John Alexis Rivera	OF Varios	105892770	<i>John Alexis R</i>
Pedro Lopez	OF Varios	10246625	<i>Pedro Lopez</i>
JAVIER CELIS A.	OF Varios	1101546278	<i>Javier Celis A.</i>
JOSE ANTONIO BELLO	operativos	91250557	<i>Jose Antonio Bello</i>
Oscar Martinez P.	oper.	91180479	<i>Oscar Martinez P.</i>
JULIO QUIROGA	des cargador	77105	<i>Julio Quiroga</i>
IVAN ROOS	des carga	91490266	<i>Ivan Roos</i>
Carlos Campa +	OF Varios	91514776	<i>Carlos Campa</i>
Dario Diaz	of operativos	7952816	<i>Dario Diaz</i>
Oliver Paez	Calderas	91.179.713	<i>Oliver Paez</i>
Jaime Gonzalez	of operativos	91184.728	<i>Jaime Gonzalez</i>
Gilberto James	OF Varios	5-677 894	<i>Gilberto James</i>
Gilberto Diaz	OF Varios	1095919574	<i>Gilberto Diaz</i>
Saito Diaz Duran	supervisor	91178110	<i>Saito Diaz Duran</i>
	caldera	91181208	<i>Saito Diaz Duran</i>

Anexo U. Procedimiento de preparación de pulpa planta de producción de bandejas

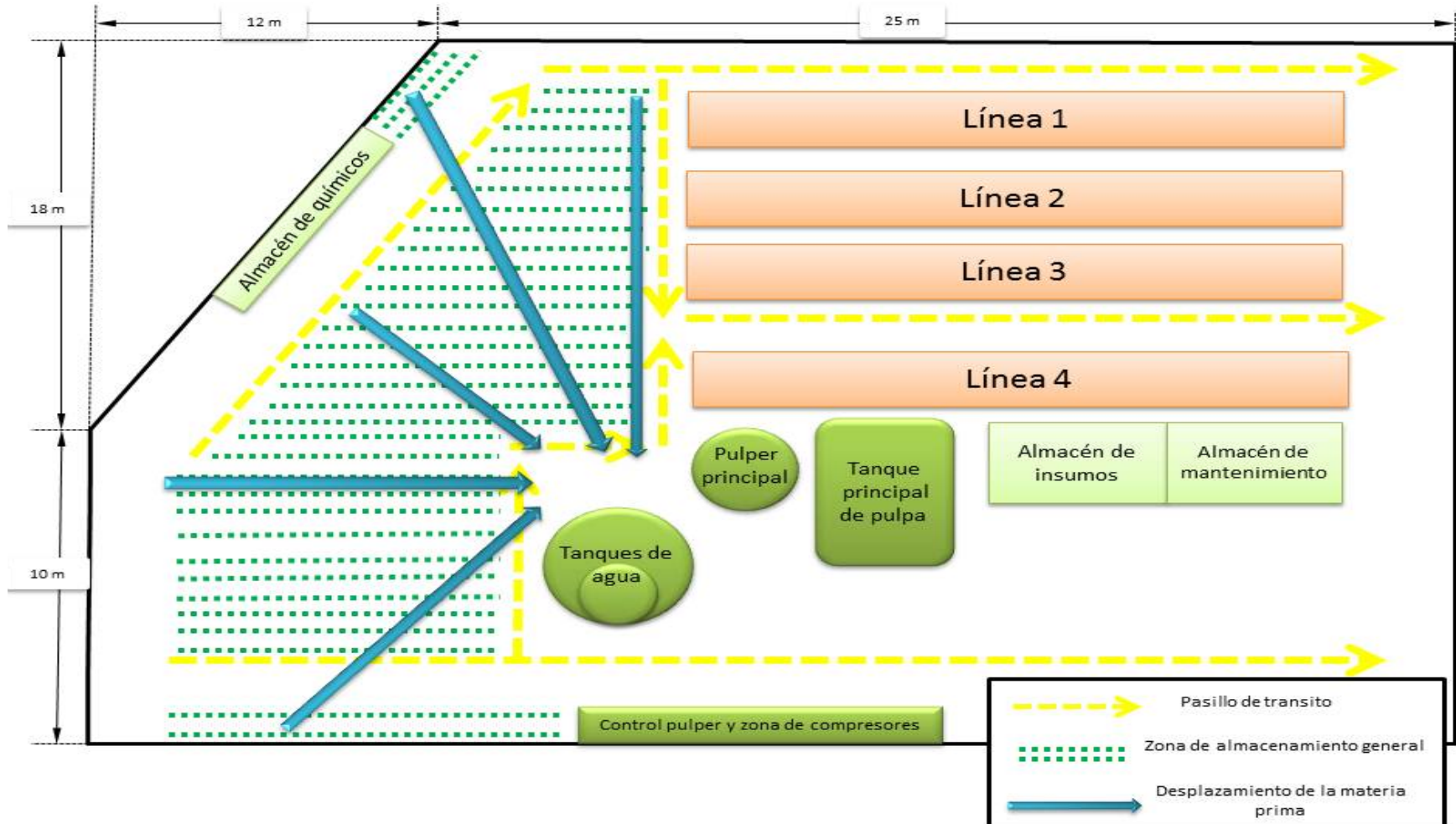


Anexo V. Reglas de pedido mensual para los insumos químicos en la planta de producción de bandejas

