

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTIBAS DE PAPEL PARA DISMINUIR EL
DESPERDICIO DE PRODUCTO EN PROCESO EN LA FÁBRICA DE CAJAS C.I.
UNIBAN S.A.**

NICOLÁS FERNÁNDEZ GÄRTNER

ANTONIO GONZÁLEZ BOTERO

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MEDELLÍN

2011

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE ESTIBAS DE PAPEL PARA DISMINUIR EL
DESPERDICIO DE PRODUCTO EN PROCESO EN LA FÁBRICA DE CAJAS C.I.
UNIBAN S.A.**

NICOLÁS FERNÁNDEZ GÄRTNER

ANTONIO GONZÁLEZ BOTERO

Trabajo de Grado para optar por el

Título de Ingeniero de Producción

Elkin Alonso Ruiz Bermúdez

Jefe de Mantenimiento e Ingeniería de C.I. Unibán S.A.

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

MEDELLÍN

2011

Nota de aceptación:

Firma Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Medellín, junio de 2011

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	17
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
JUSTIFICACIÓN.....	19
3. OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo General.....	20
3.2 Objetivos Específicos.....	20
4. MARCO TEORICO	21
4.1 Urabá:.....	21
4.2 Descripción de C.I. Unibán S.A.....	23
4.2.1 Fábrica de Cajas.....	25
4.3 EL MUNDO DEL PAPEL.....	26
4.3.2 Generalidades del papel	27
4.3.3 Fabricación de una hoja de papel	30
4.3.3.1 Papel tipo Kraft Liner	32
4.3.3.2. Papel tipo Médium o Medio.....	32
4.4 EL MUNDO DEL CARTÓN CORRUGADO.....	33
4.4.1 Generalidades del cartón corrugado.....	34
4.4.1.1 El Cartón en la industria bananera.....	36
4.4.2 Proceso de fabricación de una caja de cartón corrugado.....	38
4.4.2.1 Maquina corrugadora.....	38
• La Simple Cara.....	39
• La doble cara.....	41
• La Doble Engomadora.....	42
• La Plancha de Secado.....	42
• La Cortadora y Hendedora Longitudinal	44
• La Cortadora Rotativa Transversal	45
• El Sistema Apilador	46
• La Planta de Gomas	47

4.4.2.2 Maquina Flexográfica.....	48
• Cuerpo Alimentador.....	49
• Cuerpos Impresores	50
• Cuerpo Ranurador.....	51
• Cuerpo Troquelador.....	51
• Engomador.....	52
• Puente de Doblado o Folder y Salida.....	53
4.5 LA ESTIBA: EL UNIFICADOR DE CARGAS POR EXCELENCIA.....	54
4.5.1 Reseña histórica	54
4.5.2 Estibas de madera en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.....	55
4.5.2.1 Tipos de estibas de madera utilizadas	56
• Estiba de madera para almidón	56
• Estiba de madera para las hojas de divisiones	58
• Estiba de madera para producto terminado	58
• Estiba de madera para producto en proceso	60
4.5.2.2 Flujo de la estiba de madera tipo sencilla dentro de la planta	61
4.7 EL DESPERDICIO.....	67
4.7.1 Desperdicio de papel en la industria cartonera	67
4.6.2 Desperdicio de papel en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.....	69
5. METODOLOGIA.....	75
5.1 TIPO DE ESTUDIO.....	75
5.2 MÉTODO DE ESTUDIO	75
5.3 POBLACIÓN.....	77
5.4 MUESTRA	78
5.4.1 Disminución del desperdicio	78
5.4.2 Vida útil.....	78
5.4.3 Salud ocupacional.....	78
5.5 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	79
5.6 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	79
6. RESULTADOS	80

6.1 ANÁLISIS DE LAS CIFRAS HISTÓRICAS DE DESPERDICIO DE CARTÓN EN LA FÁBRICA DE CAJAS DE C.I. UNIBAN S.A.	80
6.2 DESPERDICIO DE CARTÓN POR MALTRATO DE ESTIBA	85
6.2.1 Cifras de desperdicio de cartón en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. ocasionado por el maltrato de estibas durante el año 2.009	85
6.2.2 Maltrato por estiba en los diferentes tipos de productos de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.	87
6.3 MANTENIMIENTO DE ESTIBAS DE MADERA TIPO SENCILLAS	88
6.4 ESTIBA DE PAPEL.....	90
6.4.1 Elección de los materiales	91
6.4.2 Primer diseño: Estiba de papel de 1,2 m x 1,0 m.	92
6.4.2.1 Elementos de la Estructura	92
• Largueros	92
• Plataforma Superior.....	93
• Plataforma Inferior	93
6.4.2.2 Pruebas realizadas	94
6.4.2.3 Conclusiones de las pruebas del diseño 1	96
6.4.3 Segundo diseño: Estiba de papel para bultos de almidón	96
6.4.3.1 Elementos de la estructura:	97
• Largueros	97
• Plataforma superior	98
• Plataforma inferior	99
6.4.3.2 Pruebas realizadas	99
6.4.3.3 Conclusiones de las pruebas de la estiba de papel para almidón	101
6.4.4 Tercer diseño: Estiba de papel para las hojas de divisiones	101
6.4.4.1 Elementos de la estructura.....	101
• Largueros	101
• Plataforma Superior.....	103
• Plataforma Inferior	103
6.4.4.2 Pruebas realizadas	103
6.4.4.3 Conclusiones de las pruebas de la estiba de papel para las hojas de divisiones	105

6.4.5 Cuarto diseño: Estiba de papel tipo sencilla.....	105
6.4.5.1 Elementos de la estructura	105
• Largueros	105
• Plataforma Superior.....	107
• Plataforma Inferior	107
6.4.5.2 Pruebas realizadas	107
6.4.5.3 Conclusiones de las pruebas de la estiba de papel tipo sencilla	110
6.5 DISEÑO FINAL DE LA ESTIBA DE PAPEL SENCILLA.....	111
6.5.1 Componentes de la estiba	111
6.5.1.1 Los largueros	111
6.5.1.2 Plataformas de cartón.....	112
6.5.2.1 Centro de trabajo # 1	113
6.5.2.2 Centro de trabajo # 2	113
6.5.2.3 Centro de trabajo # 3	113
6.6 ENSAYOS Y PRUEBAS DE LABORATORIO.....	114
6.6.1 Ensayo de compresión	114
6.6.1.1 Resultados del ensayo de compresión.....	116
6.6.2 Ensayo de flexión.....	118
6.6.2.1 Resultados del ensayo de flexión.....	120
6.6.3 Prueba de humedad	122
6.6.3.1 Resultados de las pruebas.....	123
6.7 COSTOS	124
6.7.1 Costos de la estiba de papel sencilla	124
6.7.2 Análisis de los costos.....	126
7. CONCLUSIONES	133
8. RECOMENDACIONES.....	135
9. BIBLIOGRAFÍA.....	136
10. ANEXOS.....	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la subregión de Urabá	22
Figura 2. Logo de C.I. Unibán S.A.	23
Figura 3. Foto Aérea de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.	25
Figura 4. Proceso de Producción de Pulpas Kraft y Blancas.	28
Figura 5. Fibras Largas de Coníferas (izquierda) Fibras Cortas de Frondosas (derecho). 29	
Figura 6. Fibra Reciclada	29
Figura 7. Papel corrugado Medio entre papeles Liner.....	33
Figura 8. Lámina de Cartón Corrugado.....	34
Figura 9. Cartón Corrugado de Cara Sencilla.	35
Figura 10. Cartón Corrugado de pared sencilla	35
Figura 11. Cartón Corrugado de Doble Pared.....	36
Figura 12. Características de las láminas de cartón para las cajas tipo Base y Tapa.	37
Figura 13. Caja de cartón para Banano tipo Base.....	37
Figura 14. Caja de cartón para Banano tipo Tapa.....	37
Figura 15. Equipos que constituyen un corrugador típico.....	38
Figura 16. Máquina corrugadora de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.	39
Figura 17. Sistema del Simple Cara o Single Facer.....	40
Figura 18. Estructura de la lámina de cartón corrugado de cara sencilla.	41
Figura 19. SF-280 Langston de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.....	41
Figura 20. Esquema de la máquina Doble Engomadora.	42
Figura 21. Partes de la Plancha de Secado.	43
Figura 22. Plancha de Secado de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.	44
Figura 23. Máquina Cortadora y Hendedora Longitudinal de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.	44
Figura 24. Acción de la Cortadora y Hendedora Longitudinal sobre la lámina de cartón corrugado.	45
Figura 25. Generación de Trim al cortar material de exceso.....	45
Figura 26. Cortadora Rotativa Transversal	46
Figura 27. Partes del Sistema Apilador.....	47
Figura 28. Sistema Apilador de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.	47
Figura 29. Planta de Gomas de C.I. Unibán S.A.....	48
Figura 30. Principio de la flexografía convencional.	48
Figura 31. Cuerpo Alimentador.	49
Figura 32. Cliché con sello impresor.	50
Figura 33. Cuerpo impresor.	50
Figura 34. Score en el Cuerpo Ranurador.	51
Figura 35. Cuchillas del Cuerpo Ranurador.	51
Figura 36. Troquel montado en el cilindro del cuerpo troquelador.....	52

Figura 37. Operarios en un cambio de referencia en el cuerpo ranurador y troquelador..	52
Figura 38. Engomador de la máquina flexográfica.....	53
Figura 39. Foto puente de doblado y salida.	53
Figura 40. Estiba de madera.....	54
Figura 41. Olleto u Olla de Mono (Lecythis Minor)	55
Figura 42. Movimiento de las estibas dentro de la planta de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.	56
Figura 43. Planos estiba de madera para almidón.....	57
Figura 44. Estiba de madera para almidón en el almacén de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.	57
Figura 45. Planos estiba de madera para las hojas de divisiones.....	58
Figura 46. Estiba para las divisiones cargada.....	58
Figura 47. Planos estiba de madera para producto terminado.....	59
Figura 48. Estiba para producto terminado.....	59
Figura 49. Planos estiba de madera para producto en proceso.....	60
Figura 50. Estiba para producto en proceso.....	60
Figura 51. Ciclo de la Estiba de Madera Sencilla en el Proceso de Producción.....	61
Figura 52. Deposito de estibas en el Sistema Apilador.....	62
Figura 53. Dispositivo Metálico Usado para Depositar la Estiba de Madera.....	62
Figura 54 .Operarios Depositando la Estiba Sobre el Dispositivo	63
Figura 55.Desplazamiento de la Estiba por el Colchón de Rodillos.....	63
Figura 56.Platinas Aseguradoras de Estiba.....	64
Figura 57. Empujador del Sistema Apilador.....	64
Figura 58. Nivel Entre los Dos transportadores de Rodillos. Empujador del Sistema Apilador.....	65
Figura 59. Desplazamiento de Estiba Cargada con Láminas de Cartón.....	65
Figura 60. Almacenamiento de Estibas de Láminas de Cartón.....	66
Figura 61. Alimentación de la Máquina Flexográfica.....	67
Figura 62. Desperdicio Controlable Generado por un Error al Ubicar las Estibas.....	69
Figura 63. Preparación de Rollos de Papel.....	71
Figura 64. Láminas de Desperdicio de Papel generadas Luego de la Preparacion del Rollo de Papel.....	71
Figura 65. Diagrama del Proceso de Producción con Causantes de Desperdicio.....	72
Figura 66. Pantalla del Sistema de Información de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. para el Control de Desperdicio.....	73
Figura 67. Diagrama de la Primera Fase del Proyecto.....	76
Figura 68. Diagrama de la segunda Fase del Proyecto.....	77
Figura 69. Diagrama de Pareto para la Participación de las Causas en el Desperdicio Total.....	83

Figura 70. Diagrama de Pareto para la Participación de las Causas en el 80% del Desperdicio.....	83
Figura 71. Maltrato a las Láminas Generado por los Largueros de la Estiba.	85
Figura 72. Lámina de Colchón. (Ref. L001)	86
Figura 73 .Colchón Superior.	86
Figura 74. Colchón Desplazado.....	87
Figura 75. Participación por Productos en el Total de Desperdicio Generado por Maltrato de Estibas.....	87
Figura 76.Primer diseño de estiba de papel.....	92
Figura 77. Largueros del diseño 1 de estiba de papel.....	93
Figura 78. Conjuntos de 2 cores en el larguero.	93
Figura 79. Plataforma Superior del Diseño 1 de Estiba de Papel.....	93
Figura 80. Plataforma inferior del diseño 1 de estiba de papel.....	94
Figura 81. Aplastamiento de core del diseño 1 de estiba de papel.	95
Figura 82. Aplastamiento de la plataforma superior del diseño 1 de estiba de papel.	96
Figura 83. Plano de la lámina del larguero de la estiba de papel para almidón. (Medidas en mm).	97
Figura 84. Largueros de la estiba de papel para almidón.....	97
Figura 85. Conjuntos de 3 cores en el larguero.	98
Figura 86. Refuerzo de esquineros en la plataforma superior.....	98
Figura 87. Refuerzo de esquineros en la plataforma superior.	99
Figura 88. Estiba de papel cargada con 40 bultos de almidón (1000Kg).....	99
Figura 89. Ubicación de la estiba de papel para almidón en la segunda posición de un arrume de tres estibas.	100
Figura 90. Deformación de la plataforma inferior de la estiba de papel para almidón. ...	100
Figura 91. Transporte de la estiba de papel para almidón del almacén a la planta de gomas.....	101
Figura 92. Plano de la lámina del larguero de la estiba de papel para las hojas de divisiones. (Medidas en mm).	102
Figura 93. Conjunto de cores en el larguero de la estiba de papel para las hojas de divisiones.....	102
Figura 94. Estiba de papel para las hojas de divisiones.....	102
Figura 95. Almacenamiento de estibas para hojas de divisiones.	103
Figura 96. Bultos de hojas de división cargados en la estiba de papel.....	104
Figura 97. Plano de la lámina del larguero de la estiba de papel tipo sencilla (Medidas en mm).	106
Figura 98. Conjunto de cores en el larguero de la estiba de papel tipo sencilla.	106
Figura 99. Espacio entre largueros en la estiba de papel tipo sencilla.	106
Figura 100. Entrada de las uñas del montacargas en la estiba de papel.	107
Figura 101. Desplazamiento de las láminas de cartón sobre la estiba.	108

Figura 102. Manipulación del montacargas en la estiba de papel tipo sencilla.....	109
Figura 103. Maltrato generado por la polea.	109
Figura 104. Transporte y almacenamiento de la estiba de papel tipo sencilla.....	109
Figura 105. Problema entre el tren alimentador de la flexo 37 y la estiba de papel tipo sencilla.	110
Figura 106 Modelación de un larguero.....	111
Figura 107. Modelación de la disposición de cores en el larguero.	112
Figura 108. Modelación de la estiba de papel tipo sencilla.	112
Figura 109. Modelación de la línea de producción de las estibas con sus respectivos centros de trabajo.	113
Figura 110. Esquema del esfuerzo de compresión que debe soportar la estiba en la planta.....	115
Figura 111. Prensas hidráulica ELE con una muestra.	115
Figura 112. Muestra # 1 justo antes de iniciar el ensayo.....	115
Figura 113. Muestra # 1 en el momento que finaliza en ensayo.	116
Figura 114. Grafica de la carga en (Kn) para cada una de las muestras.....	117
Figura 115. Grafica de la resistencia bruta en (Mpa) para cada una de las muestras.	117
Figura 116. Grafica de la deformación sufrida por cada una de las muestras.	117
Figura 117. Lugar de falla en la muestra # 3.....	118
Figura 118. Esquema del esfuerzo de flexión que debe soportar la estiba, específicamente la muestra tomada para los ensayos.	119
Figura 119. Marco de flexión de prensa hidráulica ELE con muestra. Ilustración de la longitud de luz tomada para la realización de los ensayos (en el interior de la muestra).119	119
Figura 120. Ilustración de la longitud de luz tomada para la realización de los ensayos (en el interior de la muestra).	120
Figura 121. Grafica de la carga máxima recibida por cada una de las muestras.....	121
Figura 122. Muestra # 6 momentos después de sufrir su máxima resistencia a la flexión (4445 N).	121
Figura 123. Medidor de humedad PA 2000.....	122
Figura 124. Pruebas realizadas a la estiba de madera sencilla y a la estiba de papel sencilla.	122
Figura 125. Grafica de humedad en las estibas de madera vs humedad en las estibas de papel.....	123
Figura 126. Maltrato por uñas de montacargas.....	128
Figura 127. Daño ocasionado por el posicionamiento de la estiba en el transportador de rodillos. █.....	128
Figura 128. Daño ocasionado por el maltrato de las platinas de las guardas metalizas en el transportador de rodillos.	129
Figura 129. Fractura de la estiba en el momento de la devolución del tren alimentador. 130	130

Figura 130. Imagen del larguero con el diseño anterior y el larguero con el nuevo diseño, respectivamente.	130
Figura 131. Estiba de papel sencilla devuelta en el tren alimentador.....	131
Figura 132. Comparación del comportamiento de la estiba del diseño anterior y el diseño propuesto actualmente.	132

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de papeles.....	27
Tabla 2. Papeles para corrugado.....	28
Tabla 3. Proceso de fabricación de la hoja.	30
Tabla 4. Índices de desperdicio estándar para una planta de cajas de banano.	69
Tabla 5. Control de Maltrato de Rollos de Papel del Área de Abastecimiento de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. e Isabella Shipping.	70
Tabla 6. Datos Históricos de Desperdicio de Cartón en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.....	81
Tabla 7. 22 Principales Causas de Desperdicio.....	84
Tabla 8. Mantenimiento de Estibas de Madera Tipo Sencilla Durante el Año 2010.....	89
Tabla 9. Resultados de las pruebas de resistencia a la compresión.	116
Tabla 10. Resultados de las pruebas de resistencia a la flexión.	120
Tabla 11. Resultados de humedad.	123
Tabla 12. Costos de mano de obra.	124
Tabla 13. Costos unitarios.	125
Tabla 14. Análisis de los costos de la estiba de papel sencilla.....	125
Tabla 15. Costos totales de las estibas con un inventario de 400 unidades.....	126

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a C.I. Uniban S.A. por abrirnos sus puertas y permitir el desarrollo de este proyecto en la Fábrica de Cajas. Al ingeniero Santiago Gutiérrez Botero por facilitar todos los medios de su organización y por creer en nosotros. A las diferentes áreas de la Fábrica de Cajas; producción en cabeza de la ingeniera María Elena Valencia Lenis, calidad en cabeza del ingeniero John Jairo Córdoba Parra, abastecimiento en cabeza de Dalia Uribe Arredondo y mantenimiento en cabeza del ingeniero Elkin Alonso Ruiz Bermúdez. Igualmente, a cada uno de quienes trabajan en la fábrica, que nos brindaron un apoyo incondicional en todo momento. Queremos agradecer especialmente al señor Diego Fernando Ríos Sánchez, cuyo interés y apoyo fue vital para la ejecución de nuestros planes, así como a los señores Juan Guillermo Duque Álzate y Carlos Arturo Uribe Benítez.

A nuestras familias, cuyo apoyo ha sido el motor que ha impulsado todo nuestro desarrollo profesional, el cual hoy culmina una de sus etapas con la producción de este trabajo.

A la Universidad EAFIT por todos los conocimientos aportados, por las personas que cruzo en nuestros caminos durante estos años de formación. Cada uno de ellos formo parte en moldear lo que somos ahora.

Nuestro asesor, el ingeniero Elkin Alonso Ruiz Bermúdez agradecemos por aportar su valioso conocimiento y tiempo. Su exigencia fue fundamental para llevar a buen término el proyecto.

GLOSARIO

ESTIBA:

Plataforma horizontal rígida, cuya altura está reducida al mínimo compatible con su manejo mediante carretillas elevadoras, transpaletas o cualquier otro mecanismo elevador adecuado, utilizado como base para agrupar, apilar, almacenar, manipular y transportar mercancías y cargas en general¹. Esta definición corresponde a pallet, nombre que se le da en otras regiones a esta estructura. En este trabajo se tratará como estiba, pues es la forma como se le conoce en Colombia y gran parte de América.

CORE:

Estructura tubular fabricada de papel que constituye la parte central de un rollo de papel. Es el encargado de darle estabilidad al rollo de papel y a su vez permite la manipulación de este por la maquinaria de transporte y las máquinas encargadas del proceso de producción en el cual será utilizado dicho rollo de papel.

OLLETO:

Árbol de 25 m de altura; la corteza es de color gris-negruzco. Inflorescencia de 20 cm de largo; los pétalos son de color amarillo. Fruto leñoso, parduzco, de tamaño variable y en forma de urna, con una tapa u operculo que cae al suelo en la madurez; se encuentran de 10 a 16 semillas por futo, las cuales presentan una envoltura de color castaño.²

¹ Definición de pallet según UNE ISO 445.

² Fuente: Bernal, Y. & Correa E. Especies promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo VIII. Bogotá, 1992.

MONTACARGAS:

Se denominan montacargas o carretillas automotoras de manutención o elevadoras, todas las máquinas que se desplazan por el suelo, de tracción motorizada, destinadas fundamentalmente a transportar, empujar, tirar o levantar cargas. Para cumplir esta función es necesaria una adecuación entre el aparejo de trabajo de la carretilla (implemento) y el tipo de carga.

El montacargas es un aparato autónomo apto para llevar cargas en voladizo. Se asienta sobre dos ejes: motriz, el delantero y directriz, el trasero. Pueden ser eléctricas o con motor de combustión interna.³

OPERACIÓN:

Las operaciones se refieren a todo lo que está relacionado con la producción de bienes y servicios, el establecimiento de actividades de valor agregado que transforman insumos (entradas) en productos (salidas).⁴

PLANTA:

Planta se refiere al lugar donde se transforman los insumos en productos al pasar por un proceso de producción. También es conocida como fábrica.

³ Fuente: Corporación Politécnico Cundinamarca, Curso de Maquinaria Pesada. <http://www.geoscopio.net/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=41135>

⁴ NOORI, Hamid y Radford, Russell. Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y Respuesta Sensible Rápida.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería constituye uno de los pilares más importantes en el desarrollo de la sociedad moderna. Esto se debe a la labor que los ingenieros deben ejercer a diario, la cual consiste en diseñar estrategias que permitan dar solución a las necesidades sociales, industriales y económicas que se presentan en el entorno. En la industria moderna, esta labor se dificulta cada vez más, pues se debe dar solución a problemas más complejos lo cual, a su vez, requiere diseños y métodos más elaborados para lograr procesos productivos más eficientes.

En la región del Urabá antioqueño se establece la mayor industria productora de banano y plátano de Colombia. Con miles de hectáreas sembradas de estas frutas y la necesidad de exportarlas a otros continentes, nacen una serie de industrias, paralelas a la netamente agrícola, que se convierten en motores vitales para cumplir dicho fin. Tal es el caso de la compañía C.I. Uniban S.A., la cual basa su actividad económica en la comercialización de fruta de las fincas productoras ubicadas en el Urabá antioqueño y en el departamento del Magdalena; para garantizar el éxito en el proceso de producción y comercialización, la compañía maneja una serie de subprocesos que abarcan toda su cadena de suministros: desde los fertilizantes y pesticidas para las fincas hasta las operaciones logísticas para la exportación de la fruta. En esta integración vertical, la compañía cuenta con la Fábrica de Cajas, la cual tiene como objetivo satisfacer las necesidades de empaque de alta calidad para sus exportaciones de banano y plátano.

Con el siguiente proyecto de grado se pretende diseñar y evaluar una solución para la necesidad que presenta actualmente la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A., en cuanto a la disminución de las cifras de desperdicio de láminas de cartón en su proceso productivo.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Fábrica de Cajas, la cual hace parte del grupo de empresas de C.I. Uniban S.A., cuenta con una producción anual promedio de 43 millones de cajas de cartón corrugado. Para cumplir con esta producción, se involucran una serie de procesos, llevados a cabo en su planta ubicada en el municipio de Carepa, Urabá Antioqueño, los cuales van desde la recepción de materias primas hasta el despacho de producto terminado a sus consumidores. Cada una de estas actividades está expuesta a fallas, ya sea humanas o técnicas, las cuales, generalmente, se traducen en pérdidas materiales; estas pérdidas se consideran desperdicio.

Actualmente la compañía ha ido incorporando a sus procesos, mejoras tecnológicas que han permitido disminuir los niveles de desperdicio en un 6% con respecto al año inmediatamente anterior, sin embargo, sus cifras históricas de desperdicio del año 2008 al 2010 superaron los dos millones de kilogramos. Esto demuestra que el desperdicio continúa siendo un punto crítico dentro del proceso y da cabida a la necesidad de realizar una investigación que permita hallar alternativas para reducir dichas cifras.

JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a las cifras históricas de la Fábrica de Cajas del año 2009, el desperdicio de cartón genero perdidas aproximadas de 1900 millones de pesos, lo que muestra la importancia de atacar y reducir este factor dentro del proceso de la fabricación de las cajas de cartón corrugado.

El maltrato de la estiba a las láminas se observa como el principal agente generador de desperdicio llegando a representar pérdidas por un poco más de 160 millones de pesos anuales⁵. De ahí la importancia de buscar e implementar métodos y herramientas que logren disminuir al máximo este problema.

Con una mejora en este proceso la Fábrica de Cajas de C.I Uniban S.A se verá beneficiada por medio de la reducción de las cifras de desperdicio lo que se traduce en un impacto económico importante para la compañía.

Aparte de los beneficios económicos que esta mejora significaría para la compañía también tendría una relevancia social, podrá tener un impacto ambiental relevante a la tala de selva nativa en la zona y la salud de los operarios que trabajan directamente en el proceso.

⁵ Cifras de desperdicio del año 2009

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diseñar estibas de papel y disminuir las cifras de desperdicio de láminas de cartón en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. ubicada en el Urabá antioqueño.

3.2 Objetivos Específicos

- Medir, analizar y evaluar el impacto que han tenido las estibas de madera en cuanto al desperdicio por maltrato causado a las láminas de cartón en la planta.
- Medir, analizar y evaluar el impacto que han tenido las estibas de madera en cuanto a costos de compra y mantenimiento en la planta.
- Desarrollar un diseño de una estiba de papel que cumpla con las mismas funciones que actualmente desempeñan las estibas de madera para el producto en proceso dentro de la planta.
- Realizar el diseño del proceso productivo de la estiba, incluyendo centros de trabajo y los requerimientos del mismo.
- Realizar ensayos de cargas, esfuerzos, humedad y manipulación a las estibas de papel diseñadas.
- Medir y comparar los costos y características técnicas de la estiba de papel con la de madera tradicional utilizada.
- Evaluar los desperdicios generados por la estiba papel.

4. MARCO TEORICO

4.1 Urabá:

Urabá es un golfo y una subregión ubicada en el noroccidente de Colombia, conquistada en 1502 por los españoles. La historia de esta región fue marcada por grupos extranjeros que llegaron a extraer sus propiedades y beneficios, lo que convirtió a Urabá en una zona apetecida y reconocida por sus potenciales agroindustriales y la explotación maderera. Además de su excelente posición geográfica que cuenta con la proximidad del océano atlántico con el océano pacífico los dos océanos de mayor importancia en la económica mundial, lo que la convierte en un punto estratégico para el transporte y la comunicación (véase Figura 1). A pesar de ser conocida como una región no está demarcada en los mapas como tal, es una región que corresponde en su mayoría al departamento de Antioquia.

Esta subregión se encuentra fraccionada en subdivisiones: El Urabá antioqueño compuesto por 11 municipios, Apartado, Chigorodó, Turbo, Necoclí, Carepa, Mutatá, Arboletes, San Juan de Uraba, San Pedro de Uraba, Murindó y Vigía del Fuerte. El Urabá chocoano compuesto por 4 municipios, Acandí, Carmen del Darién, Riosucio y Unguía. El Urabá cordobés compuesto por dos municipios, Tierralta y Valencia.

Por las cualidades mencionadas Urabá también se convirtió en una zona de interés para los grupos al margen de la ley, por lo que la región se vio durante un tiempo bastante azotada. La disputa de tierras y los sobornos a las compañías extranjeras y nacionales afectó un poco la economía del sector.

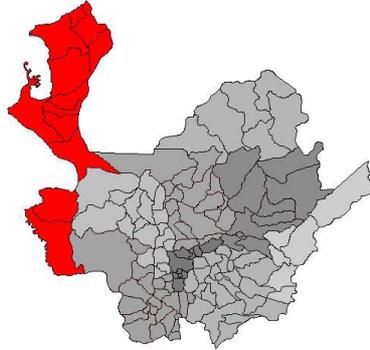


Figura 1. Mapa de la subregión de Urabá.

Esta región la componen tres zonas; la zona occidental que basa su económica en la pesca y la agroindustria, la zona central que es el epicentro de la región por su agroindustria y porque allí se concentra la económica de la región, y la zona norte que tiene a la pesca y el turismo como sus principales actividades.

Gracias a las cualidades agroindustriales se formaron grupos empresariales colombianos a través de la unión de los productores en la región. Actualmente Urabá es la región bananera y platanera más importante del país. Además de la comercialización de otro tipo de frutas y tubérculos como la piña y la yuca.

En resumen Urabá es una subregión con un futuro enorme sobre la cual ya se plantean varios proyectos como la expansión y modernización del puerto de Urabá y la ejecución de la vía panamericana que conectaría al centro del país con Urabá y próximamente con Panamá.

4.2 Descripción de C.I. Unibán S.A.



Figura 2. Logo de C.I. Unibán S.A.

El 26 de enero de 1.966 nace una compañía llamada Unión de Bananeros de Urabá S.A (véase Figura 2). Esta se crea gracias a la alianza de un grupo de colombianos dedicados a las actividades agroindustriales en la región del Urabá antioqueño, cuyo objetivo era poder comercializar fruta en los mercados internacionales. Esto se convirtió en un gran reto, pues se trataba de competir con dos grandes multinacionales como lo eran United Brands⁶, Castle & Cooke⁷ que, por más de medio siglo, habían manejado esta industria en la región y cuyo monopolio había opacado varias iniciativas de empresarios colombianos.

En el año 1.969, gracias a la caída del 20% sobre el precio que United Brands ofrecía a los productores de banano, Unibán consiguió su primer contrato para comercializar fruta en el exterior. De las 32.000 toneladas de fruta que se exportaron ese año, la compañía colombiana tuvo una participación del 12%; pero para el año siguiente esta participación llegaría al 58%⁸. Lo anterior gracias a la buena acogida que tuvo esta iniciativa en los productores locales, los cuales tenían ahora la opción de realizar inversiones en su propia compañía y disminuir de esta manera la dependencia de las compañías internacionales.

⁶ Compañía estadounidense productora y comercializadora de fruta fundada en 1871 bajo el nombre de United Fruit Company. Actualmente su nombre es Chiquita Brands International Inc.

⁷ Compañía estadounidense productora y comercializadora de fruta fundada en 1851. Actualmente su nombre es The Dole Food Company.

⁸ Datos extraídos del libro de estados financieros de C.I. Uniban S.A. del año 2009.

Con la creación de Turbana Corporation, en el año de 1.970, se da un hecho histórico para el mercado agroindustrial colombiano en el exterior; pues, con la apertura de su sede en la ciudad de Miami, se creó la primer comercializadora colombiana de este tipo registrada en el exterior. Esta se encargaría de comercializar la fruta en el mercado norteamericano. Más tarde, en el año de 1.975, C.I Unibán S.A. logra introducir sus productos a la Unión Europea gracias a la alianza con la compañía conocida como Velleman & Tas; hoy Fyffes BV.

Durante el 2009 C.I. Unibán S.A. y sus compañías vinculadas comercializaron desde Colombia 39,4 millones de cajas de banano, 2,25 millones de cajas de plátano y 591 mil cajas de banano exótico. Desde Ecuador, Turbana Marketing Limited, una de sus compañías vinculada, exportó 1,42 millones de cajas, para un total exportado y comercializado de 43,6 millones de cajas de banano, plátano y exóticos. Este mismo año vendió cerca del 69% de la fruta en el continente europeo donde alcanzó una participación en el mercado de 9,84%, el 26% en Estados Unidos y Canadá con participación de 5,57% y el resto en el mediterráneo y Aruba.

El Fairtrade⁹ sigue creciendo en Europa y cobra cada vez más fuerza en los Estados Unidos donde más compañías están ofreciendo banano con estas características. Con este sello llevó a los mercados 3,8 millones de cajas, siendo la compañía líder en el segmento.

En el mercado norteamericano, Turbana Corporation vendió 12,3 millones de cajas de banano convencional exótico y orgánico. De plátano vendió 1,9 millones de cajas. En el mercado europeo se vendieron 15,3 millones de cajas de banano convencional y exótico y 500 mil cajas de plátano a través de Fyffes. Adicionalmente, se comercializaron 4,3 millones de cajas de banano convencional por medio de Tropical Marketing Associated, compañía adquirida en la alianza con Proban.

Los ingresos por venta de la fruta colombiana ascendieron a 328,2 millones de dólares, o sea, 21,8% más que el año anterior.

⁹ Sello que garantiza el comercio justo entre productores y consumidores.

4.2.1 Fábrica de Cajas: en el año de 1.978, gracias a su objetivo de lograr una integración vertical, C.I. Unibán S.A. inaugura la Fábrica de Cajas en el municipio de Carepa (véase Figura 3). Desde su inicio su propósito fundamental ha sido satisfacer las necesidades de empaque para las exportaciones de fruta. Gracias a sus graduales desarrollos tecnológicos, esta ha podido incursionar en otros mercados de empaques como: flores, aceites, jabones, galletas, productos cerámicos, entre otros.



Figura 3. Foto Aérea de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

Actualmente la Fábrica de Cajas cuenta con una fuerza laboral de 150 empleados entre personal administrativo y personal de planta. Sus tasas de producción anual la ubican dentro de las más importantes plantas de cartón corrugado de Colombia. Durante el año 2.009 produjo 46,1 millones de cajas y bandejas corrugadas tipo exhibición para banano, piña y otras frutas.

Este mismo año avanzó en la integración de la planta de cartón corrugado de Corrugados del Darién S.A., la cual pertenecía 50% C.I Banacol S.A y 50% a C.I Proban S.A, de la cual, por la adquisición de C.I Proban S.A, posee ahora el 50%, permitiendo de esta forma unos mejores resultados en la producción. Mediante la incorporación de mejoras tecnológicas logro disminuir en 6% los niveles de desperdicio con respecto al año anterior.

4.3 EL MUNDO DEL PAPEL

La palabra papel proviene de papiro, planta acuática que abundaba en las orillas del río Nilo, de la cual se tomaba su tallo para escribir en el antiguo Egipto. Sin embargo los chinos ya venían fabricando papel a partir de algodón principalmente desde el año 105 D.C. A principios de 1719 el químico francés, Rene Antoine Ferchault, observó que algunas avispas hacían sus nidos como si fuera papel masticando madera y luego expulsando un residuo de pulpa. No se sabía exactamente como estos insectos hacían esa tarea.

Fue en la Revolución Francesa que se observó un cambio importante en la manufactura del papel, este se hacía a mano sumergiendo un tamiz hacia el interior de un recipiente de agua conteniendo los copos de fibra, levantándolo y colgando el tapete de papel húmedo para secarse, lo que hacía que este fuera un material costoso y escaso. Fue hasta 1799 que Nicholas Louis Robert, administrador de la fábrica de papel del gobierno francés, inventó la primera máquina de papel motivado por la necesidad del incremento en la demanda de papel. Esta máquina fue perfeccionada más tarde por los hermanos Fourdrinier en Inglaterra por medio de la aplicación de una pantalla de alambre girada sobre rodillos que a partir de la fibra depositada en ella generaba un listón interminable de papel húmedo. Esta pantalla luego era levantada por medio de dispositivos sobre tambores calentados para secar el papel y luego enrollarlo en carretes. Estas máquinas fueron luego adoptadas en diferentes partes del mundo y llamadas Fourdrinier a partir de los hermanos Fourdrinier, el papel se convirtió en un producto abundante y de bajo costo.

Como consecuencia de esto el algodón se convirtió en un producto costoso lo que obligó a buscar otro tipo de materiales para la fabricación de las fibras. Varios métodos fueron utilizados como la paja y el pasto pero estos hacían que el papel se quebrara.

La materia prima más práctica fue la madera. Al principio este proceso generaba un papel de color amarillento lo que llevó a buscar diferentes métodos para retirar este color de las hojas del papel. Esto empezó por medio de la cocción de la madera y la adición de algunos químicos. Fue en Alemania donde la pulpa de algunos árboles que no era apta para la escritura por sus colores, fue modificada por medio de la adición de químicos. A

partir de esto se creó el papel Kraft que era un papel apto para las envolturas y para las cajas de papel lo suficientemente fuertes para resistir el transporte. Esto se convirtió en el reemplazo de algunas cajas de madera ya utilizadas para la época lo que disparó la demanda de estas y abrió un nuevo mercado, dando cabida al nacimiento de la industria del corrugado.

4.3.2 Generalidades del papel: el papel es una hoja continua compuesta de fibras vegetales unidas entre sí. Esta red fibrosa contiene gran cantidad de aire, lo que lo convierte en un material poroso, diferenciándola de las películas plásticas cuya formación es de estructura macromolecular y su principal componente es el carbono. El factor de resistencia del papel, se consigue a través de la unión de las fibras entre sí. Esta unión se puede dar por medios naturales, por medio de agua logrando una unión físico-química o artificial, añadiendo productos adecuados que mejoren la unión.

Estas fibras constituyen la materia prima para la fabricación del papel, las cuales se presentan de dos formas; en pasta de papel sacada directamente de la madera y en papel de recuperación, que es vuelto a emplear para la fabricación del mismo.

A continuación se detallan tipos de papeles según su uso (véase Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Tipos de papeles

Escritura e impresión	Construcción	Embalajes	Tissue
<ul style="list-style-type: none"> • Bond • Cuadernos • Diarios • Estucados • Forma continua 	<ul style="list-style-type: none"> • Sacos • Lija 	<ul style="list-style-type: none"> • Embalaje (liners, ondas o médiums). • Sacos • Bolsas (boutiques y empaques) • Cartulinas (cajas plegables) • Chip 	<ul style="list-style-type: none"> • Higiénicos • Servilletas • Toallas y pañuelos.

Tabla 2. Papeles para corrugado

Liners	Medium
<ul style="list-style-type: none"> • Kraft liners (mayor proporción de fibra virgen). • Test liners (mayor proporción de fibra reciclada). • Estucados 	<ul style="list-style-type: none"> • Semiquímicas • Recicladas

Los papeles pueden ser fabricados 100% de fibra virgen, 100% de fibra reciclada y con una combinación de los dos. Para la fabricación de fibras vírgenes se pueden utilizar dos tipos de madera las maderas duras y las maderas blandas.

El proceso de producción de las pulpas se muestra a continuación (véase Figura 4).



Figura 4. Proceso de Producción de Pulpas Kraft y Blancas.

Las maderas duras provienen de frondosas que son arboles tropicales cuyas fibras cortas dan un acabado liso y suave, estas fibras tienen un largo de 3 a 4.4 mm y un ancho de 0.01 a 0.02 mm.

Las maderas blandas provienen de coníferas, que son las especies dominantes forestales en los climas fríos, y son en su mayoría de hoja pequeña. Estos tienen una fibra larga que

genera un acabado áspero y rugoso, estas tienen un largo que va de 3 a 4.4mm y un ancho de 0.02 mm a 0.05 mm de ancho (véase Figura 5).



Figura 5. Fibras Largas de Coníferas (izquierda) Fibras Cortas de Frondosas (derecho).

Las fibras recicladas o secundarias son las que provienen del desperdicio generado por las fábricas de cartón corrugado o cajas corrugadas que provienen de supermercados o desperdicio mezclado como el que recogen los recicladores en las ciudades (véase Figura 6).

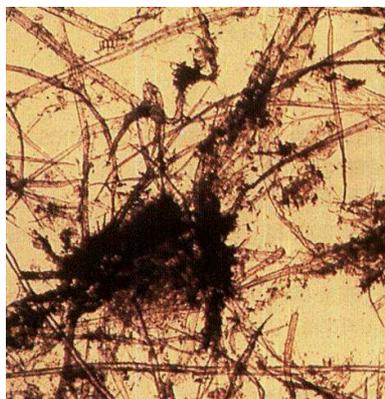


Figura 6. Fibra Reciclada

Las bajas resistencias que generan estas fibras se incrementan por medio de aditivos químicos y procesos mecánicos durante la fabricación del papel. Estos químicos no solo se le adicionan a las fibras secundarias, las fibras vírgenes también son sometidas a este

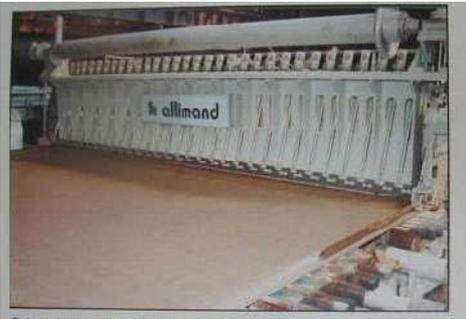
proceso dependiendo de la necesidad y función del papel. Al adicionar químicos también se busca una rigidez y adherencia entre capas, impermeabilidad parcial o total al agua y una superficie más pareja.