- **Afranil:** Se tiene previsto un consumo máximo de 440 Kilogramos mensuales en condiciones de operación Normal, por tanto se pide un contenedor de una tonelada cada dos meses en promedio. Si el 25 del mes se cuenta con más de 660 Kilogramos no se hace pedido para el mes siguiente ya que se cuenta con suficiente materia prima para 45 días de operación. En caso de que se cuente con menos de 660 kilogramos para el 25 del mes se tiene que pedir un contenedor de una tonelada para el mes inmediatamente siguiente.
- **Basoplast:** Se tiene previsto un consumo máximo de 4320 Kilogramos mensuales en condiciones de operación Normal, por tanto se piden 4 contenedores de una tonelada cada mes en promedio. Si el 25 del mes se cuenta con más de 2480 entonces se piden cuatro contenedores de una tonelada para el mes siguiente, en caso de que el 25 del mes se cuenten con menos de 2480 entonces se piden cinco contenedores de una tonelada. se tiene en cuenta esta medida ya que 6480 es suficiente materia prima para 45 días de operación.
- **Vector:** Se tiene previsto un consumo máximo de 690 Kilogramos mensuales en condiciones de operación Normal, por tanto se piden dos contenedores de una tonelada cada tres meses en promedio. Si el 25 del mes se cuenta con más de 1035 Kilogramos no se hace pedido para el mes siguiente ya que se cuenta con suficiente materia prima para 45 días de operación. En caso de que se cuente con menos de 1035 kilogramos para el 25 del mes se tiene que pedir un contenedor de una tonelada para el mes inmediatamente siguiente.
- **Polimyn:** Se tiene previsto un consumo máximo de 345 Kilogramos mensuales en condiciones de operación Normal, por tanto se pide un contenedor de una tonelada cada tres meses en promedio. Si el 25 del mes se cuenta con más de

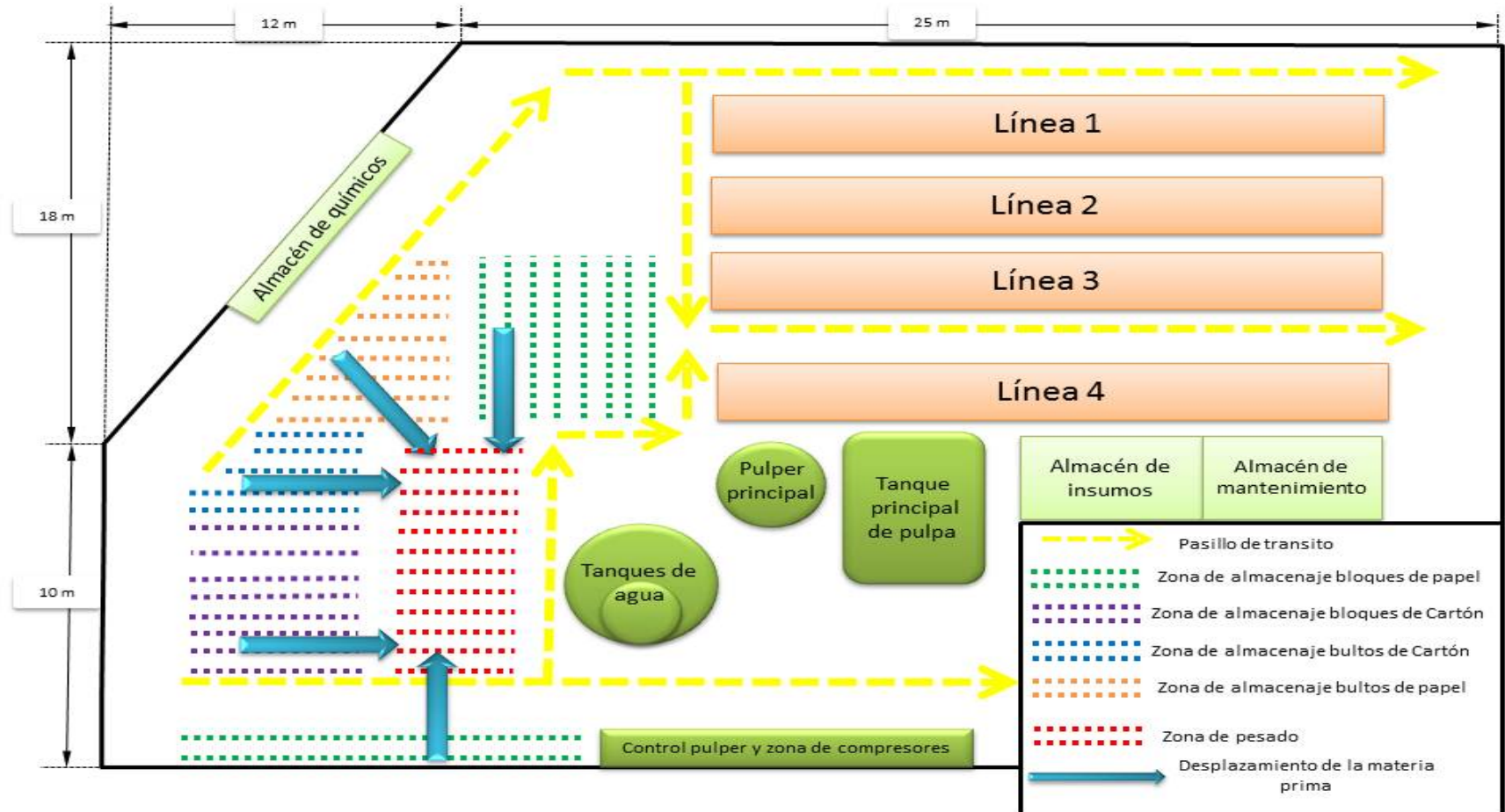
517 Kilogramos no se hace pedido para el mes siguiente ya que se cuenta con suficiente materia prima para 45 días de operación. En caso de que se cuente con menos de 517 kilogramos para el 25 del mes se tiene que pedir un contenedor de una tonelada para el mes inmediatamente siguiente.

Anexo W. Plano de planta de producción de bandejas con zonas de almacenamiento



Fuente: El autor

Redistribución de zonas de almacenamiento



Fuente: El autor

Anexo X. Estadísticas generales de proveedores

A continuación se muestran los promedios y estadísticas de los proveedores del 2011, proporcionados por el departamento de compras de Industrias Falcon.