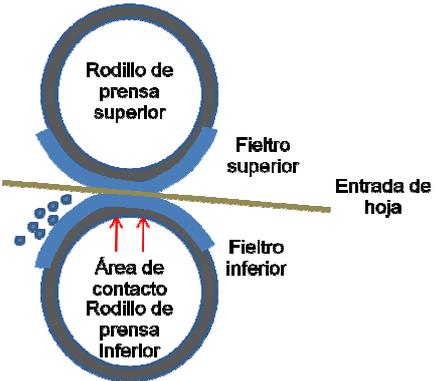
Los papeles se hacen en máquinas denominadas molinos, los elementos más utilizados para la formación de la hoja son: Fourdrinier o mesa plana y cilindros.

4.3.3 Fabricación de una hoja de papel: el primer paso para la fabricación de la hoja es la preparación de la pasta. Cuando son fibras secundarias se debe hacer un proceso de desfibramiento, limpieza y refinación. A este tipo de fibras se les hace un análisis de contaminantes y humedad para verificar si son aptas para la producción.

A continuación se detalla el proceso de la fabricación de una hoja de papel (véase Tabla 3).

Tabla 3. Proceso de fabricación de la hoja.

Proceso	Observación	Imagen
Formación	<p>Fourdrinier o mesa plana: la pasta con fibra virgen y reciclada es mezclada en suspensión.</p> <p>Se deposita en una tela distribuyéndola homogéneamente.</p> <p>Se elimina gran cantidad de agua a través de rodillos.</p> <p>La fibra busca orientarse en sentido de corrida de la máquina y esto afecta las características físico-químicas del papel.</p> <p>Se debe reorientar las fibras</p>	<p>Tela formadora.</p> 

	de forma transversal para lograr máxima resistencia.	
Prensado	<p>Elimina alrededor del 60% del agua contenida.</p> <p>Comprime las capas de fibras para crear uniones que generen resistencia.</p> <p>Ajusta el calibre del papel.</p>	<p>Figura #: Diagrama de prensa normal</p> 
Secado	<p>El agua residual (40%) se lleva al 6-8%.</p> <p>Esta sección está compuesta por telas y cilindros secadores.</p> <p>Encolado, donde se le aplican sustancias al papel para desarrollar algún tipo de característica adicional.</p>	<p>Sección de secado</p> 
Enrollado	Bobinado del papel.	<p>Bobina maestra</p> 

Corte y rebobinado	Corte de papel según los requerimientos del cliente. Se refilan bordes irregulares y se empalman extremos en caso de roturas.	<p>Rebobinador</p> 
--------------------	---	---

Los siguientes son los papeles utilizados en el proceso de elaboración de cartón en la Fábrica de Cajas.

4.3.3.1 Papel tipo Kraft Liner: el papel kraft es fabricado mediante el proceso kraft, también conocido como pulpeo kraft. Su nombre deriva del alemán “kraft” que significa fuerza, que es realmente lo que distingue a este papel de otros, su fuerza y su resistencia. Es un papel muy resistente al desgarrar, el estallido y la tracción. Este es de color marrón y de textura basta y gruesa. En ocasiones este puede ser blanqueado por un lado dependiendo de las necesidades del cliente en cuanto a los colores que en este se deseen imprimir para efectos publicitarios.

4.3.3.2. Papel tipo Médium o Medio: este tipo de papel es el que se encuentra en la parte central de una lámina de cartón corrugado, se puede decir que es quien da el nombre a este tipo de estructuras (véase Figura7). Tiene dos funciones estructurales básicas. La primera es mantener unidos los dos papeles tipo kraft liner para resistir con ellos las fuerzas de aplastamiento vertical. La segunda es proveer resistencia a la compresión horizontal en la lámina de cartón corrugado. Este tipo de papel debe ser absorbente para que su comportamiento en el proceso de fabricación del cartón corrugado sea adecuado.

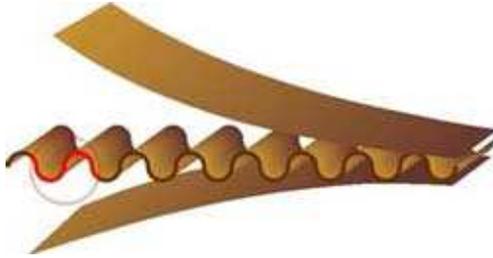


Figura 7. Papel corrugado Medio entre papeles Liner.

4.4 EL MUNDO DEL CARTÓN CORRUGADO

Desde el comienzo de la actividad productiva del hombre este ha tenido la necesidad de proteger y almacenar sus productos. Es así como se ha visto una evolución en el tipo de empaques utilizados para tal propósito; pasando de elementos fabricados con las pieles de los animales cazados, utilización de madera, barro, metales, hasta la utilización de polímeros y papel. Y es precisamente de esta necesidad que nace la historia del cartón corrugado.

En un principio quienes se ocuparon de darle vida a la industria del cartón eran artesanos. Todos sus procesos eran manuales y se valían de los elementos que la industria actual tenía para suplir sus necesidades productivas. Tal es el caso del coronel Andrew Dennison, quien, en 1.883, utilizó una banca de zapatero para dar forma a cajas de papel que le permitían almacenar y proteger los diferentes productos que vendía en su joyería en Boston Massachusetts. Aunque el empaque era eficiente en su función de proteger los productos, el proceso de fabricación parecía no serlo tanto. Fue por esto que, en 1.884, junto a su hijo crearon un dispositivo conocido como cortador hendedor Dennison el cual permitía, por medio de presión, hacer los cortes en una lámina de papel que posteriormente formaría la caja. El tipo de cajas que se fabricaba en esa época constaba únicamente de una gruesa lámina de papel.

Ya en el año 1856 en Inglaterra Edgard C. Healey y Edgard E. Allen patentan el papel corrugado. Esta patente mostraba un papel en forma acanalada que servía para ser usado en el interior de los sombreros como refuerzo. Esto fue el inicio del papel corrugado

tal y como se le conoce hoy en día. Quince años después se evidencia el uso de este papel para proteger mercancía empacada. Es así como en 1871 Albert L. Jones patenta el uso del papel corrugado para fabricar tubos y cajas pequeñas que permitían guardar artículos frágiles como cristalería.

Aunque este tipo de empaque prestaba muy buena protección a los artículos presentaba un gran problema de estabilidad dimensional debido que no existía manera de lograr rigidez en la estructura por si solo, por lo que se hacía necesario utilizar cajas fabricadas con madera para en el exterior de los empaques de cartón.

Esto limitaba considerablemente el campo de acción de este material y lo convertía en un empaque secundario de los productos. Fue entonces cuando en EEUU, Oliver Long adicionó láminas de papel liso en ambas caras de la estructura de papel corrugado. Esto permitió romper las berreras de uso que se traían y se logro dar una gran estabilidad a las cajas fabricadas con este material.

4.4.1 Generalidades del cartón corrugado: el cartón corrugado se da gracias a la unión de varias hojas de papel lisas, separadas uniformemente unas de otras por una o varias capas de papel ondulado o corrugado (véase Figura 8). Esta característica es la que confiere al cartón la propiedad de ser indeformable.

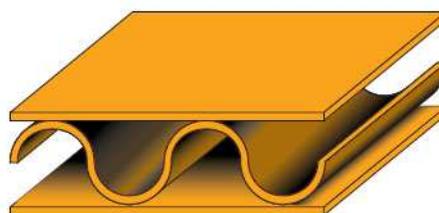


Figura 8. Lámina de Cartón Corrugado.

La resistencia que posee este tipo de estructura se atribuye al hecho de repartir las cargas soportadas a un gran número de estructuras. Mirándolo desde otra perspectiva, es como reemplazar una sola viga de gran tamaño en una construcción por varias estructuras más pequeñas repartidas de manera uniforme. Y es precisamente esto lo que logra hacer la capa de papel corrugado, cada uno de los picos de las ondas, también

conocidas como Flautas, actúa como una viga en la estructura de la caja. A medida que han surgido nuevas necesidades de empaque y protección de productos, se han hecho modificaciones que han permitido elevar la resistencia del cartón; especialmente la resistencia al aplastamiento y al impacto.

Estas modificaciones han consistido en adicionar una o dos líneas de papel corrugado, dando paso diferentes tipos de configuraciones de las cuales surgen los diferentes tipos de cartón corrugado que se conocen en el mercado.

El primer tipo de cartón es el más básico y se le conoce como *Cartón Corrugado de Cara Sencilla*; también llamado Single Face. Este está conformado por la unión de una lámina de papel tipo Liner y una lámina de papel tipo Medium corrugado previamente (véase Figura 9).

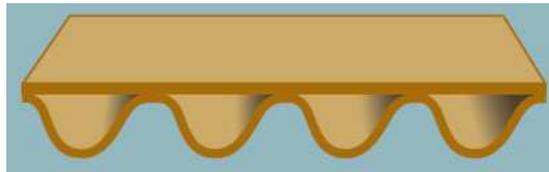


Figura 9. Cartón Corrugado de Cara Sencilla.

Al unir dos láminas de papel tipo *Liner* en cada una de las caras de una lámina de papel tipo Medium se obtiene Cartón Corrugado de Pared Sencilla; también conocido como Doble Cara o Single Wall (véase Figura 10). Esta disposición hace que el cartón de pared sencilla sea más estable dimensionalmente que el cartón de cara sencilla.

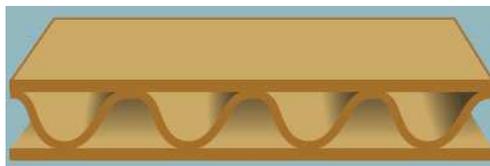


Figura 10. Cartón Corrugado de pared sencilla

El Cartón Corrugado de Doble Pared, el cual consiste en la unión de una lámina de Cartón de Cara Sencilla con una lámina de Cartón de Pared Sencilla, es el más usado en el mercado (véase Figura 11). Este tipo de disposición otorga a la estructura una muy

buena resistencia al aplastamiento y al impacto. En la industria del cartón, estas resistencias se conocen como ECT¹⁰ y BCT¹¹ y pueden variar, no solo con la cantidad de papeles que conforman la lámina de cartón, sino también con el gramaje del papel y la forma de las *Flautas* del papel corrugado.

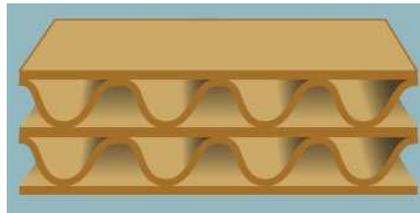


Figura 11. Cartón Corrugado de Doble Pared

Es posible encontrar también uniones más complejas, dando lugar a láminas de cartón de paredes triples, pero estas no son tan comunes y responden a usos muy específicos dentro del mercado; transporte de elementos altamente delicados.

4.4.1.1 El Cartón en la industria bananera: el tipo de caja de cartón que se utiliza en la comercialización del banano está compuesta por una estructura inferior llamada *Base* y una estructura superior llamada *Tapa* (véase Figura 12). La *Base* es una caja formada a partir de una lámina de cartón de doble pared sencilla y su función, además de almacenar la fruta que será transportada, es protegerla contra posibles impactos y/o de las fuerzas de aplastamiento que experimentara durante el transporte y almacenamiento (véase Figura 13). La *Tapa* se fabrica a partir de una lámina de cartón de pared sencilla y su función es cubrir la caja en la parte superior, brindando a la vez protección a la fruta que queda expuesta, luego de ser empacada en la *Base* (véase Figura 14). Otra función fundamental de la *Tapa* es la de publicitar el producto, pues en el papel tipo liner que se encuentra en su parte exterior permite que sean impresos los diferentes logos o elementos que el cliente requiere para realizar el mercadeo de su producto.

¹⁰ECT (Edge Crush Test) indica la resistencia a la compresión de una lámina de cartón.

¹¹ BCT (Box Compression Test) indica la resistencia al aplastamiento de la caja de cartón.



Figura 12. Características de las láminas de cartón para las cajas tipo Base y Tapa.



Figura 13. Caja de cartón para Banano tipo Base.



Figura 14. Caja de cartón para Banano tipo Tapa.

Las dos estructuras conforman un sistema telescópico, en el cual la *Tapa* se desliza sobre la *Base* sellando así la unidad de empaque.

4.4.2 Proceso de fabricación de una caja de cartón corrugado: para fabricar una caja de cartón se requieren básicamente dos procesos; la fabricación de la lámina de cartón corrugado y la transformación de esta de acuerdo a las necesidades de diseño del cliente. Estos dos procesos se dan básicamente en dos máquinas: La máquina corrugadora, que es la encargada de fabricar las láminas de cartón corrugado, y la máquina flexográfica, que se encarga de dar forma a la caja e imprimir los diferentes gráficos requeridos.

A continuación se hace una descripción del proceso que se lleva a cabo en ambas máquinas.

4.4.2.1 Máquina corrugadora: la corrugadora es la máquina que, partiendo de los rollos de papel de diferente tipo, crea una lámina continua de cartón corrugado (véase Figura 15). Esta se puede considerar el alma del proceso en la fabricación de cajas de cartón, ya que es uno de los procesos más complejos y se compone de varios módulos, cada uno de los cuales tiene una función de acuerdo al tipo de lámina de cartón que se requiere fabricar (véase Figura 16). Las partes que componen una máquina corrugadora convencional son las siguientes:

- La Simple Cara.
- La Doble Cara.
- La Doble Engomadora.
- La Plancha de Secado.
- La Cortadora y Hendedora Longitudinal.
- La Cortadora Rotativa Transversal.
- El Sistema Apilador.

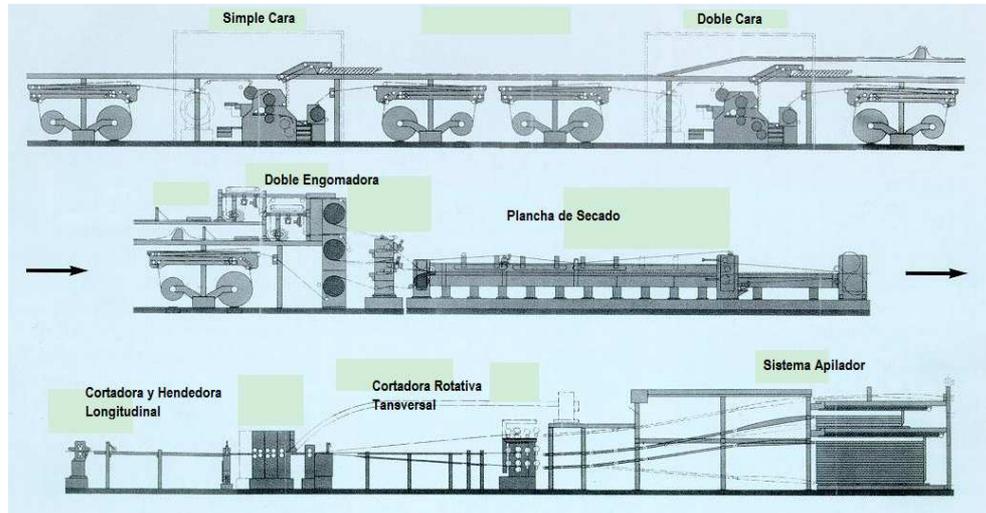


Figura 15. Equipos que constituyen un corrugador típico.



Figura 16. Máquina corrugadora de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

- **La Simple Cara:** también llamado Single Facer, su función principal es crear una lámina de cartón tipo Cara Sencilla. Esto lo logra al ondular el papel tipo Medio en unos rodillos en forma de piñones, llamados rodillos corrugadores, aplicarle un adhesivo a base de almidón y pegarlo al papel tipo Liner (véase Figura 17).

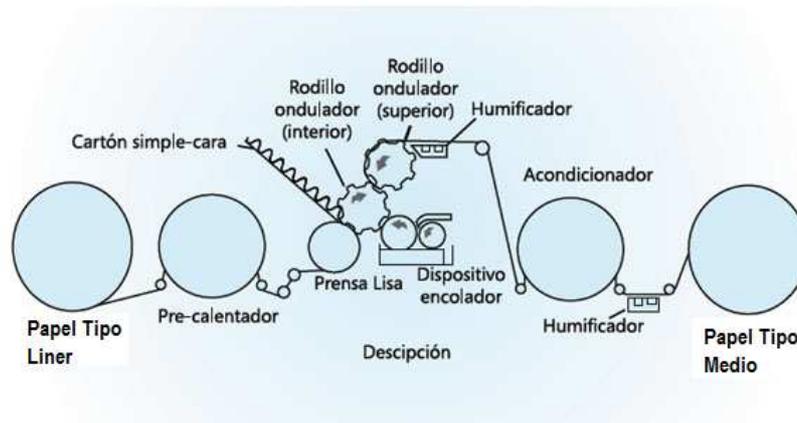


Figura 17. Sistema del Simple Cara o Single Facer.

El proceso de fabricación en esta unidad de trabajo comienza al desenrollar el papel liner y el medio de sus respectivos rollos. Esto se hace a través de unos montarrollos ubicados en lados opuestos a la máquina. Una vez los papeles han sido desenrollados e ingresan al sistema, cada uno sigue unos pasos diferentes antes de encontrarse en la unión del rodillo corrugador inferior y el rodillo de prensa.

El papel medio pasa primero por una barra curva, cuya función es retirar posibles irregularidades como arrugas dadas por la tensión que este trae. Este elemento no es común en todas las máquinas corrugadoras que se encuentran en la industria, pues corresponde a una adaptación de algún tiempo atrás. Luego, el papel se humedece por medio de unas duchas de vapor; el objeto de humedecer el papel medio es facilitar la formación de las flautas y la penetración del adhesivo. Esto se logra gracias a que las fibras de celulosa que conforman el papel son similares al plástico, ya que se suavizan y flexionan cuando están calientes.

Una vez humedecido, el papel medio recibe una capa de aceite parafínico y posteriormente pasa a los rodillos corrugadores. El aceite se aplica para evitar que el papel se pegue en los rodillos corrugadores. Finalmente, el corrugado medio en su camino recoge el adhesivo del rodillo aplicador y sigue hasta unirse al liner en el rodillo de presión (véase Figura 18).

El liner que viene del montarollo pasa alrededor de una serie de rodillos cuya función es calentarlo, siguiendo los mismos principios de penetración y adhesión del papel medio. Una vez alcanzada la temperatura deseado, se une con el papel medio en el rodillo de presión y luego de gelatinizarse el adhesivo, se da la unión permanente de los dos papeles formando así una lámina de cartón corrugado de cara sencilla.

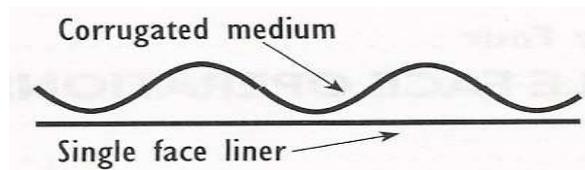


Figura 18. Estructura de la lámina de cartón corrugado de cara sencilla.

La Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. cuenta con una máquina de simple cara modelo SF-280, fabricada por la compañía estadounidense Langston (véase Figura 19).



Figura 19. SF-280 Langston de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.

- **La doble cara:** está ubicada después de la Simple Cara y básicamente su función es la misma; crear una lámina de cartón corrugado de cara sencilla. Cuenta con rodillos corrugadores, precalentadores, duchas de vapor, montarollos para papel liner y medio, etc. Esta máquina se utiliza en la línea de producción cuando se desea tener como producto terminado un cartón de doble pared, pues en esta se crea otra lámina de cartón

de cara sencilla que se añadirá a la que viene del Simple Cara por medio de adhesivo en la máquina Doble Engomadora. Así pues, cuando se desea fabricar cartón de pared sencilla, esta unidad de la máquina permanece inactiva.

Actualmente, la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A., cuenta con una máquina Doble Cara modelo XD fabricada por la compañía estadounidense Langston.

- **La Doble Engomadora:** se encuentra en la tercera posición de la línea de producción de la máquina corrugadora. Esta máquina consta de varias unidades en las cuales se adhiere adhesivo y tiene dos funciones (véase Figura 20). La primera se da cuando se está fabricando cartón de pared sencilla, y consiste en adicionar papel liner a la lámina de cartón corrugado de cara sencilla que viene de la Simple Cara para cerrar así la estructura. La segunda se da cuando se fabrica cartón de doble pared, y consiste en fusionar las dos láminas de cartón de cara sencilla, que vienen de la Simple Cara y de la Doble Cara, por medio de adhesivo y además, agregar una capa de papel tipo liner completando así la estructura de la lamina de cartón de doble pared.

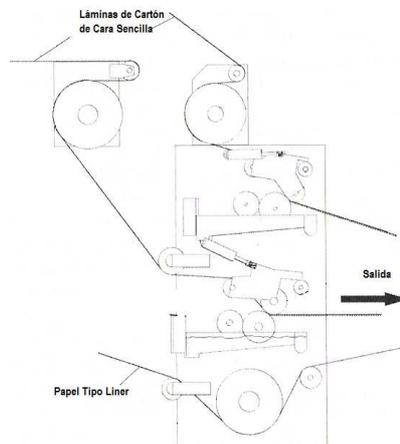


Figura 20. Esquema de la máquina Doble Engomadora.

- **La Plancha de Secado:** esta unidad se encuentra ubicada después de la máquina Doble Engomadora, y su función principal es aportar el calor y la presión necesarios para

lograr una correcta unión entre las láminas de cartón corrugado de cara sencilla y el papel liner.

Está compuesto por dos mantas, fabricadas de algodón o materiales sintéticos, que están unidas en sus extremos y forma una cinta sin fin, una serie de rodillos de presión y unas planchas de calentamiento. Las mantas o correas se encuentran en la parte superior e inferior de la máquina, y su función es, además de distribuir uniformemente la presión ejercida por los rodillos sobre la lámina de cartón, permitir la salida del vapor que se origina al sacar la humedad de la lámina. También actúan como elemento de tracción para el arrastre de la lámina de cartón corrugado sobre la línea de producción. Los rodillos ejercen presión en la lámina para que esta entre en contacto con el conjunto de planchas de calentamiento que son las encargadas de transferir el calor que eliminara el exceso de humedad en el cartón corrugado (véase Figura 21).

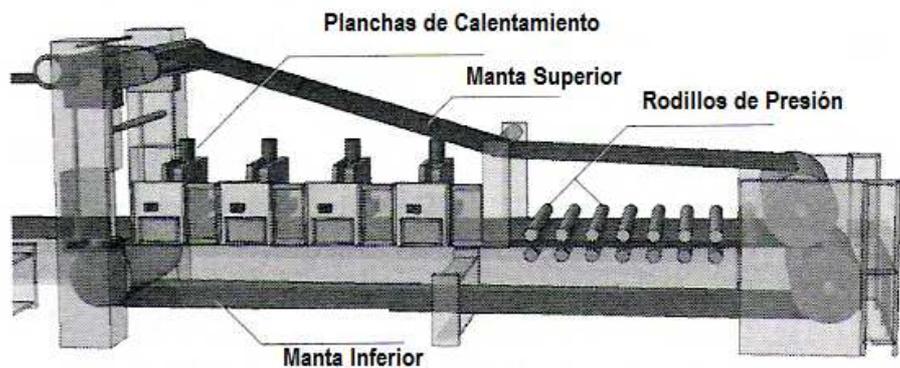


Figura 21. Partes de la Plancha de Secado.

La Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. cuenta con una Plancha de Secado fabricado por la compañía estadounidense Langston (véase Figura 22).



Figura 22. Plancha de Secado de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

- **La Cortadora y Hendedora Longitudinal:** esta máquina está ubicada después de la Plancha secado, y su función es hacer los cortes longitudinal en la lámina continua de cartón corrugado, que viene de las otras maquinas, que se requieran según el diseño de la caja a fabricar. Además, en esta unidad de la máquina corrugadora, también se realizan hendidos longitudinales en la lámina; el hendido consiste en un aplastamiento parcial de la lámina de cartón corrugado con el objetivo de facilitar el posterior plegado de esta al momento de armar la caja de cartón. Las anteriores acciones se logran gracias a un conjunto de cuchillas en forma de disco dispuestas en un rodillo, cuya disposición, en cuanto a la distancia que tienen entre ellas, se puede ajustar de acuerdo al tipo de lámina que se desea obtener. También actúan una serie de cabezales que se encargan de ejercer presión en la lámina de cartón, ocasionando un leve aplastamiento de esta y generando así el hendido longitudinal (véase Figura 23y Figura 24).



Figura 23. Máquina Cortadora y Hendedora Longitudinal de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

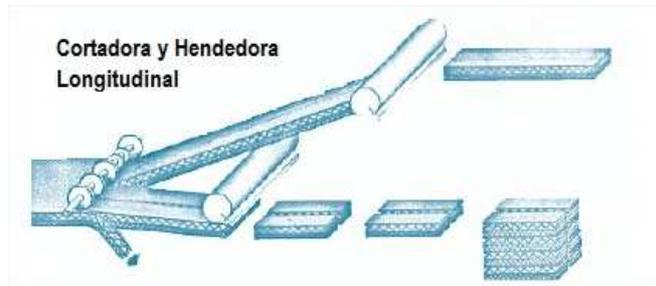


Figura 24. Acción de la Cortadora y Hendedora Longitudinal sobre la lámina de cartón corrugado.

Esta máquina también es la encargada de eliminar el exceso de material que se genera en los extremos de la lámina de cartón que viene desde el principio del proceso. Este exceso se da por las necesidades de diseño según los requerimientos del cliente, pues las dimensiones de los papeles no siempre cumplen de manera exacta con las medidas que se solicitan, por lo que se hace necesario retirar algo de material a los extremos de esta. A esto se le conoce en la industria como Trim y hace parte del desperdicio no controlable dentro de una planta de cartón corrugado (véase Figura 25).

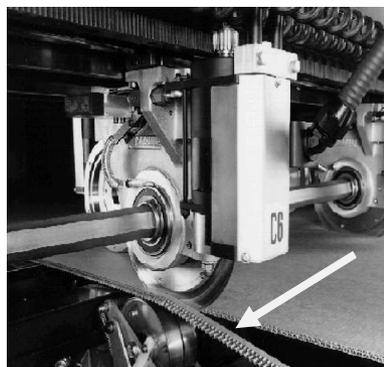


Figura 25. Generación de Trim al cortar material de exceso.

- **La Cortadora Rotativa Transversal:** esta máquina está ubicada luego de la Cortadora y Hendedora Longitudinal, y su función es realizar cortes transversales a todo el ancho de la lámina que viene previamente hendeda y cortada de forma longitudinal, para dar forma final a la lámina de cartón corrugado de acuerdo a las especificaciones

dadas por las necesidades del cliente. Esto lo hace por medio de unos cilindros de cuchillas rectos o helicoidales.

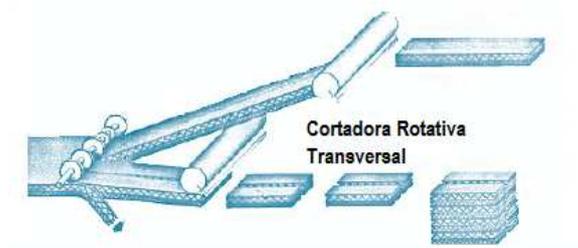


Figura 26. Cortadora Rotativa Transversal

- **El Sistema Apilador:** también conocido como Stacker, se encuentra ubicado en la parte final de la máquina corrugadora y su función es organizar las láminas de cartón, las cuales vienen cortadas con sus medidas finales, unas sobre otras en columnas para facilitar su transporte y almacenamiento. Está compuesto de un sistema de frenado, un sistema de cambio de pedido, tapetes transportadores, plataforma de formación de columnas y un sistema de transporte de salida. El sistema de frenado se encarga de disminuir la velocidad que trae el cartón en el proceso y lo hace a través de vacío o de cepillos, dependiendo del tipo de máquina. El sistema de cambio de pedido permite crear espacios entre los conjuntos de láminas para generar un cambio de pedido. Los tapetes transportadores permiten transportar y controlar los conjuntos de láminas de cartón. La plataforma de formación de columnas permite apilar las láminas de cartón en columnas para facilitar así su transporte (véase Figura 27). Por último, el sistema de transporte de salida se encarga de transportar las columnas de láminas de cartón a través de un transportador de rodillos, cadenas o cintas ya sea hacia otra máquina para continuar el proceso de producción de las cajas de cartón, hacia un almacén o hacia una estiba.

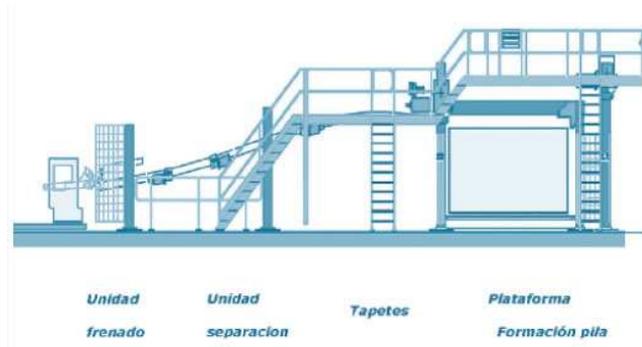


Figura 27. Partes del Sistema Apilador.

El Sistema Apilador de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. cuenta con un sistema de frenado de cepillos y un sistema de transporte por rodillos, que se encarga de desplazar conjuntos de columnas de láminas de cartón hacia una estiba de madera, la cual es transportada por la acción de un montacargas hacia las máquinas flexográficas o hacia un espacio en la bodega para ser almacenada como producto en proceso (véase Figura 28).



Figura 28. Sistema Apilador de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

- **La Planta de Gomas:** aunque no hace parte del cuerpo de la máquina corrugadora, se convierte en un elemento vital para el proceso de fabricación que en esta se realiza. Por lo general se encuentra ubicada en forma paralela a la línea de producción de la máquina corrugadora y su función es fabricar, almacenar, dosificar y transportar el

adhesivo a las diferentes unidades de la corrugadora que lo requieren. El adhesivo es preparado en tanques los cuales mezclan sus ingredientes básicos como lo son el almidón, la soda caustica, el bórax, agua y calor. Una vez logradas las propiedades deseadas en los tanques de mezcla, el adhesivo pasa a unos tanques de almacenamiento para luego ser transportados al proceso de producción del cartón corrugado con la ayuda de un conjunto de válvulas (véase Figura 29).



Figura 29. Planta de Gomas de C.I. Unibán S.A.

4.4.2.2 Maquina Flexográfica: la flexografía es una técnica de impresión en relieve, ya que las partes impresas sobresalen de las partes que no lo son. Este relieve se observa en cliché o plancha que generalmente son de fotopolímero¹². Estos son impregnados con tinta líquida para que estos luego impriman la imagen o la forma del relieve sobre el objeto a imprimir (véase Figura 30). Este proceso se utiliza para la impresión desde servilletas, envases plásticos hasta cajas de cartón corrugado.

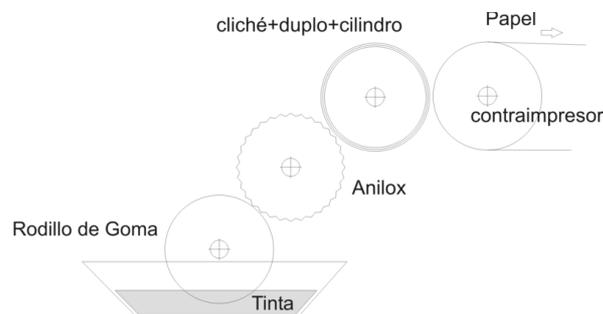


Figura 30. Principio de la flexografía convencional.

¹² Fotopolímero: plástico que genera degradación con la luz.

Como se observa en la maquina el rodillo de goma pasa la tinta a el rodillo Anilox que es de superficie rugosa con el fin de retener la tinta y pasarla a el cliché en el rodillo impresor. El papel o para nuestro caso la lamina de cartón corrugado pasa entre el rodillo impresor y el contra impresor.

En la Fábrica de Cajas la maquina flexográfica no solo tiene la función de imprimir las cajas de cartón corrugado sino que además tiene varias funciones que realizan el proceso completo de la fabricación de las tapas o bases de las cajas a partir de las láminas de cartón fabricadas en la máquina corrugadora.

Actualmente en la fábrica de cajas existen dos tipos de maquinas flexográficas marca Langston llamadas la flexo 37 y la flexo 50. El número significa el ancho del rodillo del cuerpo impresor. Así, la flexo 50 tiene un rodillo de 50 pulgadas de ancho y la flexo 37 tiene un rodillo impresor de 37 pulgadas de ancho.

A continuación se explica cada una de las partes que componen una máquina flexográfica convencional:

- **Cuerpo Alimentador:** el cuerpo alimentador consta de 2 orejas que definen el largo máximo de la lámina, uñas o guías frontales que restringen el paso a 1 lámina y 2 rodillos de acero y poliuretano que reciben la lámina y la introducen a los cuerpos impresores. Las laminas son situadas manualmente por 2 operarios a lado y lado de la maquina, estas llegan en las estibas a través del tren alimentador (véase Figura 31).



Figura 31. Cuerpo Alimentador.

- **Cuerpos Impresores:** las máquinas flexográficas cuentan con 1 o más cuerpos impresores. La flexo 50 cuenta con dos cuerpos impresores y la flexo 37 cuenta con 3 cuerpos impresores.

Estos cuerpos están conformados por un rodillo porta cliché un rodillo de impresión y jaladores o pull roles que llevan la lamina hacia el otro cuerpo impresor o hacia el cuerpo troquelador (véase Figura 32). La tinta cae sobre el rodillo de impresión y este la transfiere al cliché que finalmente es el que imprime sobre la lámina (véase Figura 33). Se intenta utilizar el mismo color de tinta en cada cuerpo impresor con el fin de que cuando se presente un cambio de referencia no se presente una demora en el momento de limpiar todo el sistema impresor y poner un color diferente de tinta.



Figura 32. Cliché con sello impresor.



Figura 33. Cuerpo impresor.

- **Cuerpo Ranurador:** el cuerpo ranurador cuenta con escores o rayadores dispuestas a lo largo de un cilindro dependiendo de las medidas requeridas para cada tipo de referencia que se vaya a fabricar (véase Figura 34). Estas ranuras y cortes facilitan el doblado final de la caja y son las que finalmente dan la forma a la caja. Los rayadores son puestos sobre cabezotes en los cilindros, tanto cabezotes superiores como inferiores.

Luego de que las láminas pasan por los rayadores una serie de jaladores pasan la lamina a un conjunto de cuchillas dispuestas igualmente sobre cilindros que cortan la lamina en la parte superior en las tapas y en la parte inferior en las bases (véase Figura 35). Estos jaladores finalmente dirigen la lámina hacia el engomador.

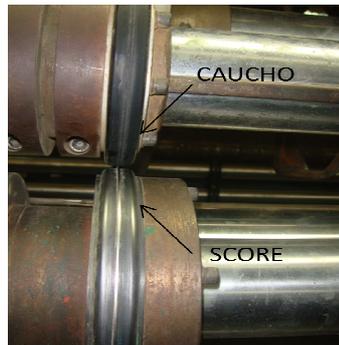


Figura 34. Score en el Cuerpo Ranurador.



Figura 35. Cuchillas del Cuerpo Ranurador.

- **Cuerpo Troquelador:** el cuerpo troquelador de las maquinas flexográficas cuenta con un troquel en forma cilíndrica que se atornilla sobre el rodillo del cuerpo troquelador (véase Figura 36y Figura 37). Cada troquel se cambia dependiendo de la referencia que

se vaya a fabricar. Para las cajas de banano y plátano estos troqueles perforan las agarraderas, los respiraderos y las aletas que finalmente unen la lámina para dar forma a la caja. Para llevar a cabo esta tarea los troqueles cuentan con cuchillas y botadores que permiten que la lamina siga a través de de la maquina hacia el cuerpo ranurador.



Figura 36. Troquel montado en el cilindro del cuerpo troquelador.



Figura 37. Operarios en un cambio de referencia en el cuerpo ranurador y troquelador.

- **Engomador:** actualmente la maquina cuenta con un sistema engomador automático de inyección. Este cuenta con sensores que al paso de la lámina arrojan tres líneas de goma sobre la aleta de la caja, esto con el fin de disminuir al máximo el desperdicio de goma en el proceso. La aplicación de la goma solo se hace a un lado de la lamina, sobre el lado operador de la maquina (véase Figura 38).



Figura 38. Engomador de la máquina flexográfica.

- **Puente de Doblado o Folder y Salida:** luego de las laminas pasar por el engomador ingresan al puente de doblado por medio de unas bandas que se encargan de doblar la lamina de manera que la aleta con goma se una con el otro extremo de la lamina para pegarla y dar forma a la tapa o base (véase Figura 39).

Finalmente las tapas o bases son arrojadas al puente de salida en arrumes de 32 tapas en la flexo 37 y 22 bases en la flexo 50.



Figura 39. Foto puente de doblado y salida.

4.5 LA ESTIBA: EL UNIFICADOR DE CARGAS POR EXCELENCIA

La estiba es una plataforma de almacenamiento, transporte y manutención de materiales. Su importancia radica en que soporta y asegura la mercancía durante todas las operaciones de transporte y almacenamiento (véase Figura 40). Aunque generalmente estas estructuras se fabrican de madera, en los últimos años se ha dado la aparición en las diferentes industrias de estructuras que utilizan materiales alternativos como polímeros y papel.



Figura 40. Estiba de madera.

4.5.1 Reseña histórica: al igual que muchos inventos que han sido de gran utilidad para la industria moderna, la estiba es un producto de la guerra. Durante este periodo se dieron grandes adelantos en muchos sectores y la aviación fue uno de los que experimento a mayor nivel esta transformación. Así pues, cuando esta la guerra estaba dando sus últimos suspiros, aparece aproximadamente en 1.945 una estructura de madera creada por un grupo de pilotos voluntarios norteamericanos llamado *Flying Tigers* cuyo propósito era solucionar el problema de transporte de los suministros para las tropas. Lo que se buscaba era poder cargar los aviones de una forma más ágil, ahorrando tiempo, y proteger la carga de una manera más efectiva durante el viaje.

Con el pasar de los años, esta estructura se fue expandiendo por diferentes sectores de la industria, pues veían en ella la solución perfecta a los problemas de transporte y almacenamiento de carga. Durante este recorrido se han dado cambios en su diseño, adaptándose a las necesidades individuales de cada unidad productiva, y en sus

materiales, pasando de la tradicional madera a polímeros, metales y papeles que llegan a ser más amigables con el medio ambiente.

4.5.2 Estibas de madera en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.: en la Fábrica de Cajas de C.I Uniban S.A las estibas utilizadas en todos los procesos son de madera, desde la producción del cartón corrugado hasta la exportación de la fruta. El hecho de que sean fabricadas con este material hace que sean elementos costosos, relacionándolo a la cantidad de estibas necesarias para todo el proceso productivo y logístico de la compañía.

La madera utilizada para la fabricación de estas, debe provenir de especies cuya tala y uso sea permitido para estos fines industriales. Por lo general esta madera proviene de bosques reforestados con especies como pino marítimo y pino patula. El problema radica en que las estibas utilizadas para el producto en proceso en la Fábrica de Cajas provienen de madera nativa de los bosques y selvas del golfo del Darién talando especies como el Olleto que cada vez se halla más escaso (véase Figura 41).



Figura 41. Olleto u Olla de Mono (*Lecythis Minor*)

4.5.2.1 Tipos de estibas de madera utilizadas: a continuación se hace una descripción de los diferentes tipos de estibas de madera utilizadas en la planta de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. Estas estibas juegan un papel vital dentro del proceso, ya que garantizan el transporte y almacenamiento de las materias primas, producto en proceso y producto terminado (véase Figura 42).