Costo de la materia prima y fletes según tipo de proveedor.

tipo de proveedor	Cantidad de proveedores	Tipo de empaque	Costo promedio [\$/Kg]		Costo Flete [\$/Kg]	
			papel	cartón	papel	cartón
Pequeño local	6	Bultos de 25 a 50 Kg	250	220	0	0
Grande local	2	Bloques de 350 a 500 Kg	260	240	0	0
grande Nacional	1	Bloques de 350 a 500 Kg	250	250	60	60

Fuente: Industrias Falcón Departamento de compras

Disponibilidad de la materia prima según tipo de proveedor

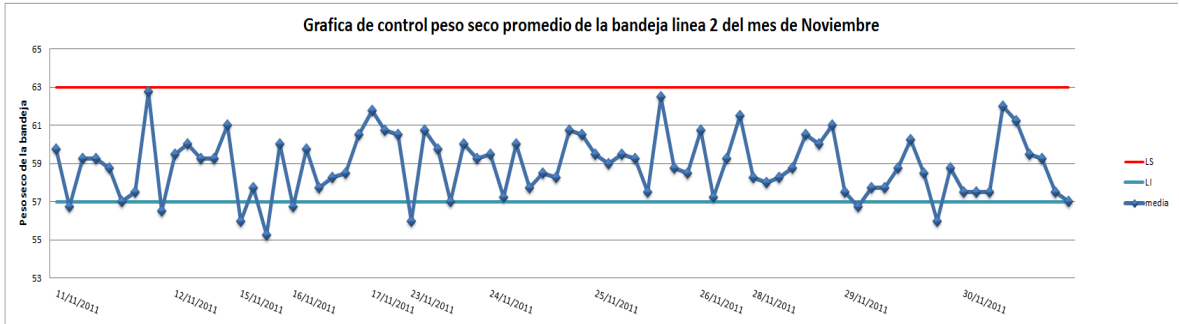
tipo de proveedor	confiabilidad del proveedor	Disponibilidad mensual totalizada [TON]		Pedido mínimo [TON]		Pedido máximo [TON]		Tiempo de entrega [días]	
		papel	cartón	papel	cartón	papel	cartón	papel	cartón
Pequeño local	90%	20	80	1	4	2	6	3	1
Grande local	100%	90	90	2	4	6	10	2	1
Grande Nacional	100%	110	80	10	10	22	22	4	4