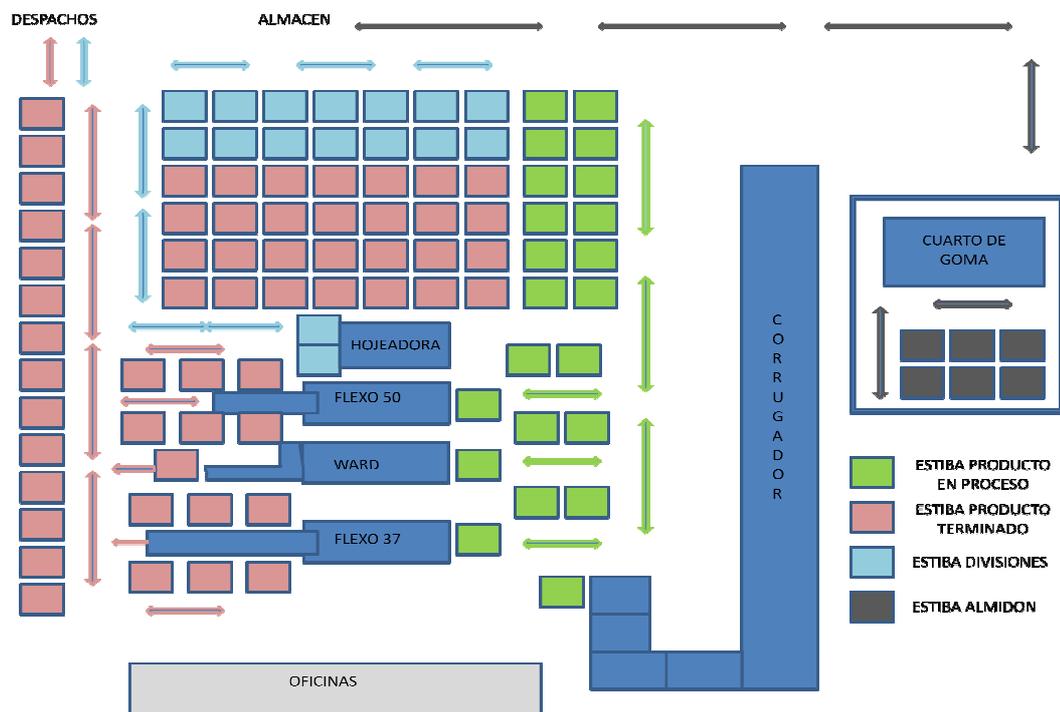


Figura 42. Movimiento de las estibas dentro de la planta de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

- **Estiba de madera para almidón:** esta estiba es utilizada para transportar y almacenar bultos de almidón. Este producto, una vez llega a la planta es almacenado, en un espacio de bodega continuo al almacén, en estibas de madera (véase Figura 43). Cada estiba de madera contiene 40 bultos de almidón de 25 kilogramos, lo cual da un total de 1.000 kilogramos por estiba, pero a su vez, estas se almacenan una sobre otra en una altura de hasta 3 estibas cargadas. Esto significa que la estiba que se encuentra en la parte inferior deberá soportar una carga aproximada de 3.000 kilogramos (véase Figura

44). Una vez es requerido por el área de producción, se traslada una estiba cargada a la planta de gomas usando un montacargas, el cual la deposita en el espacio destinado para almacenamiento de materias primas. En el interior de la planta de gomas, la estiba es manipulada a través de un Palletjack, con el cual se ubica cerca a la zona de producción para facilitar la labor del operario quien se encarga de tomar los bultos de forma manual y depositar su contenido en un tanque de mezcla donde se produce la goma.

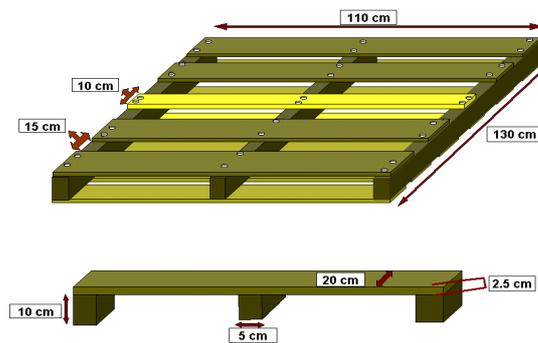


Figura 43. Planos estiba de madera para almidón.



Figura 44. Estiba de madera para almidón en el almacén de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

La Fábrica de Cajas adquiere estas estibas a través de un proveedor externo, al cual se le paga \$90.000 por unidad. Durante el año 2.009 se adquirieron 60 estructuras de este tipo, para un total de \$5'400.000.

- **Estiba de madera para las hojas de divisiones:** esta estiba es utilizada para transportar y almacenar las hojas de divisiones fabricadas en la maquina hojeadora, las cuales se agrupan en unidades de empaque llamadas bultos (véase Figura 45). El transporte de esta estiba dentro de la planta está dado por un primer desplazamiento hacia la maquina hojeadora, luego debe ir a la bodega de almacenamiento y de ahí, al centro de despacho. Estas estibas son manipuladas por montacargas y la mayor fatiga la sufren en la bodega de almacenamiento y el centro de despacho. Tienen un peso de 35 kilogramos cada una y debe soportar un peso de 543 kilogramos al ser cargadas con 52 bultos de hojas de divisiones (véase Figura 46). La carga máxima que deben soportar es de 2.180 kilogramos, ya que este producto se almacena a cuatro estibas de altura.

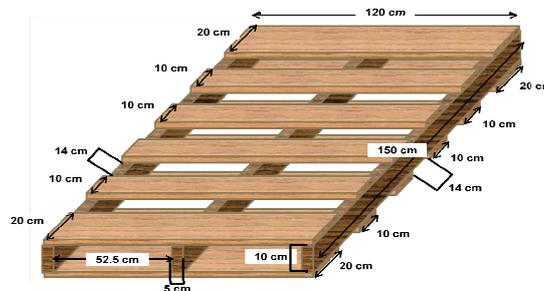


Figura 45. Planos estiba de madera para las hojas de divisiones.



Figura 46. Estiba para las divisiones cargada.

Al igual que las estibas para almidón estas son compradas a un proveedor externo, también en el año 2009 fueron adquiridas 60 estibas a un precio de \$90.000 por unidad para un total de \$ 5.400.000.

- **Estiba de madera para producto terminado:** esta es una estiba utilizada para transportar y almacenar las cajas terminadas, las cuales, al igual que las hojas de división,

se agrupan en unidades de empaque llamadas bultos de cajas (véase Figura 47). El desplazamiento de estas dentro de la planta se da entre las maquinas flexográficas, la bodega de almacenamiento y el centro de despachos. Son manipuladas por montacargas y la mayor fatiga la sufren en el centro de despachos, esto debido a la manipulación con el montacargas introduciendo y sacando la estiba en los camiones. Esta estiba consta de tablas de madera tanto en su parte superior como inferior lo que permite utilizarla por ambos lados. Cada una de estas estibas tiene un peso de 80 kgs y debe soportar un peso de 840 kilogramos con los bultos de cajas y un peso de 2700 kilogramos como carga máxima, esto cuando son estibadas al tres (véase Figura 48).

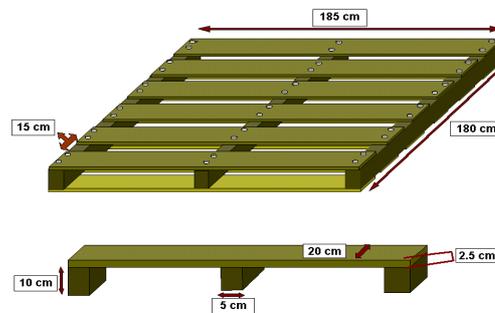


Figura 47. Planos estiba de madera para producto terminado.



Figura 48. Estiba para producto terminado.

En el año 2009 se compraron 55 estibas de esta referencia por un valor unitario de \$135.000 y 300 por un valor unitario \$129.600, lo que significo un total de \$46.305.000 pesos.

- Estiba de madera para producto en proceso:** esta estiba se utiliza para transportar y almacenar las láminas de cartón que salen de la máquina corrugadora. Este producto puede ir directamente a las máquinas flexográficas o puede ser almacenado en la bodega de acuerdo a las necesidades de producción (véase Figura 49). Esta estructura es manipulada por montacargas, sistemas de desplazamiento de transportadores de rodillos y de forma manual por los operarios. Junto con la estiba para producto terminado, representan la mayor cantidad de estibas de madera dentro del inventario de la Fábrica de Cajas. La estiba debe soportar una carga de 860 kilogramos aproximadamente cargada con las láminas de cartón y una carga máxima de 2750 kilogramos cuando se almacena a tres estibas de altura (véase Figura 50).

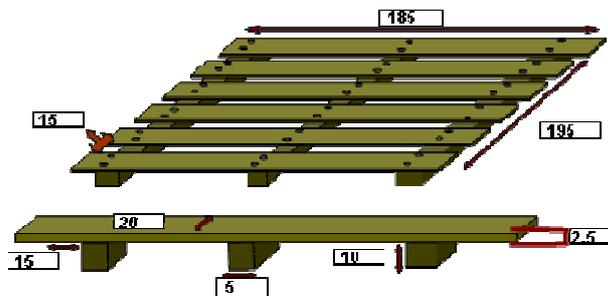


Figura 49. Planos estiba de madera para producto en proceso.



Figura 50. Estiba para producto en proceso.

4.5.2.2 Flujo de la estiba de madera tipo sencilla dentro de la planta: a continuación se hace una descripción de las etapas que en las que se ve involucrada la estiba de madera tipo sencilla en el interior de la planta de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A (véase Figura 51).

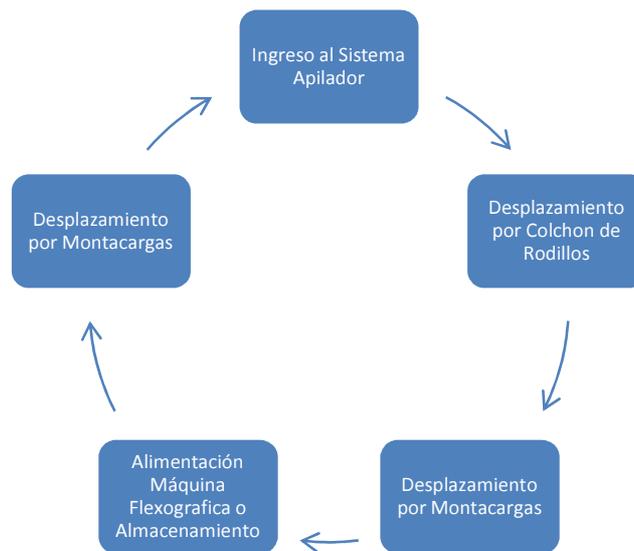


Figura 51. Ciclo de la Estiba de Madera Sencilla en el Proceso de Producción.

El ciclo comienza cuando la estiba vacía es depositada, con la ayuda de un montacargas, en un espacio que se encuentra próximo al sistema apilador destinado para mantener un inventario de estibas y agilizar de esta forma el proceso de evacuación de las láminas de cartón que provienen de la máquina corrugadora (véase Figura 52).



Figura 52. Deposito de estibas en el Sistema Apilador.

Una vez el operario del sistema apilador tiene preparado un conjunto de columnas de láminas de cartón para ser cargadas, dos operarios toman y depositan una estructura metálica sobre la cama de rodillos de la salida (véase Figura 53). Este dispositivo es ajeno al diseño original de la máquina, y su función es permitir el desplazamiento de la estiba de madera por el transportador de rodillos metálicos, ya que el tipo de contacto que se da entre los largueros de la estiba y los rodillos no permite que se dé el desplazamiento de esta sobre la estructura (véase Figura 54).



Figura 53. Dispositivo Metálico Usado para Depositar la Estiba de Madera.



Figura 54 .Operarios Depositando la Estiba Sobre el Dispositivo

Cuando la estiba se encuentra sobre la estructura metálica, es desplazada hasta el extremo del transportador de rodillos que se comunica con el transportador de rodillos del sistema apilador. Esto se hace con la ayuda de una cuerda que se encuentra atada a uno de los extremos de la estructura y que es jalada manualmente por un operario (véase Figura 55). Posteriormente la estiba es asegurada por dos platinas que entran por la parte inferior con el fin de evitar su desplazamiento cuando está siendo cargada con las columnas de láminas de cartón (véase Figura 56).



Figura 55.Desplazamiento de la Estiba por el Colchón de Rodillos.



Figura 56. Platinas Aseguradoras de Estiba.

Una vez ubicada y asegurada, un operario procede a desplazar las columnas de láminas de cartón sobre la estiba. Este proceso se realiza a través de un empujador¹³ que arrastra las columnas de laminas, ubicadas sobre el transportador de rodillos de la salida del sistema apilador, hasta la estiba que se encuentra sobre el transportador de rodillos dispuesto para el manejo de estas por parte del montacargas (véase Figura 57). Esto se logra gracias a la diferencia de alturas que existe entre los transportes de rodillos de rodillos la cual forma un escalón de 13,5 centímetros; altura aproximada de la estiba de madera (véase Figura 58).



Figura 57. Empujador del Sistema Apilador.

¹³ También conocido como sistema pusher, es accionado por un sistema mecánico de transmisión por cadenas.



Figura 58. Nivel Entre los Dos transportadores de Rodillos. Empujador del Sistema Apilador.

Luego de ser cargada con las láminas de cartón, se retiran las platinas aseguradoras y la estiba, con la ayuda de la estructura metálica, se desliza hasta el final del transportador de rodillos en donde será tomada por un montacargas (véase Figura 59). Antes de depositar una nueva estiba para ser cargada, los operarios deben esperar a que el montacargas retire la estiba que se encuentra con material para poder recuperar la estructura metálica.



Figura 59. Desplazamiento de Estiba Cargada con Láminas de Cartón.

El proceso que sigue es la acción del montacargas para tomar la estiba cargada. Para ello el operario de este debe realizar dos tipos de maniobras. En la primera, utiliza las puntas de las uñas para levantar un poco y arrastrar la estiba hasta el borde del colchón.

En la segunda, introduce las dos uñas metálicas, de 1,69 metros de largo, por completo en la estiba y la levanta para luego transportarla ya sea hasta los colchones alimentadores de las máquinas Flexográficas, o bien, para depositarla en un espacio de la bodega asignado para el almacenamiento de producto en proceso.

Cuando se deposita en la bodega, a la espera de continuar su proceso de producción, se almacenan en arrumes con altura de hasta 3 estibas cargadas. Las cargas soportadas por estas estibas varían según el tipo de lámina, sencilla o doble pared, que se está procesando (véase Figura 60).



Figura 60. Almacenamiento de Estibas de Láminas de Cartón.

Una vez llega a la máquina Flexográfica, la estiba hace un recorrido a través de dos transportadores de rodillos que la llevan hasta el sistema alimentador de la máquina. Allí, es recibida por una mesa con movimiento vertical, la cual les permite a dos operarios retirar las láminas para alimentar la máquina de forma manual (véase Figura 61). Quienes alimentan la máquina realizan al mismo tiempo una inspección visual de calidad en las láminas de cartón, descartando así las que vienen con problemas de maltrato o suciedad. Estos las separan y anotan en un formato la cantidad de láminas rechazadas por lote.



Figura 61. Alimentación de la Máquina Flexográfica.

Ya descargada, la estiba es tomada por los operarios y depositada a un lado de la máquina para que el operario del montacargas la tome y la lleve de nuevo al espacio que se encuentra próximo al sistema apilador, volviendo así al principio del ciclo.

4.7 EL DESPERDICIO

En el caso de los procesos industriales, se le da el nombre de desperdicio a todo aquello que no sea eficiente dentro del proceso, ya sea el uso de máquina, los materiales o materias primas, la mano de obra y hasta los recursos de capital monetario. En otras palabras, es todo aquello que genera costos dentro del proceso de producción de un producto pero que no le está generando ningún valor al mismo.

4.7.1 Desperdicio de papel en la industria cartonera: en la industria del cartón corrugado, el desperdicio se cataloga analizando el nivel de inversión requerido para evitarlo versus el beneficio económico que esto traería. Así pues se tiene el *Desperdicio No – Controlable*, en el cual se toma en cuenta todo aquel material generado en algunas partes del proceso, que no genera valor al producto final, y que corresponde a

configuraciones preestablecidas ya sea de la maquinaria con que se cuenta o de las necesidades en el diseño del producto a producir. En la industria cartonera, este tipo de desperdicio se identifica principalmente en dos partes del proceso productivo. Por un lado se tienen los trozos de cartón que se generan luego del proceso de troquelado. Este proceso se lleva a cabo en un troquel que pertenece a la máquina Flexográfica, y consiste en perforar las láminas de cartón, con una serie de cuchillas apostadas sobre un rodillo, con el fin de darle la forma deseada al producto final; la caja de cartón. Estas perforaciones corresponden a un diseño establecido de acuerdo a las necesidades del producto a fabricar, por lo tanto no es posible controlar la cantidad del desperdicio generado por ellas durante el proceso, pues sería necesario realizar cambios en el diseño original del producto. El otro *Desperdicio No – Controlable*, es el llamado *Trim*. Este se genera en la máquina llamada *Slitter*, la cual hace parte de la máquina *Corrugadora*, y consiste en una tira de cartón que se genera luego de cortar los bordes de la lámina se está produciendo, por medio de un par de cuchillas giratorias con forma de disco, para lograr las especificaciones dimensionales requeridas en el producto. Este tipo de desperdicio responde a características tanto de la máquina como de las medidas de los rollos de papel, y para evitarlo se hace necesario realizar inversión en cambio de tecnología.

En el caso del *Desperdicio Controlable*, también se trata de material que se gasta durante el proceso generando un costo y no un valor, pero, a diferencia del *Desperdicio No – Controlable*, este es generado por fallas o acciones del proceso que es posible corregir. Los costos generados por este tipo de desperdicios suelen ser altos y por este motivo las compañías suelen ejecutar acciones y buscar diferentes alternativas que les permitan mantener estas cifras en niveles bajos (véase Figura 62).



Figura 62. Desperdicio Controlable Generado por un Error al Ubicar las Estibas.

De acuerdo a LAW (Latin American Waste AVG), el desperdicio en una fábrica de cajas para banano debe tener el siguiente comportamiento (véase Tabla 4):

Tabla 4. Indices de desperdicio estándar para una planta de cajas de banano.

Proceso	Mejores	Todas
Transito	0.6%	0.7%
Trim	1.2%	1.3%
Corrugador	1.1%	1.2%
Conversión	0.7%	0.8%
Otros	0.1%	0.1%
<u>Total Controlable</u>	3.6%	4.0%
No controlable	3.6%	3.9%
<u>Total Desperdicio</u>	7.2%	7.9%

4.6.2 Desperdicio de papel en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.: en la Fábrica de Cajas de C.I. UNIBAN S.A. se puede identificar varios focos de desperdicio. El primero se da en el transporte y almacenamiento de su principal materia prima, los rollos de papel. Estos sufren daños de diferente índole en su superficie durante su traslado desde los molinos en donde son fabricados, ubicados en EEUU y Canadá, hasta las bodegas de la Fábrica de Cajas, ubicada en Colombia. Luego, deben ser preparados para ingresar a la

planta al proceso de producción de cartón, para lo cual se hace necesario retirar las capas de papel de la superficie del rollo, que no son aptas debido al maltrato sufrido durante el proceso de transporte y almacenamiento.

Actualmente, el área de abastecimiento de la Fábrica de Cajas, junto con Isabella Shipping, ejecuta un plan de acción para monitorear y disminuir el desperdicio de papel generado por el maltrato en el transporte de los rollos. Este consiste en marcar los daños que se encuentran en los rollos con diferentes colores dependiendo de donde se hayan producido (véase Tabla 5). Así por ejemplo, si las bodegas del puerto de origen reciben un rollo con algún daño, lo marcan con color verde, este color indica que el daño corresponde al transporte del molino en donde se fabricó el papel a dicha bodega. Esto ha permitido identificar los principales causantes de desperdicio y tomar medidas para disminuirlo.

Tabla 5. Control de Maltrato de Rollos de Papel del Área de Abastecimiento de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. e Isabella Shipping.

Etapas de Inspección	
Descripción	Código
Daños ocurridos antes de recibir en el puerto de origen	Verde
Daños ocurridos previo al cargue en el puerto de origen	Rojo
Daños causados durante el transporte a bordo del buque (no atribuidos al operador portuario)	Morado
Daños detectados durante el descargue y no causados durante el transporte (asignados al operador portuario en Origen)	Azul
Daños ocurridos durante el descargue en el puerto de destino (atribuido al operador portuario en Destino)	Blanco
Daños ocasionados en la operación de descargue de plana a sitio de almacenamiento por el personal de Logística C.I. Uniban	Negro
Daños detectados en la entrega al cliente y/o transportador terrestre (atribuidos al personal de Logística C.I. Uniban)	Amarillo

Luego de ser recibidos por el área de abastecimiento, los rollos son pasados al área de producción y se llevan hasta la máquina Corrugadora en donde son preparados de acuerdo al instructivo "Preparación y Consumo de Papel".

Para el proceso de retirar capas de papel del rollo, existe un estándar, establecido en los manuales de la organización TAPPI, en el cual se especifica cuantas capas se deben tomar de un rollo dependiendo el gramaje del papel que este contiene. Se dice que para un rollo de papel tipo medio o médium se deben retirar las tres (3) primeras capas de papel, y para un rollo de papel tipo Liner se deben retirar las dos (2) primeras capas de papel (véase Figura 63). Estos estándares no siempre se cumplen dentro el proceso de producción de la Fábrica de Cajas, ya que los daños que presentan los rollos suelen ser más profundos, lo cual requiere que sean retiradas mas capas de papel del rollo ocasionando así mas desperdicio (véase Figura 64).

Una vez retiradas del rollo las capas de papel no aptas, se llevan a una báscula para ser pesadas y se guarda este dato diferenciando si se trata de papel tipo Liner o papel tipo Medio o Medium.



Figura 63. Preparación de Rollos de Papel.



Figura 64. Láminas de Desperdicio de Papel generadas Luego de la Preparacion del Rollo de Papel.

4.6.3 Desperdicio en el proceso de producción de cajas de cartón en la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

Existen varios causantes de desperdicio en la Fabrica de Cajas presentes en el proceso de producción (véase Figura 65).

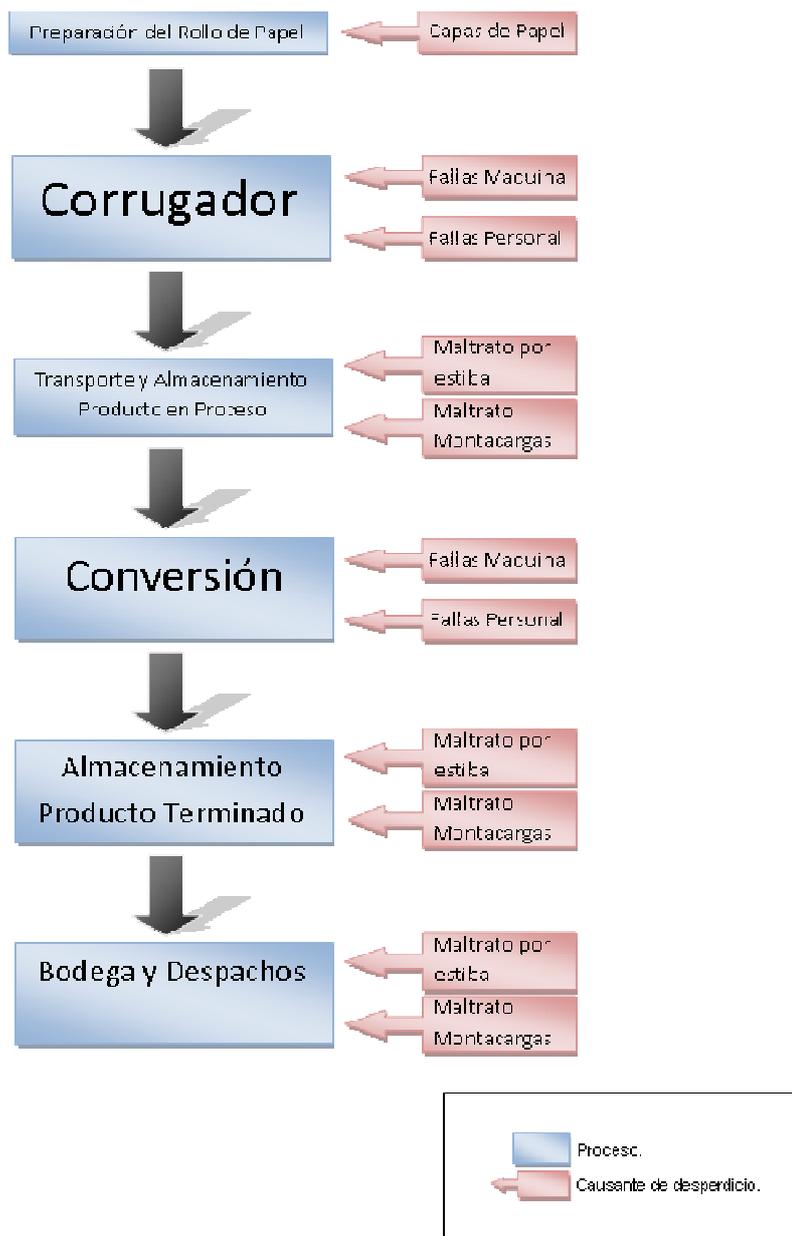


Figura 65. Diagrama del Proceso de Producción con Causantes de Desperdicio.

Una vez los rollos de papel son preparados, retirando las capas de papel no aptas, se ingresan a la máquina corrugadora y a partir de ese momento empieza a contabilizar el desperdicio que se encuentra codificado en el sistema. Estos códigos de desperdicio constan de un número de identificación, un nombre que describe la causa del desperdicio y la cantidad de kilogramos generados (véase Figura 66).

Tipo Defec.	Cargos Depto.	Rechazo No. Etiqu. mpto.	Item No. Pedido No.	Línea Lote	Cantidad Defectos	Cod. Dimensión	Error No.	Total COS
185	100	61255	L172	BEG	3080	100	11	1684585
185	100	61268	L558	BJS	500	100	11	1182843
185	100	61273	L179	BJR	929	100	30	1066088
185	100	61246	L016	V	53	100	40	37892
185	100	61250	L121	BE	300	100	40	429662
185	100	61406	L169	BHG	473	100	40	776098
185	100	61407	L170	BJH	492	100	40	1021854
185	100	61254	L170	BJE	929	100	40	482124

Figura 66. Pantalla del Sistema de Información de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. para el Control de Desperdicio.

Los códigos de desperdicio se han ido creando desde el año 2.002 mediante la observación del proceso por parte de las personas involucradas en este, como operarios y jefes de planta. El sistema cuenta con 168 códigos de desperdicio en los cuales se ha abarcado todo el proceso de producción. Así pues, es posible encontrar códigos que corresponden al inicio del proceso como el código número 109 que corresponde a “Rollo picado o chuzado” (esto significa una mala preparación del rollo de papel antes de ingresarlo a la maquina, lo que puede generar que se reviente el papel o que la lámina de cartón salga defectuosa), hasta el código número 119 que corresponde a “Maltrato de estiba” (esto se genera al cargar las láminas de cartón a la salida del proceso de fabricación en la máquina corrugadora para pasarlas a las máquinas flexográficas o almacenarlas).

El control de estas cantidades se lleva en dos etapas. En la primera los operarios anotan en un formato de papel, la causa y la cantidad de desperdicio generado. Al finalizar el turno, el operario entrega estos formatos al asistente de producción para que este, en una segunda etapa, los ingrese al sistema y consolide de esta manera la información.

5. METODOLOGIA

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Este proyecto de investigación será de tipo experimental, ya que se desea comprobar los efectos que tendrá la implementación de un nuevo diseño de estibas de papel, en la disminución de las cifras de desperdicio en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. En este caso, el investigador tendrá un papel activo, pues se llevará a cabo una intervención en la línea de producción de cartón corrugado de la planta. Por medio de esta intervención se pretende implementar el nuevo diseño de estibas en reemplazo de las estibas de madera que actualmente se utilizan en el proceso de producción, ya que el maltrato que estas generan en las láminas de cartón se identifica como una de las principales causas de desperdicio.

5.2 MÉTODO DE ESTUDIO

En la fase inicial del proyecto se empleara el método de observación y análisis, pues se debe realizar un reconocimiento de las diferentes etapas que participan en el proceso productivo, es decir, estudiar y analizar cada una de estas de manera individual permitirá identificar las principales causas de desperdicio y de esta manera plantear posibles soluciones, que permitan disminuir las pérdidas de láminas de cartón en la Fabrica de Cajas (véase Figura 67). Adicional a este análisis de campo, se estudiaran las cifras de desperdicio que se han presentado durante los últimos tres años en la planta, con el fin de complementar el análisis y la observación realizados previamente.

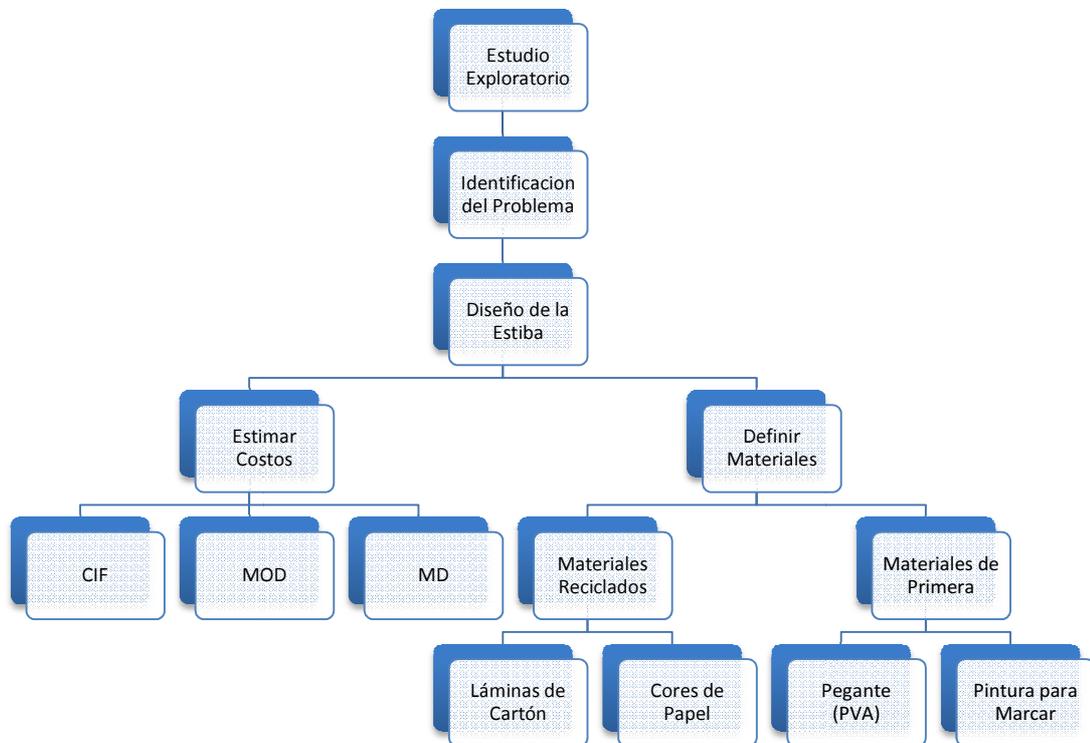


Figura 67. Diagrama de la Primera Fase del Proyecto.

En la segunda fase el método de estudio será de síntesis, ya que al realizar el análisis por separado del proceso productivo, las causas de desperdicio y un estudio de cifras, será posible entonces proponer una alternativa de mejora en el proceso productivo que permitirá reemplazar las estibas de madera que actualmente se utilizan para el transporte y almacenamiento de láminas de cartón por un nuevo diseño de estibas de papel (véase Figura 68). En este proceso de diseño se tendrán en cuenta aspectos como los materiales, en cuanto a características y disponibilidad, adecuación a las exigencias del proceso y sus máquinas, y las necesidades del recurso humano de la planta.

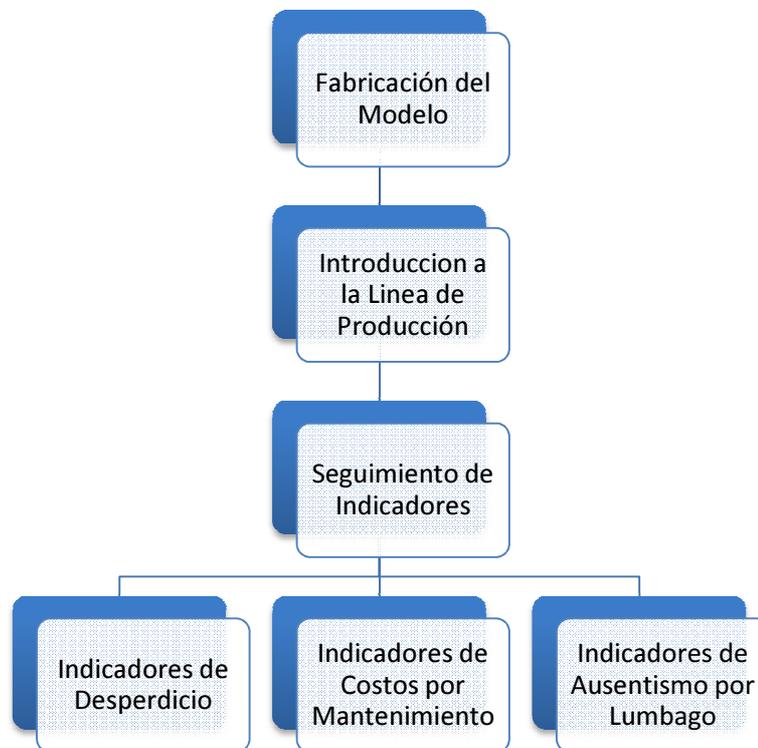


Figura 68. Diagrama de la segunda Fase del Proyecto.

5.3 POBLACIÓN

Este proyecto está dirigido a la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. y tendrá impacto tanto en los procesos productivos, como en los diferentes factores que se ven involucrados en estos. El desperdicio en el transporte y almacenamiento de láminas de cartón de producto en proceso será el objeto de estudio principal de este proyecto.

5.4 MUESTRA

Se utilizará una muestra inicial de 30 estibas de papel. Con estas muestras se pretende evaluar:

5.4.1 Disminución del desperdicio: se hará un monitoreo constante de los indicadores de desperdicio que son utilizados actualmente en la planta de producción para evaluar el impacto de las estibas de papel al ser introducidas en el proceso.

5.4.2 Vida útil: se llevará un registro en el cual se documentará la información de cada entrada del lote al proceso. En este se tendrá en cuenta información como: referencia de la lámina, cantidad producida, número de lote, montacargas utilizado, nombre del conductor del montacargas, supervisor de turno. Además, tendrá un registro de observaciones o fallas que se presenten durante cada ensayo especificando la estiba de papel que involucrada a través de su número único de identificación.

Con lo anterior, se tendrán argumentos para establecer un punto de comparación, en cuanto a la vida útil, entre la estiba de papel y la estiba de madera. También permitirá ver qué tipo de fallas o daños se pueden presentar en estas, con lo cual se podrán tomar acciones correctivas en el diseño o establecer manuales de mantenimiento para estos elementos.

5.4.3 Salud ocupacional: se busca reemplazar estibas de madera que tiene un peso promedio de 80 kg c/u. Estas estibas son manipuladas por los operarios de forma repetitiva en, por lo menos, tres centros de trabajo de la línea de producción. Esto genera riesgos que se pueden evidenciar en las cifras de ausentismo laboral por dolencias lumbares. Con la introducción a la línea de producción del nuevo diseño de estibas de papel, se reducirá la carga manipulada por los empleados de una manera considerable, lo que mejorará las condiciones laborales de los empleados de la Fábrica de Cajas.

5.5 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se utilizará la técnica de la observación, ya que se realizará el registro visual de lo ocurrido durante los diferentes eventos de ensayos con las estibas de papel, clasificando y consignando los acontecimientos pertinentes en un esquema que permitirá identificar los elementos importantes para esta investigación. Esto se traduce en los objetivos a perseguir con esta observación; los cuales serán: láminas de cartón maltratadas, fallas en la estructura de la estiba de papel, respuesta de los operarios en cuanto a la manipulación de la estiba de papel, adaptabilidad a las máquinas y al proceso en general.

La información de láminas de cartón maltratadas se registrará en un formato de desperdicio suministrado a los operarios de los centros de trabajo en los cuales se ensayará la estiba de papel. Estos documentarán el número de láminas maltratadas y luego esta cifra se traducirá en kilogramos para poder tener las mismas unidades de los datos históricos del desperdicio ocasionado por las estibas de madera.

5.6 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se utilizará el principio de Pareto para analizar las cifras históricas de desperdicio en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. Este principio permitirá realizar histogramas en los cuales se represente en forma decreciente el peso que tienen las diferentes causas de desperdicio sobre el total de kilogramos generados en todo el proceso de producción. Este método básico de análisis de datos permitirá identificar las causas de desperdicio más importantes dentro del proceso, y así poder desarrollar estrategias para disminuir su impacto en la compañía.

Sera necesario realizar un análisis de los diferentes costos que debe asumir la compañía al tener las estibas de madera dentro de su proceso productivo. Para esto se analizarán los datos a través de tablas y gráficos que permitan evidenciar su impacto. Los datos obtenidos a través de las diferentes pruebas de laboratorio y ensayos en la planta de producción serán analizados de la misma manera.

6. RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE LAS CIFRAS HISTÓRICAS DE DESPERDICIO DE CARTÓN EN LA FÁBRICA DE CAJAS DE C.I. UNIBAN S.A.

Para este análisis se hace uso de los datos correspondientes a los años 2008, 2009 y 2010. Para el año 2008 se toma la información registrada en el sistema de información de enero 1 a diciembre 31. Para el año 2009 se toman datos de dos periodos de tiempo; el primero va de enero 1 a julio 31 y el segundo va de agosto 1 a noviembre 30. Lo anterior se debe a que durante el 2009 se presentaron algunas inconformidades con la información que se ingreso al sistema haciéndola poco confiable para la investigación, por lo que se decidió hacer uso de la información tabulada por los auxiliares de planta en archivos independientes. Esta información se tabulo directamente de los formatos de desperdicio entregados por los operarios. Para el año 2010 se toman los datos correspondientes a los meses de enero, febrero y marzo.

Durante el periodo de tiempo comprendido entre el año 2008 y principios del año 2010, los procesos en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. no han sufrido cambios significativos que puedan representar alteraciones importantes en la información del desperdicio de cartón. Por este motivo se toma la decisión de hacer el análisis con la esta información unificada.

Como se menciona anteriormente, este desperdicio se encuentra almacenado por códigos que describen la causa, cuanto material generaron en kilogramos y el costo en pesos colombianos que este significó. Unificando la información de cada código, se observa que durante estos últimos años se han generaron 2'017,603.64 kilogramos de cartón durante el proceso de producción. Esto equivale a un total de \$ 1,911'773,563.48.

La tabla que se muestra a continuación contiene la información de los códigos de desperdicio que representan el 80% del total de los costos generados por este concepto (véase Tabla 6).

Tabla 6. Datos Históricos de Desperdicio de Cartón en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.

Código	Descripción	KILOGRAMOS	COSTOS	% COSTOS	% Acumulado	% Causas
119	Maltrato de Estiba	178,248.34	\$ 162,412,909.27	8.495405%	8.495405%	0.54645%
101	Cambio de referencia	155,950.56	\$ 158,262,269.67	8.278296%	16.773701%	1.09290%
125	Otros Generales	135,602.83	\$ 135,993,560.09	7.113476%	23.887177%	1.63934%
115	Material Curvo	120,181.08	\$ 90,904,030.32	4.754958%	28.642135%	2.18579%
147	Desper. de Orden Anterior	85,782.00	\$ 83,680,763.88	4.377127%	33.019263%	2.73224%
100	Preparación maquina	54,327.37	\$ 58,728,390.81	3.071932%	36.091195%	3.27869%
133	Freno guiador	59,101.10	\$ 54,846,811.82	2.868897%	38.960092%	3.82514%
104	Falta de vapor	53,830.04	\$ 50,974,101.87	2.666325%	41.626417%	4.37158%
118	Material con refile	62,243.71	\$ 50,466,567.70	2.639777%	44.266195%	4.91803%
116	Material Despegado	53,449.59	\$ 42,300,403.80	2.212626%	46.478821%	5.46448%
108	Papel Húmedo	48,758.01	\$ 41,992,462.73	2.196519%	48.675339%	6.01093%
109	Rollo Picado o chuzado	36,810.32	\$ 36,407,113.36	1.904363%	50.579703%	6.55738%
117	Material con bomba	35,320.21	\$ 36,269,570.51	1.897169%	52.476871%	7.10383%
17	Otros 280	34,139.92	\$ 35,827,389.78	1.874039%	54.350911%	7.65027%
135	Falta de Fluido Eléctrico	30,974.78	\$ 31,052,127.64	1.624258%	55.975168%	8.19672%
186	Se agota sumin. de goma doble	26,418.75	\$ 27,691,056.74	1.448449%	57.423617%	8.74317%
40	Empalmador Nro. 5	26,186.02	\$ 26,965,132.89	1.410477%	58.834094%	9.28962%
71	Bomba en la 280	23,604.64	\$ 26,250,059.08	1.373074%	60.207168%	9.83607%
136	Problemas en		\$ 25,461,749.65	1.331839%	61.539007%	10.38251%

	la Cutoff HQ	39,985.27				
60	Rodillos tren de secado	24,319.00	\$	24,986,776.12	1.306995%	62.846002% 10.92896%
168	Falla del Personal	19,450.12	\$	23,536,689.08	1.231144%	64.077146% 11.47541%
43	Empalme rutinario Doble	24,761.28	\$	23,045,297.32	1.205441%	65.282587% 12.02186%
114	Cortos y Largos	21,734.31	\$	22,978,561.44	1.201950%	66.484537% 12.56831%
28	Reventa papel XD	21,644.28	\$	22,910,087.80	1.198368%	67.682905% 13.11475%
155	Atranque Puente	18,165.00	\$	20,614,216.68	1.078277%	68.761182% 13.66120%
165	Impresión Tinta	35,381.00	\$	20,577,018.18	1.076331%	69.837513% 14.20765%
154	Preparación de Rollo	18,401.71	\$	19,655,392.01	1.028123%	70.865637% 14.75410%
9	Reventa papel 280	19,641.06	\$	18,953,826.31	0.991426%	71.857063% 15.30055%
51	Otros Doble engomadora	19,531.20	\$	18,779,924.41	0.982330%	72.839393% 15.84699%
7	Empalme rutinario 280	20,064.99	\$	18,711,885.28	0.978771%	73.818164% 16.39344%
72	Bomba en la XD	17,854.40	\$	18,383,420.98	0.961590%	74.779754% 16.93989%
169	Ajuste de cuchillas SR	16,438.55	\$	17,762,556.95	0.929114%	75.708868% 17.48634%
16	Banda sanduche 280	16,077.54	\$	17,407,925.28	0.910564%	76.619432% 18.03279%
74	Masas Sucias XD	14,894.40	\$	15,087,332.42	0.789180%	77.408612% 18.57923%
103	Material Tostado	14,964.79	\$	14,846,486.28	0.776582%	78.185194% 19.12568%
36	Otros XD	14,151.06	\$	14,833,290.83	0.775892%	78.961086% 19.67213%
102	Finalización turno	13,245.73	\$	14,465,284.63	0.756642%	79.717728% 20.21858%
20	Empalmador Nro. 3	13,449.99	\$	13,481,066.63	0.705160%	80.422888% 20.76503%

Haciendo un diagrama de Pareto, en el cual se toma el 20 % de las causas que generan el 80 % del desperdicio total, se observa que el acumulado de las primeras causas es considerablemente mayor que el resto. Por lo tanto, es posible repetir el diagrama tomando los valores hasta el 80% del total del desperdicio (véase Figura 69 y Figura 70).