Fuente: Industrias Falcón Departamento de compras

Anexo Y. Graficas de seguimiento a las variables de control

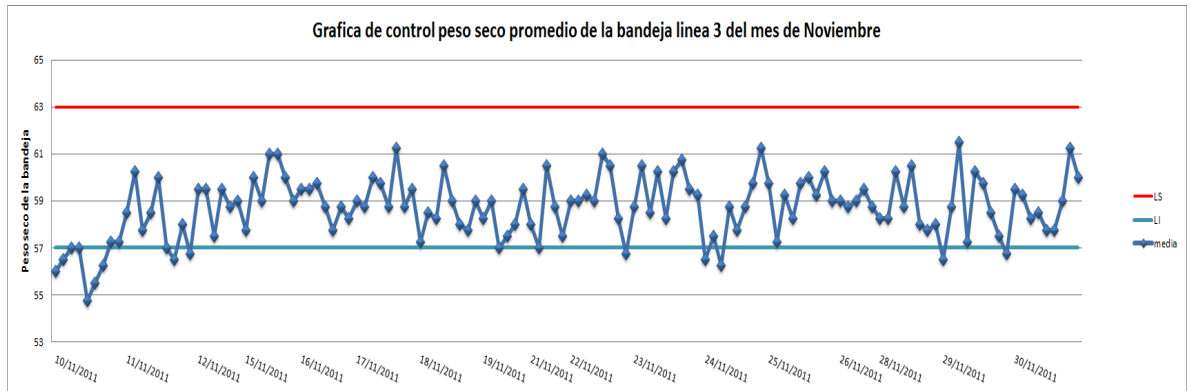
VARIABLE PESO SECO

Figura 43 Grafica de control peso seco Línea 2



Fuente: El autor

Figura 44 grafica de control peso seco línea 3



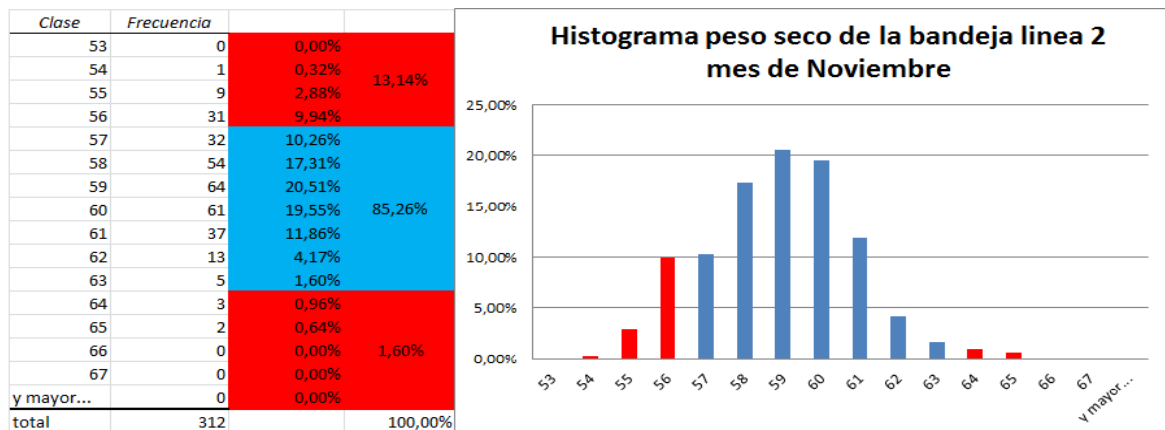
Fuente: El autor

Figura 45 grafica de control peso seco línea 4



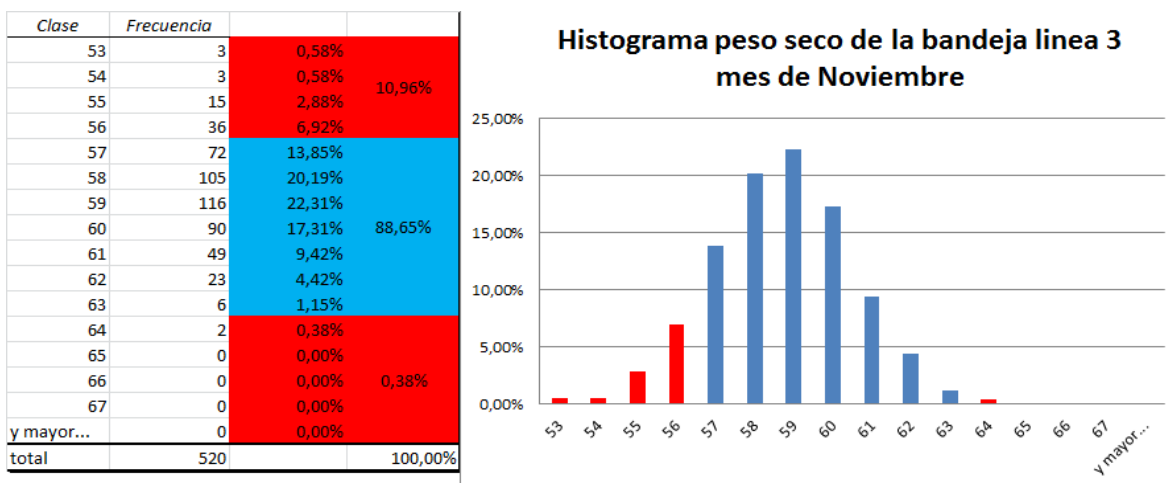
Fuente: El autor

Figura 46 Histograma peso seco línea 2



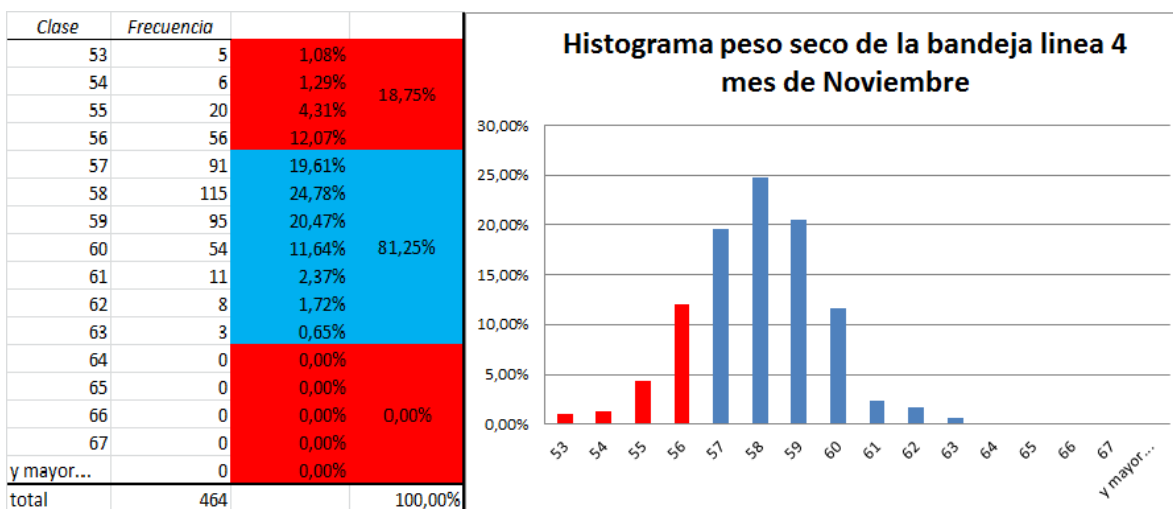
Fuente: El autor