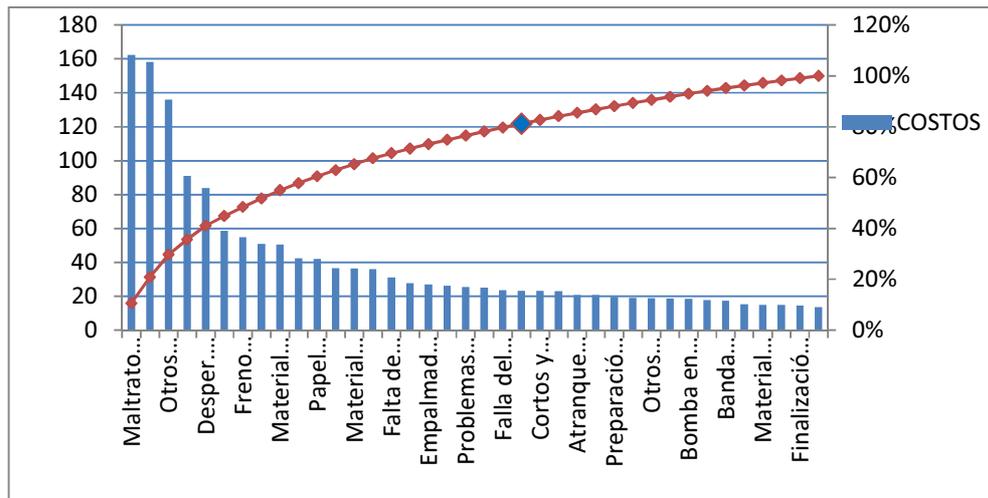


Figura 69. Diagrama de Pareto para la Participación de las Causas en el Desperdicio Total.

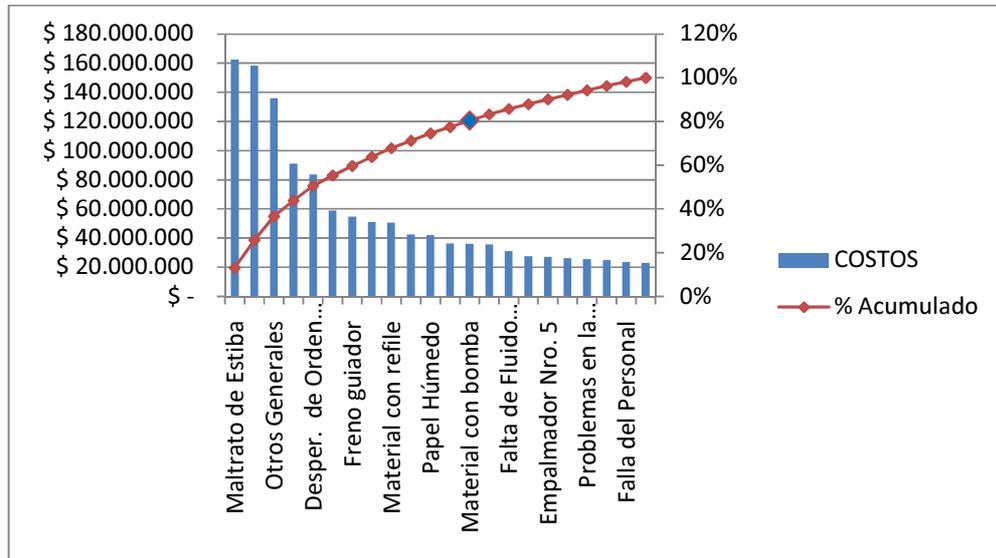


Figura 70. Diagrama de Pareto para la Participación de las Causas en el 80% del Desperdicio.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, es posible obtener las 22 principales causas de desperdicio, que representan un 65.3% de los costos totales de desperdicio para los últimos años, traducidos en \$ 1,248'055,234.13 (véase Tabla 7).

Tabla 7. 22 Principales Causas de Desperdicio

Código	Descripción	KILOGRAMOS	COSTOS
119	Maltrato de Estiba	178,248.34	\$ 162,412,909.27
101	Cambio de referencia	155,950.56	\$ 158,262,269.67
125	Otros Generales	135,602.83	\$ 135,993,560.09
115	Material Curvo	120,181.08	\$ 90,904,030.32
147	Desper. de Orden Anterior	85,782.00	\$ 83,680,763.88
100	Preparación maquina	54,327.37	\$ 58,728,390.81
133	Freno guiador	59,101.10	\$ 54,846,811.82
104	Falta de vapor	53,830.04	\$ 50,974,101.87
118	Material con refile	62,243.71	\$ 50,466,567.70
116	Material Despegado	53,449.59	\$ 42,300,403.80
108	Papel Húmedo	48,758.01	\$ 41,992,462.73
109	Rollo Picado o chuzado	36,810.32	\$ 36,407,113.36
117	Material con bomba	35,320.21	\$ 36,269,570.51
17	Otros 280	34,139.92	\$ 35,827,389.78
135	Falta de Fluido Eléctrico	30,974.78	\$ 31,052,127.64
186	Se agota sumin. de goma doble	26,418.75	\$ 27,691,056.74
40	Empalmador Nro. 5	26,186.02	\$ 26,965,132.89
71	Bomba en la 280	23,604.64	\$ 26,250,059.08
136	Problemas en la Cutoff HQ	39,985.27	\$ 25,461,749.65
60	Rodillos tren de secado	24,319.00	\$ 24,986,776.12
168	Falla del Personal	19,450.12	\$ 23,536,689.08
43	Empalme rutinario Doble	24,761.28	\$ 23,045,297.32

La principal causa de desperdicio en estos años fue el maltrato ocasionado por las estibas de madera que son llamadas *sencillas*, y que se utilizan para transportar y almacenar las láminas de cartón que constituyen el producto en proceso de la Fábrica de Cajas. Esto significó el desperdicio de 178,248.34 kilogramos de cartón y \$162'412,909.27 para la compañía.

6.2 DESPERDICIO DE CARTÓN POR MALTRATO DE ESTIBA

Al ser de madera, estas estibas presentan diferentes puntos que generan el daño maltrato en las láminas de cartón que entran en contacto con su superficie. Estos puntos pueden ser clavos utilizados para unir las tablas, astillas generadas por desgaste y los espacios entre tablas que tallan la lámina de cartón.

Esta manipulación genera daño tanto en las láminas inferiores como en las láminas superiores, pues al poner una estiba sobre otra, los tres largueros de la que se encuentra en la parte superior tallan y dañan las láminas de cartón de la estiba que esta la parte inferior. Esto significa que se están dañando un mínimo de 5 laminas por encima y 5 laminas por debajo en cada estiba (véase Figura 71).

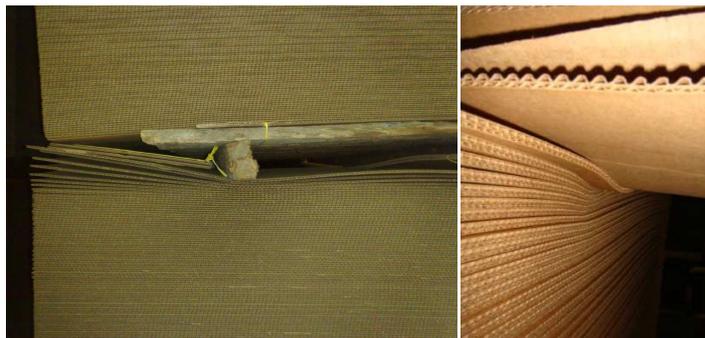


Figura 71. Maltrato a las Láminas Generado por los Largueros de la Estiba.

6.2.1 Cifras de desperdicio de cartón en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. ocasionado por el maltrato de estibas durante el año 2.009: durante el año 2009, el maltrato por estiba generó 95.291 kilogramos de desperdicio de cartón, por un valor total de \$94'021.293,90. La compañía ha implementado dos elementos en el proceso de producción para tratar disminuir este tipo de daños. El primero se trata del uso de una lámina de cartón de doble pared de 1880mmx1700mm (Ref. L001), la cual es sujeta a la estiba con la ayuda de una soga. Esta lámina tiene un costo unitario de \$ 3,623.92 y es reemplazada cada dos meses, aproximadamente, por los operarios. También se utilizan colchones para la parte superior, los cuales son fabricados con dos láminas de cartón de

doble pared de 1975mmx340mm unidas con la ayuda de sogas (véase Figura 72). Estas láminas de cartón se obtienen de material que es descartado para hacer parte de producto terminado, pero que permite cumplir esta función. Se utilizan tres colchones de estos por cada estiba que se encuentre sobre otra; ósea que si se almacena a tres pisos, se están utilizando 6 colchones. Estos últimos, son reemplazados cada dos meses aproximadamente (véase Figura 73).



Figura 72. Lámina de Colchón. (Ref. L001)



Figura 73 .Colchón Superior.

Estas medidas no siempre son efectivas y suelen presentarse varios problemas a la hora de usarse. Los colchones superiores no suelen brindar la protección suficiente contra el maltrato de los largueros debido al peso que estos soportan. Además, estos deben ser ubicados por el operario calculando la posición correcta sin ningún tipo de guía, lo cual ocasiona posicionamientos incorrectos con frecuencia. Los colchones inferiores suelen desalinearse al entrar en contacto de fricción con las láminas de cartón provenientes del sistema apilador, dejando expuestas a las tablas de la estiba de madera. Además, los nudos de la soga utilizada para unir los colchones, suelen quedar expuestos y rasgan las láminas de cartón cuando entran en contacto (véase Figura 74).



Figura 74. Colchón Desplazado.

6.2.2 Maltrato por estiba en los diferentes tipos de productos de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.: se pueden identificar cuatro tipos de productos en el proceso de producción; lámina de cartón de doble pared, lámina de cartón de pared sencilla, lámina de papel de división y las cajas de cartón que representan el producto terminado.

Cada uno de estos productos sufre algún tipo de maltrato por estibas durante el proceso de producción, generando así costos por desperdicio a la Fábrica de Cajas (véase Figura 75).

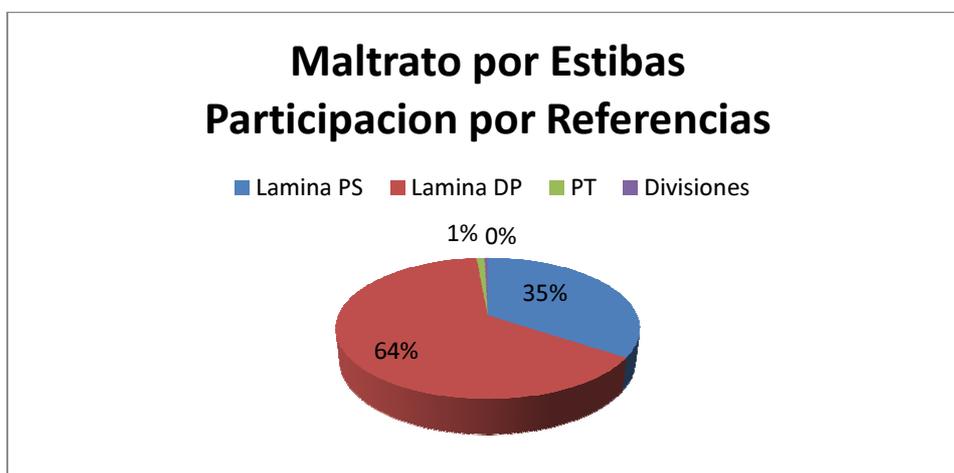


Figura 75. Participación por Productos en el Total de Desperdicio Generado por Maltrato de Estibas.

Las cifras revelan que la mayor participación esta en los ítems correspondientes a producto en proceso, con un 64% para las láminas de cartón de doble pared y un 35% para las láminas de cartón de pared sencilla.

Las láminas de cartón de doble pared son, en promedio, 55% más costosas que las láminas de cartón de pared sencilla, y los datos revelan que la participación de esta referencia en el total es mayor en un 29%.

Estos datos nos permiten concluir que la mayor causa de desperdicio por maltrato de estibas se encuentra en el paso de producto en proceso de la máquina corrugadora a las máquinas Flexográficas y/o almacenamiento, para lo cual se hace uso de estibas de madera tipo sencillas.

6.3 MANTENIMIENTO DE ESTIBAS DE MADERA TIPO SENCILLAS

Durante el proceso las estibas de madera tipo sencillas están expuestas a daños ocasionados principalmente por el maltrato durante la manipulación del montacargas. Estos daños consisten en tablas y listones fracturados, clavos de unión que se salen de su posición original, maderas astilladas, etc. Como solución a este problema, la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. delega el mantenimiento de las estibas una compañía llamada Mantenimiento y Reparación GEO. Este proveedor tiene una tarifa de mantenimiento de \$6.000 por cada estiba reparada¹⁴ (véase Tabla 8). Las tablas y los listones de madera son comprados directamente por la Fábrica de Cajas a un costo unitario de \$9.000. En promedio cada estiba reparada se consume dos tablas y un listón. De acuerdo a lo anterior el costo promedio unitario por reparación, teniendo en cuenta mano de obra y materiales es de \$32.000.

¹⁴ Esta tarifa corresponde solo a reparación, no incluye el costo de la madera utilizada, pues esta es suministrada a GEO por la Fábrica de Cajas.

Tabla 8. Mantenimiento de Estibas de Madera Tipo Sencilla Durante el Año 2010.

Día	Mes	Año	Estibas Reparadas	Costos
18	Diciembre	2009	32	\$ 1.024.000,00
18	Enero	2010	65	\$ 2.080.000,00
8	Febrero	2010	7	\$ 224.000,00
22	Febrero	2010	11	\$ 352.000,00
8	Marzo	2010	9	\$ 288.000,00
15	Marzo	2010	8	\$ 256.000,00
5	Abril	2010	4	\$ 128.000,00
12	Abril	2010	5	\$ 160.000,00
19	Abril	2010	4	\$ 128.000,00
3	Mayo	2010	2	\$ 64.000,00
18	Mayo	2010	6	\$ 192.000,00
31	Mayo	2010	5	\$ 160.000,00
19	Julio	2010	13	\$ 416.000,00
2	Agosto	2010	6	\$ 192.000,00
20	Septiembre	2010	16	\$ 512.000,00
28	Septiembre	2010	1	\$ 32.000,00
4	Octubre	2010	18	\$ 576.000,00
11	Octubre	2010	4	\$ 128.000,00
19	Octubre	2010	11	\$ 352.000,00
16	Noviembre	2010	7	\$ 224.000,00
6	Diciembre	2010	2	\$ 64.000,00
13	Diciembre	2010	15	\$ 480.000,00
Total:			251	\$ 8.032.000,00

Teniendo en cuenta que la Fábrica de Cajas mantiene un inventario promedio de 400 estibas de madera tipo sencilla dentro de sus instalaciones, se observa que el 62,75% de estos elementos debieron ser sometidos a reparaciones durante el año 2010, incurriendo en un costo total de \$8'032.000. Para ese mismo año la Fábrica de Cajas compró a este proveedor un total de 100 estibas de madera tipo sencillas a un precio unitario de \$75.000, para un total de \$7'500.000.¹⁵

¹⁵ Datos extraídos del sistema de información de compras de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A.

6.4 ESTIBA DE PAPEL

Teniendo en cuenta las cifras de desperdicio de cartón, al interior de la Fábrica de Cajas, y sus causas, se selecciona el maltrato por estiba como causa a tratar para disminuir así su participación en los kilogramos de desperdicio. Al observar los diferentes tipos de daños que se generan en las láminas por el maltrato de las estibas, se hace evidente que el problema radica en el tipo de estructura que se está utilizando para transportar y almacenar las láminas de cartón; especialmente en el material y forma de fabricación de las estibas de madera. Es por esto que se plantea como alternativa solución la implementación de una nueva estructura fabricada a partir de láminas de cartón corrugado y otros elementos de papel que se encuentran en la planta y que son considerados desperdicio del proceso de producción; como los tubos de los rollos de papel o *cores*. Las características funcionales de estas estructuras deben ser idénticas a las de las estibas de madera, pues buscan reemplazar y mejorar el papel que estas cumplen en la línea de producción de las cajas de cartón de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

La Estiba de Papel presenta como principales beneficios los siguientes:

- Bajo peso. Cerca de un 50% menos que una estiba de madera convencional.
- Bajo costo. Teniendo en cuenta que el cartón es un material más económico que la madera del Olleto que es utilizada para fabricar las estibas sencillas. Además, algunos materiales como los *cores*, son reciclados.
- Menor riesgo para el personal a la hora de ser manipulada, pues no presenta uniones con clavos ni astillas que puedan lastimar al operario o afectar material transportado.
- Al ser una estructura con una superficie totalmente plana, lisa, sin separaciones y del mismo material de las láminas de cartón que serán transportadas, disminuye considerablemente el desperdicio generado por material maltratado durante el transporte y almacenamiento del producto en proceso

6.4.1 Elección de los materiales: en la elección de los materiales, se tomo como aspecto fundamental que estos se pudieran encontrar en la planta de producción; ya sea como producto de alguno de los procesos allí realizados o un subproducto de estos. Además, se requería que los materiales elegidos ofrecieran propiedades mecánicas que, una vez unidos en la estructura, permitieran imitar el comportamiento de la estiba de madera. Así pues se elige como principal componente del diseño la lámina de cartón corrugado de doble pared. Este tipo de estructura está diseñada para soportar cargas de impacto y aplastamiento. También brinda la posibilidad de una superficie lisa y uniforme para que las láminas de cartón, que van a ser cargadas en esta, se deslicen sin sufrir el maltrato que les ocasiona la superficie de irregular de la madera. Con estas se fabrican las paredes de los largueros y las planchas que conforman la superficie superior e inferior de la estiba de papel.

Ya que el cartón, por sí solo, no es suficiente para soportar las cargas, de hasta 2.700 kilogramos, a las que se debe someter este tipo de estructura en la planta de producción, se hace necesario incluir un elemento que potencialice la resistencia al aplastamiento de la misma. Es así como se hace uso de los tubos de papel en los que viene almacenado el papel tipo kraft o medio, también llamados cores. Estos elementos, al ser dispuestos de una forma vertical sobre su diámetro, actúan como columnas y presentan una resistencia al aplastamiento que lo hace viable para la estructura. Como se verá más adelante, un conjunto de tres de estos elementos cortados a una altura de 8 centímetros logra soportar cargas de hasta 4 toneladas. En la estiba de papel, estos elementos, cortados a 8 cm de altura y formando conjuntos de 3 cores, forman la estructura interior de los largueros.

Por último, para la unión de estos materiales se elige el adhesivo acetato de polivinilo o PVA. Este producto es el que utiliza la Fábrica de Cajas en la máquina flexografica para unir los extremos de las láminas de cartón procesadas y formar así la caja de cartón como producto terminado. El PVA es un adhesivo especial para materiales porosos, como la madera o el papel, que brinda una unión solida con un tiempo de secado bajo.

6.4.2 Primer diseño: Estiba de papel de 1,2 m x 1,0 m.

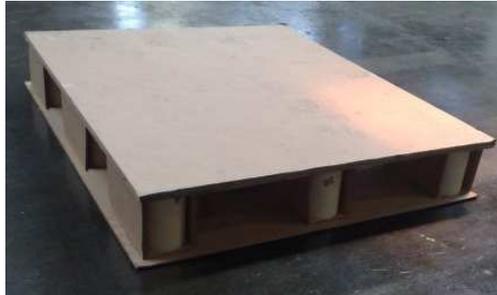


Figura 76. Primer diseño de estiba de papel.

Se elabora un prototipo de estiba de papel de 1,2 metros de largo, 1 metro de ancho y 15 centímetros de altura. Con este diseño se quiere evaluar el comportamiento de los materiales al conformar una estructura de tipo estiba y al someterla a fuerzas de compresión (véase Figura 76).