Figura 47 Histograma peso seco línea 3



Fuente: El autor

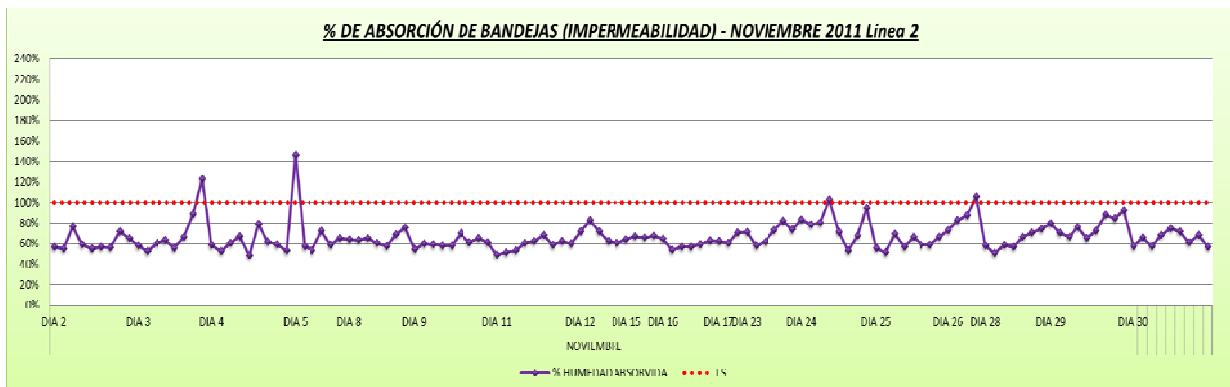
Figura 48 Histograma peso seco línea 4



Fuente: El autor

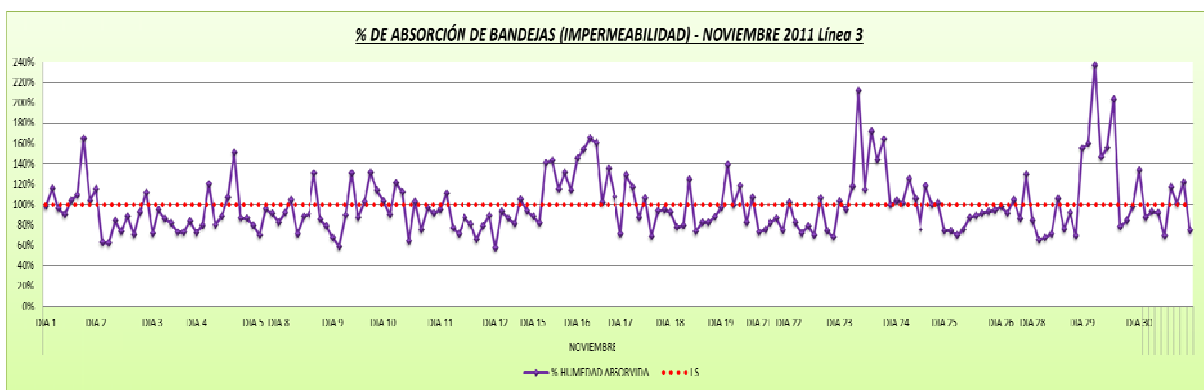
VARIABLE PORCENTAJE DE ABSORCION DE AGUA

Figura 49 Porcentaje de absorción de agua (impermeabilidad) línea 2



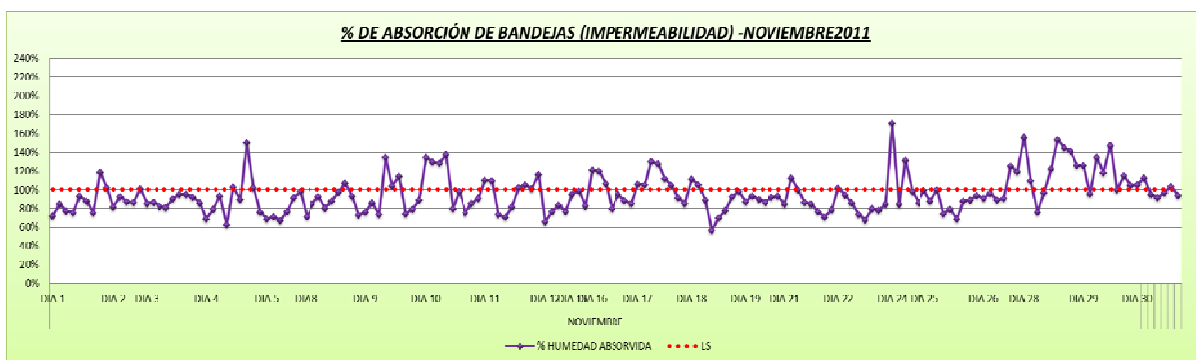
Fuente: El autor

Figura 50 Porcentaje de absorción de agua (impermeabilidad) línea 3



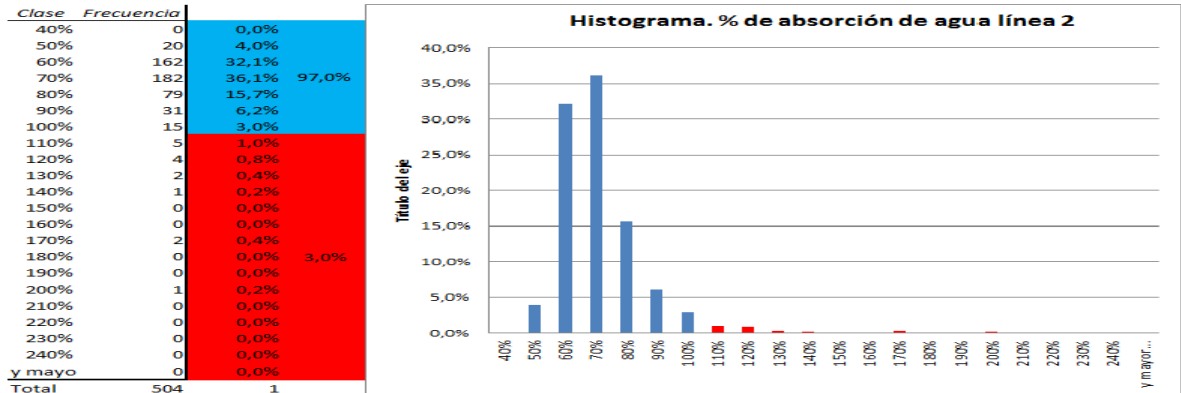
Fuente: El autor

Figura 51 Porcentaje de absorción de agua (impermeabilidad) línea 4.



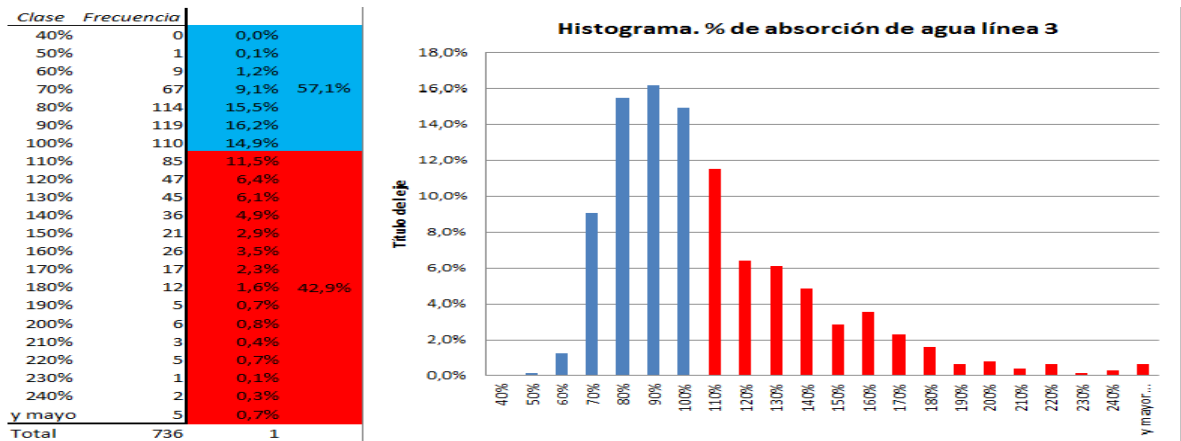
Fuente: El autor

Figura 52 Histograma Porcentaje de absorción de agua línea 2



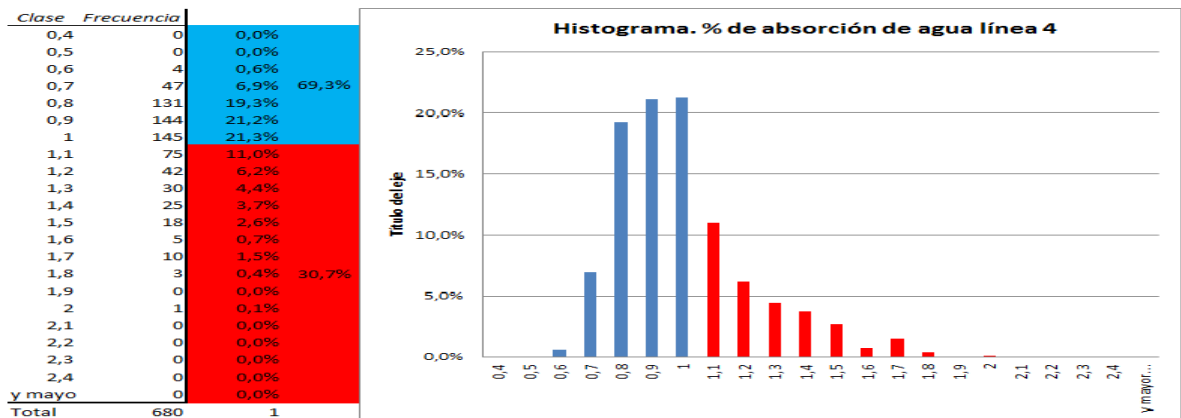
Fuente: El autor

Figura 53 Histograma Porcentaje de absorción de agua línea 3



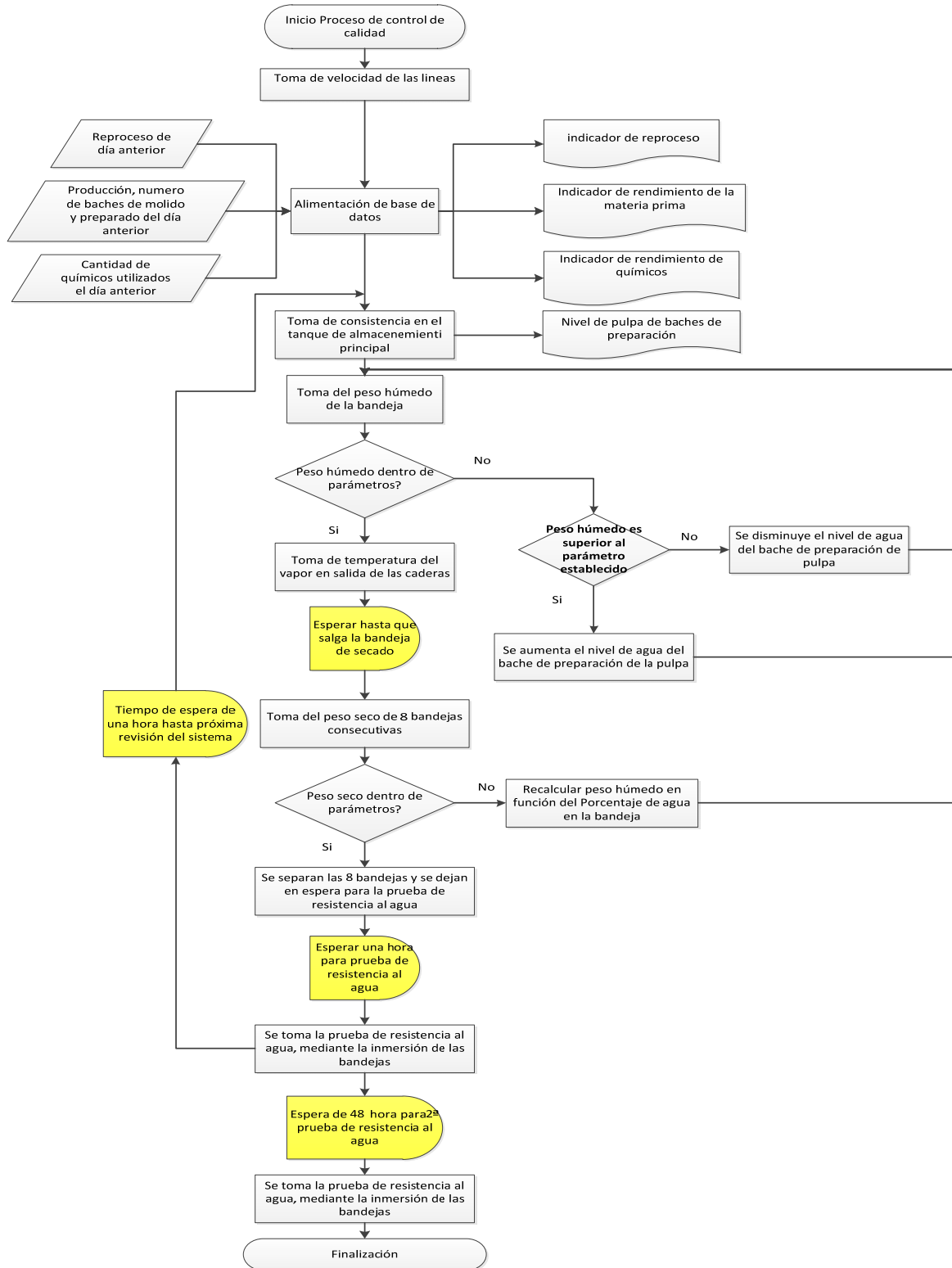
Fuente: El autor

Figura 54 Histograma Porcentaje de absorción de agua línea 4



Fuente: El autor

Anexo Z Diagrama del proceso de control de calidad propuesto.



Fuente: El autor

Anexo 2B Tablas de Frecuencias de Mantenimientos

Actividades de mantenimiento relacionadas con limpieza y lubricación

Sección o elemento	Actividades de Limpieza y lubricación	Frecuencia observada
sección de moldeado	Limpieza interna de elementos expuestos a contacto con la pulpa de papel para prevención del deterioro	mensual
	Limpieza de la cuba de moldeado	semanal
	Engrase y lubricación de elementos móviles de rotor y transfer	bimensual
Horno de secado	Limpieza interna del horno y eliminación de residuos de pulpa de celulosa atrapada en el interior	bimensual
	Limpieza de intercambiadores de calor	mensual
	Engrase y lubricación de cadena de arrastre, pines, rodamientos y piñones, y eslabones de cadena	trimestral
Motobomba 10 de línea	Limpieza y destapado de la bomba	mensual
	Lubricación interna de elementos	mensual
Motobomba Hidráulica	Limpieza de componentes internos	No identificada trimestral
	Lubricación de componentes móviles	
Servomotor	Limpieza de componentes internos y externos	trimestral
	Lubricación general	quincenal
Motobomba de lavado	Limpieza y destapado de la bomba	mensual
	Limpieza del tubo de lavado	quincenal
	Lubricación interna de elementos	mensual
Motobomba de agua para vacío	Limpieza y destapado de la bomba	mensual
	Lubricación interna de elementos	mensual
Motobomba de agua de retorno	Limpieza y destapado de la bomba	mensual
	Lubricación interna de elementos	mensual
Bomba de vacío	Limpieza de la bomba	mensual
	Lubricación de eje y partes móviles	bimensual
Motor de bomba de vacío	Limpieza general externa	mensual
	Lubricación de eje y partes móviles	bimensual
Motobomba de moldeo	Limpieza y destapado de la bomba	mensual
	Lubricación interna de elementos	mensual
Motobomba de traslado de pulpa	Limpieza y destapado de la bomba	mensual
	Lubricación interna de elementos	mensual
Caldera	deshollinado de pirotubos	mensual
	Limpieza del arco de ignición	mensual
	Limpieza hogar	mensual

Fuente: El autor

Actividades de mantenimiento de sustitución de elementos sometidos a desgaste

Sección o elemento	Actividades de sustitución de elementos sometidos a desgaste mecánico	Frecuencia observada
sección de moldeado	Sustitución de Componentes internos de sistema neumático. (cilindros y gatos neumáticos)	bimensual
	Cambio de válvula de bola de la alimentación de aire	semestral
Horno de secado	Cambio de piñones de arrastre	según revisión bimensual de la cadena se cambian los elementos en estado critico
	Cambio de rodamientos de piñones	
	sustitución de pines de la cadena	
	sustitución de bandejas metálicas	
	sustitución de eslabones	
Motobomba 10 de linea	Cambio de Guías internas	bimensual
	Cambio de empaques de bridas de vapor	
	Cambio de rodamientos internos	
	cambio de sellos mecanicos	
	cambio de impulsor	
Motobomba Hidraulica	cambio de ventilador	semestral trimestral no identificada no identificada no identificada
	Cambio de proteccion externa	
	Cambio de manguera	
	Cambio de rodamiento del rotor	
	cambio de filtros de aceite	
Servomotor	cambio de rodamientos	no identificada
Motobomba de labado	Cambio de rodamientos internos	semestral trimestral no identificada no identificada no identificada no identificada
	cambio de sellos mecanicos	
	cambio de impulsor	
	cambio de ventilador	
	Cambio de proteccion externa	
Motobomba de agua para vacio	Cambio de casquillos	semestral trimestral no identificada no identificada no identificada no identificada
	Cambio de rodamientos internos	
	cambio de sellos mecanicos	
	cambio de impulsor	
	cambio de ventilador	
Motobomba de agua de retorno	Cambio de proteccion externa	semestral trimestral no identificada no identificada no identificada no identificada
	Cambio de casquillos	
	Cambio de rodamientos internos	
	cambio de sellos mecanicos	
	cambio de impulsor	
Bomba de vacio	cambio de ventilador	no identificada no identificada no identificada no identificada
	Cambio de proteccion externa	
	Cambio de casquillos	
	Sustitucion de empaques de tapas	
Motor de bomba de vacio	Cambio de rodamientos	no identificada no identificada no identificada
	Cambio de manzanas de acople	
	cambio de acople mecanico	
Motobomba de moldeo	Cambio de rodamientos internos	semestral trimestral no identificada no identificada no identificada no identificada
	cambio de sellos mecanicos	
	cambio de impulsor	
	cambio de ventilador	
	Cambio de proteccion externa	
Motobomba de traslado de pulpa	Cambio de casquillos	semestral trimestral no identificada no identificada no identificada no identificada
	Cambio de rodamientos internos	
	cambio de sellos mecanicos	
	cambio de impulsor	
	cambio de ventilador	

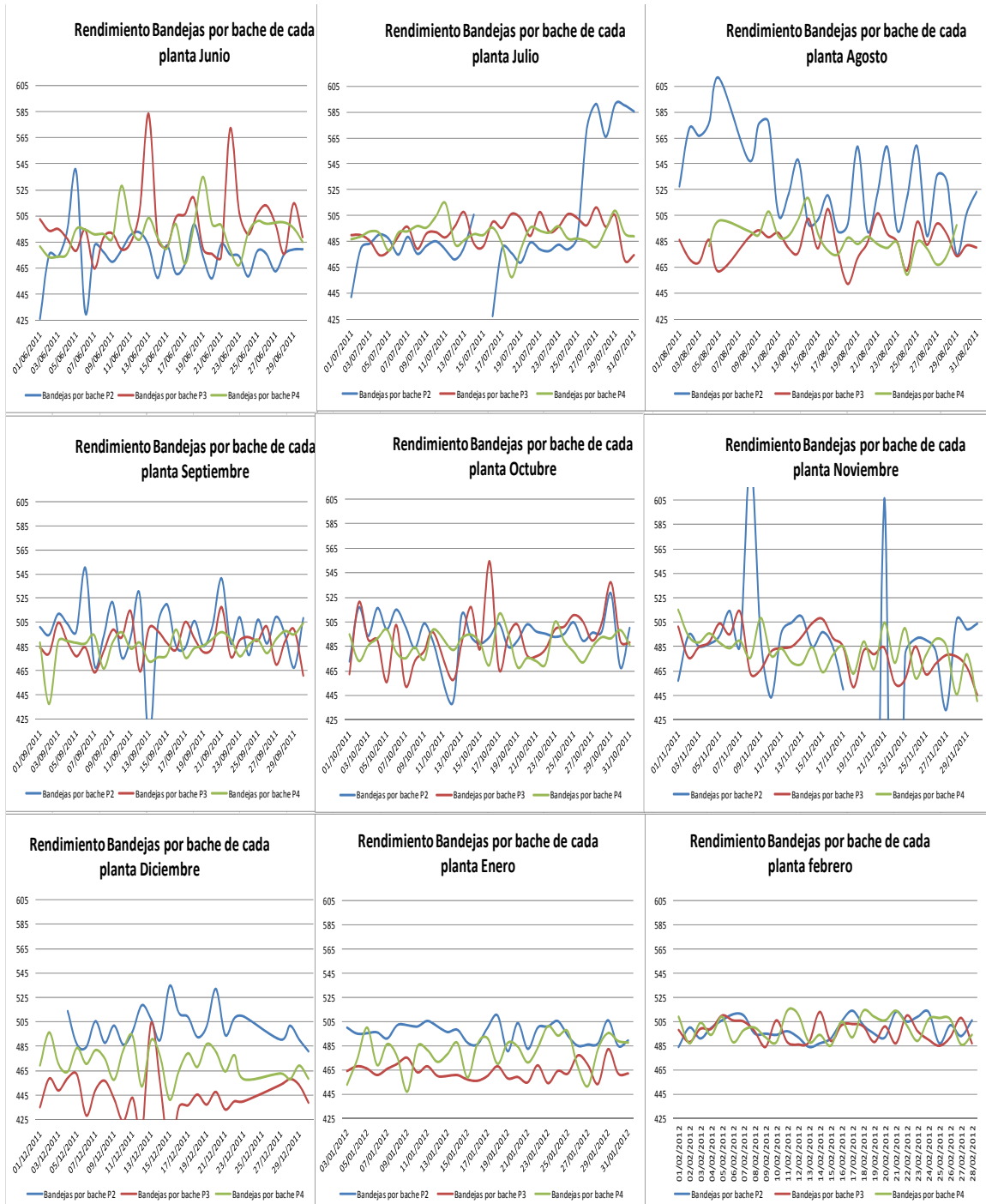
Fuente: El autor

Actividades de mantenimiento relacionadas con Revisiones de seguridad

Seccion o elemento	Reviciones y otros mantenimientos	Frecuencia observada
seccion de moldeado	Revision y busqueda de fugas de aire en el transfer y rotor Ajuste de soldadura a elementos de transfer y rotor	mensual mensual
	Revision de sensores y componentes electricos y electronicos, (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	mensual
	Alineamiento del rotor y transfer	semanal
	Revision de fugas o defectos en tanques de aire y vacio	mensual
Horno de secado	Revision y busqueda de fugas de vapor en el sistema de distribucion de calor	mensual
	Revision y busqueda de fugas de vapor en los intercambiadores inernos	trimestral
	Revision de guias internas	trimestral
	Revision de sensores y componentes electricos y electronicos, (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	mensual
Motobomba 10 de linea	Revision de componentes electricos (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	trimestral
	Revicion de motor electrico (bobinado)	trimestral
Motobomba Hidraulica	Revision de componentes electricos y electronicos (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	trimestral
	Revision de correcto funcionamiento de nanometro	mensual
	Revicion de motor electrico (bobinado)	trimestral
Servomotor	revison y ajuste (soldadura) de vibraciones	mensual
	revison electronica y electrica de variador de velocidad	no identificada
	Revision de sensores y componentes electricos y electronicos, (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	trimestral
Motobomba de lavado	Revison de valvula de labado	mensual
	Revision de componentes electricos (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	trimestral
	Revison de motor electrico (bobinado)	trimestral
	Revision y ajuste de carcasa	mensual
Motobomba de agua para vacio	Revision de componentes electricos (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	trimestral
	Revison de motor electrico (bobinado)	trimestral
	Revision y ajuste de carcasa	mensual
Motobomba de agua de retorno	Revision de componentes electricos (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	trimestral
	Revison de motor electrico (bobinado)	trimestral
	Revision y ajuste de carcasa	mensual
Bomba de vacio	Revision y ajuste de carcasa	trimestral
Motor de bomba de vacio	Ajuste y revicion de acoples	trimestral
	Revison de conexines electricas y puesta a tierra	trimestral
Motobomba de moldeo	Revision de componentes electricos (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	trimestral
	Revison de motor electrico (bobinado)	trimestral
	Revision y ajuste de carcasa	mensual
Motobomba de traslado de pulpa	Revision de componentes electricos (voltajes y corriente de funcionamiento normales)	trimestral
	Revison de motor electrico (bobinado)	trimestral
	Revision y ajuste de carcasa	mensual
caldera	Revision de estado de sellos mecanicos y manholes	mensual
	Revision de ventilador de inducido	mensual
	Revision de la cadena de alimentacion (eslabones y pasadores)	mensual

Fuente: El autor

Anexo 2C Comportamiento del indicador rendimiento en bandejas por bache



Fuente: el autor