6.4.2.1 Elementos de la Estructura

- **Largueros:** el diseño propuesto para esta estiba de papel cuenta con tres elementos de estos, los cuales se encuentran ubicados en cada uno de los extremos y en el centro de esta. Cada larguero está fabricado con una estructura de cartón corrugado tipo doble pared que sirve como contenedor de los *cores* conformando las paredes, base y parte superior. Cada una de estas estructuras cuenta, en su interior, con tres conjuntos de dos *cores* repartidos uniformemente a lo largo de la misma (véase **Figura 77** y **Figura 78**). La unión de la lámina de cartón y de los *cores* se hace a través del adhesivo PVA, el cual se aplica en las zonas en las que ambos elementos entran en contacto.

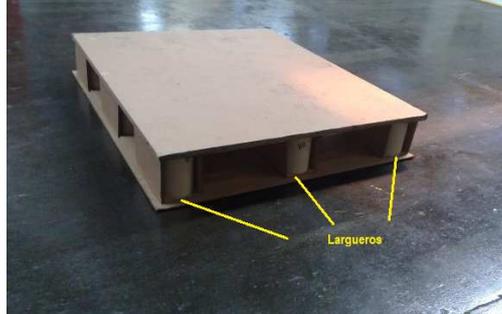


Figura 77. Largueros del diseño 1 de estiba de papel.

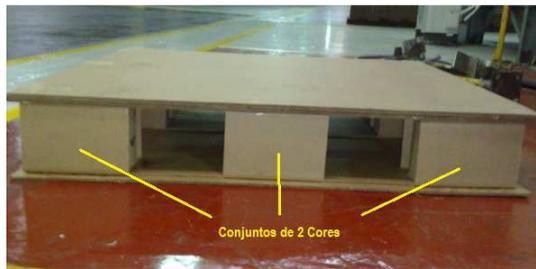


Figura 78. Conjuntos de 2 cores en el larguero.

- **Plataforma Superior:** se forma a partir de la unión de tres láminas de cartón corrugado de doble pared con la ayuda de PVA. Este elemento se encuentra ubicado en la parte superior de la estiba de papel, y es la parte de la estructura que entra en contacto con el material (véase Figura 79).

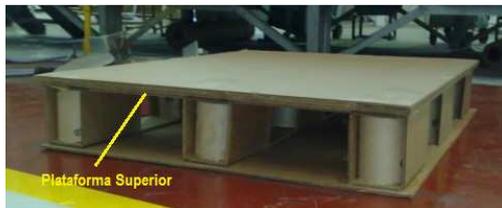


Figura 79. Plataforma Superior del Diseño 1 de Estiba de Papel

- **Plataforma Inferior:** se forma a partir de la unión de dos láminas de cartón corrugado de doble pared con la ayuda de PVA. Este elemento se encuentra ubicado en

la parte inferior de la estiba de papel, y es la parte de la estructura que entra en contacto con el piso (véase Figura 80).



Figura 80. Plataforma inferior del diseño 1 de estiba de papel.

6.4.2.2 Pruebas realizadas: estas pruebas son realizadas en las instalaciones de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. y consta de 2 etapas.

En la primera etapa se carga la estiba de papel con un rollo de papel que tiene un peso total de 1591 kilogramos. El rollo de papel se deposita sobre la estiba con la ayuda de un montacargas equipado con un clamp¹⁶, y se observa lo siguiente:

- La plataforma inferior de la estiba de papel presenta un leve aplastamiento.
- Los cores no presentan ninguna modificación en su estructura.
- La plataforma superior de la estiba de papel no presenta ninguna falla a simple vista.
- Se retira el rollo de papel y se realiza una inspección visual, en la se evidencia que la estructura permanece estable. No se presenta aplastamiento en la parte superior, las diferentes uniones permanecen intactas y los Cores no presentaban modificación alguna.

En la segunda etapa se somete a la estructura a una carga de un rollo de papel de 1975 kilogramos por un periodo de tiempo de 3 días y se observa lo siguiente:

¹⁶ Dispositivo o mordaza especial para asegurar y transportar estructuras cilíndricas, rollos o bobinas de papel a través de un montacargas.

- Día 1: Al depositar la carga con la ayuda del Clamp se repiten las condiciones descritas en la primera etapa; un leve aplastamiento en la lámina de la base de la estiba de papel, y el resto de la estructura permanece estable.
- Día 2: Se inspecciona la estiba de papel a diferentes horas del día y se observa que la estructura permanece estable. La plataforma superior, inferior y los Cores permanecen en las mismas condiciones iniciales.
- Día 3: Se repite la inspección visual durante la mañana y el Pallet permanece estable. Su estructura ha permanecido en las mismas condiciones de los días 1 y 2.

A las 2:30 p.m. se le retira la carga y se realiza una inspección general en la que se observa que la estiba de papel no presenta alteraciones en su estructura, además las uniones permanecen fuertes. También se evidencia que la deformación en la lamina superior fue muy poca, la marca que el rollo dejo sobre esta fue menor a 1 mm de profundidad, lo que no representa ningún riesgo para la estabilidad de la estiba.

Por último, se somete la estiba de papel a una prueba de carga máxima, depositando un rollo de papel de 2951 kilogramos sobre esta. Este rollo corresponde a una referencia de papel tipo kraft que es la que mayor masa tiene en el almacén de la Fábrica de Cajas. En esta etapa se observa lo siguiente:

- Una vez depositada la carga sobre la estructura, se evidencia un leve aplastamiento en uno de los cores del extremo del larguero centra (véase Figura 81).



Figura 81. Aplastamiento de core del diseño 1 de estiba de papel.

- La plataforma superior presenta un aplastamiento leve. Este se hace evidente en las esquinas que no están en contacto con el rollo de papel (véase Figura 82).



Figura 82. Aplastamiento de la plataforma superior del diseño 1 de estiba de papel.

- Pasados 10 minutos se termina la prueba y se realiza una inspección a la estiba de papel, en la que se observa que lo que parecía ser un aplastamiento del core, en realidad se trata de un desplazamiento que este presentó por la irregularidad de los bordes de su parte superior e inferior. Esta irregularidad es causada por el proceso de corte, en el cual se utilizaron sierras con muy poca precisión. Además, se observa que la marca que el rollo de papel deja sobre la plataforma superior es poca.

6.4.2.3 Conclusiones de las pruebas del diseño 1: la estiba de papel del diseño 1 presenta un buen comportamiento ante cargas estáticas. A pesar de que se evidencia aplastamiento en las láminas de cartón que componen la plataforma superior y la inferior cuando se encuentran con carga, estas recuperan su forma al retirarla. Esto evidencia el buen comportamiento de Flat Crush Test¹⁷ que poseen estas láminas de cartón corrugado de doble pared.

6.4.3 Segundo diseño: Estiba de papel para bultos de almidón: se elabora un diseño basado en la estiba de madera para almidón. Esta estructura tiene 1,3 metros de largo, 1,1 metros de ancho y 13 centímetros de altura. Debe soportar una serie de cargas

¹⁷ Flat Crush Test: medida de la resistencia de las flautas de la lamina de papel corrugado.

puntuales, pues la carga que se deposita está compuesta por un conjunto de 40 bultos de almidón de 25 kilogramos cada uno.

6.4.3.1 Elementos de la estructura:

- **Largueros:** esta estiba de papel cuenta con tres elementos de estos, los cuales se encuentran ubicados en cada uno de los extremos y en el centro de esta (véase Figura 83). Cada larguero está fabricado con una estructura de cartón corrugado tipo doble pared que sirve como contenedor de los *cores* conformando las paredes, base y parte superior. Cada una de estas estructuras cuenta, en su interior, con tres conjuntos de tres *cores* repartidos uniformemente a lo largo de la misma. La unión de la lámina de cartón y de los *cores* se hace a través del adhesivo PVA, el cual se aplica en las zonas en las que ambos elementos entran en contacto (véase Figura 84y Figura 85).

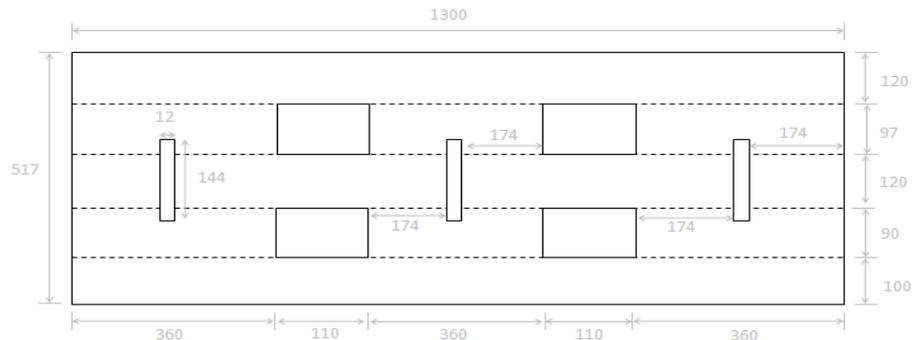


Figura 83. Plano de la lámina del larguero de la estiba de papel para almidón. (Medidas en mm).



Figura 84. Largueros de la estiba de papel para almidón.



Figura 85. Conjuntos de 3 cores en el larguero.

- Plataforma superior:** se forma a partir de la unión de cuatro láminas de cartón corrugado de doble pared, cuyas dimensiones son 1,3 metros de largo y 1,1 metros de ancho, con la ayuda de PVA. Este elemento se encuentra ubicado en la parte superior de la estiba de papel, y es la parte de la estructura que entra en contacto con el material. Para este tipo de diseño, se implementa una estructura de refuerzo que se encuentra a la ancho de la estiba de papel. Este refuerzo se fabrica uniendo dos esquineros¹⁸ con la ayuda de PVA, formando así una tablilla de papel que evita la fractura de la plataforma superior por la acción de las cargas (véase **Figura 86** y **Figura 87**).

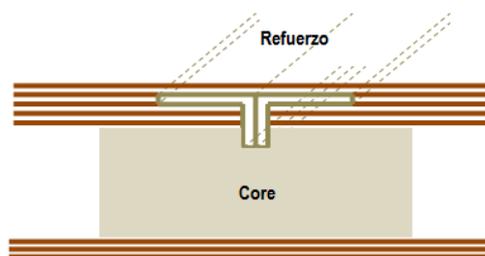


Figura 86. Refuerzo de esquineros en la plataforma superior.

¹⁸ Estructuras de papel en forma de "L" utilizadas en la palatización de cajas de banano para proteger las esquinas.



Figura 87. Refuerzo de esquineros en la plataforma superior.

- **Plataforma inferior:** se forma a partir de la unión de dos láminas de cartón corrugado de doble pared, cuyas medidas son 1,3 metros de largo y 1,1 metros de ancho, con la ayuda de PVA. Este elemento se encuentra ubicado en la parte inferior de la estiba de papel, y es la parte de la estructura que entra en contacto con el piso o la superficie formada por el conjunto de bultos de almidón al almacenar a dos o tres pisos de altura.

6.4.3.2 Pruebas realizadas: esta prueba se realiza en la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. en la zona del almacén y en la planta de gomas.

En la primera etapa, se traslada la estiba de papel hacia el almacén, en donde se encuentra almacenado el almidón. Una vez allí, se procede a cargar la estiba de papel con 40 bultos de almidón de 25 kilogramos cada uno y dispuestos de la misma manera en que se encuentran organizados en una estiba de madera. Luego se procede a ubicar la estiba de papel, con la ayuda de un montacargas, en la segunda posición de un arrume de 3 estibas cargadas con bultos de almidón (véase Figura 88). Durante esta etapa se observa lo siguiente:



Figura 88. Estiba de papel cargada con 40 bultos de almidón (1000Kg).

- La estiba de papel soporta el impacto de los bultos en el proceso de carga, el cual se realiza de forma manual por un operario. Una vez terminados de cargar los 40 bultos de almidón, la estructura se mostro estable (véase Figura 89).
- Al ubicarla en la segunda posición del arrume de tres estibas, se observa que aunque la plataforma superior de la estructura reforzada con los esquineros permanece estable, la plataforma inferior tiende a tomar la forma de los bultos que hacen contacto con ella (véase Figura 90).



Figura 89. Ubicación de la estiba de papel para almidón en la segunda posición de un arrume de tres estibas.



Figura 90. Deformación de la plataforma inferior de la estiba de papel para almidón.

Luego, la estiba de papel es tomada por el montacargas, transportada hasta la planta de gomas y depositada en el almacén. En el interior de la planta de gomas, la estiba de papel cargada es manipulada por un palletjack eléctrico, que la transporta de la zona de almacenaje a la zona de producción en donde es descargada manualmente por un operario. Es esta etapa se observa lo siguiente:

- Durante la operación de transporte la estructura permaneció estable. No presento ningún tipo de curvatura ni a lo ancho ni a lo largo (véase Figura 91).



Figura 91. Transporte de la estiba de papel para almidón del almacén a la planta de gomas.

- Al terminar descargar el almidón, se le realiza una inspección visual en donde se encuentra que, a pesar de la deformación que se presenta con la carga, una vez esta es eliminada la estructura vuelve a su forma original y su rigidez no se afecta.

6.4.3.3 Conclusiones de las pruebas de la estiba de papel para almidón: el comportamiento de la estructura de refuerzo empleada en esta estiba de papel fue el esperado. La tabilla formada con los esquineros brinda estabilidad a la estructura en su parte horizontal al ser sometida a cargas puntuales.

6.4.4 Tercer diseño: Estiba de papel para las hojas de divisiones: se elabora un diseño basado en la estiba de madera utilizada para el transporte y almacenamiento de las hojas de papel de división. Esta estructura tiene 1,5 metros de largo, 1,1 metros de ancho y 13 centímetros de altura. La carga que esta estructura debe soportar está compuesta por un conjunto de bultos de hojas divisoras que actúan como cargas puntuales.

6.4.4.1 Elementos de la estructura:

- **Largueros:** esta estiba de papel cuenta con tres elementos de estos, los cuales se encuentran ubicados en cada uno de los extremos y en el centro de esta. Cada larguero está fabricado con una estructura de cartón corrugado tipo doble pared que sirve como contenedor de los cores conformando las paredes, base y parte superior (véase Figura 92 y Figura 93). Cada una de estas estructuras cuenta, en su interior, con tres conjuntos de

cores repartidos uniformemente a lo largo de la misma, de los cuales los dos de los extremos contienen cuatro cores y el del centro tres cores. La unión de la lámina de cartón y de los cores se hace a través del adhesivo PVA, el cual se aplica en las zonas en las que ambos elementos entran en contacto (véase Figura 94).

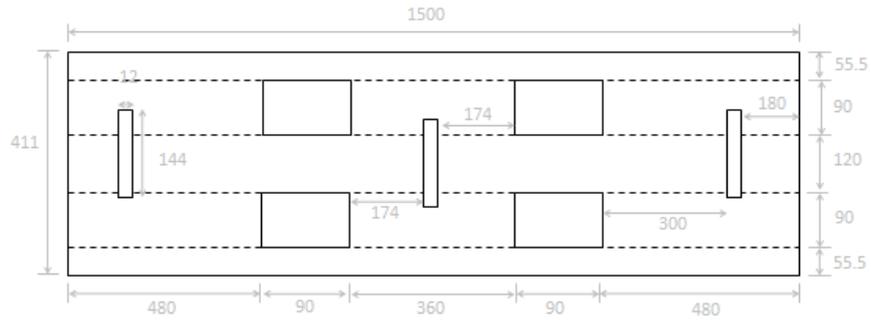


Figura 92. Plano de la lámina del larguero de la estiba de papel para las hojas de divisiones. (Medidas en mm).

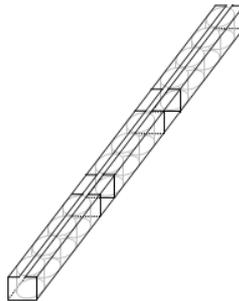


Figura 93. Conjunto de cores en el larguero de la estiba de papel para las hojas de divisiones.



Figura 94. Estiba de papel para las hojas de divisiones.

- **Plataforma Superior:** se forma a partir de la unión de cuatro láminas de cartón corrugado de doble pared, cuyas dimensiones son 1,5 metros de largo y 1,1 metros de ancho, con la ayuda de PVA. Este elemento se encuentra ubicado en la parte superior de la estiba de papel, y es la parte de la estructura que entra en contacto con el material. Para este tipo de diseño, se implementa una estructura de refuerzo que se encuentra a la ancho de la estiba de papel. Este refuerzo se fabrica uniendo dos esquineros con la ayuda de PVA, formando así una tablilla de papel que evita la fractura de la plataforma superior por la acción de las cargas al igual que la estiba de papel para almidón.
- **Plataforma Inferior:** se forma a partir de la unión de dos láminas de cartón corrugado de doble pared, cuyas medidas son 1,5 metros de largo y 1,1 metros de ancho, con la ayuda de PVA. Este elemento se encuentra ubicado en la parte inferior de la estiba de papel, y es la parte de la estructura que entra en contacto con el piso o la superficie formada por el conjunto de bultos hojas de papel de división al almacenar a dos, tres o cuatro pisos de altura (véase Figura 95).



Figura 95. Almacenamiento de estibas para hojas de divisiones.

6.4.4.2 Pruebas realizadas: esta prueba se realiza en la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. en la zona de la máquina hojeadora y la zona próxima al almacén destinada para las hojas de división, y se utilizan dos modelos idénticos de esta estiba de papel.

En la primera etapa, las estibas de papel son tomadas por el operario, sin ninguna ayuda mecánica, quien las ubica en la salida de la máquina hojeadora. Luego el operario las

carga manualmente, cada una con 52 bultos de hojas de división que tienen un peso total de 543 kilogramos. En esta etapa se observa lo siguiente (véase Figura 96):



Figura 96. Bultos de hojas de división cargados en la estiba de papel.

- Los bultos de hojas de división se acomodan fácilmente sobre la plataforma superior de la estructura.
- El operario se para sobre la plataforma superior para depositar los bultos y no genera ningún daño en la estructura.
- Se completa el proceso de carga sin ningún problema estructural en la estiba de papel.

Luego de ser cargadas, las estibas son trasladadas la estiba de papel a la zona de almacenamiento con la ayuda de un montacargas, en donde se almacenan en la primera y segunda posición de un arrume de 4 estibas. En esta etapa se observa lo siguiente:

- La estructura de la estiba de papel permanece estable durante el transporte y posterior almacenamiento.
- Al igual que las estibas de papel para almidón, estas presentan deformación en la plataforma inferior, la cual tiende a tomar la forma de los bultos de hojas de división con los que entra en contacto.
- La estiba que se encuentra en la primera posición, la cual soporta una carga aproximada de 2200 kilogramos, no presenta problemas en cuanto a su estabilidad dimensional.

6.4.4.3 Conclusiones de las pruebas de la estiba de papel para las hojas de divisiones: el operario de la máquina hojeadora manifiesta que esta estructura facilita su labor en los siguientes aspectos:

- Se trata de una estructura más liviana que la estiba de madera tradicional, lo cual facilita su manipulación.
- El hecho de que la plataforma superior de la estiba de papel ofrezca una superficie plana, lisa y continua, facilita la acomodación de los bultos de hojas de división, pues en las estibas de madera, los espacios entre las tablas que conforman la parte superior, dificultan esta labor y maltratan las hojas que entran en contacto con ella.

6.4.5 Cuarto diseño: Estiba de papel tipo sencilla: se elabora un diseño basado en la estiba de madera utilizada para el transporte y almacenamiento de las láminas de cartón corrugado que salen de la máquina corrugadora y que forman parte del producto en proceso de la Fábrica de Cajas. Esta estructura tiene 1,95 metros de largo, 1,82 metros de ancho y 13 centímetros de altura. Esta estructura debe soportar cargas de hasta 2700 kilogramos correspondientes a láminas de cartón almacenadas en arrumes de tres estibas.

6.4.5.1 Elementos de la estructura:

- **Largueros:** esta estiba de papel cuenta con cinco elementos de estos, los cuales se encuentran ubicados: dos en cada uno de los extremos y tres repartidos en el centro de la estructura. Esto da un total de 10 cores por larguero y 50 cores por estiba. Cada larguero está fabricado con una estructura de cartón corrugado tipo doble pared que sirve como contenedor de los *cores* conformando las paredes, base y parte superior. Cada una de estas estructuras cuenta, en su interior, con cuatro conjuntos de *cores* repartidos uniformemente a lo largo de la misma, de los cuales los dos de los extremos contienen dos cores y los dos del centro contienen tres cores (véase Figura 97 y Figura 98). La unión de la lámina de cartón y de los *cores* se hace a través del adhesivo PVA, el cual se aplica en las zonas en las que ambos elementos entran en contacto.

La distancia entre largueros se dispuso teniendo en cuenta la manipulación que la estiba tiene por parte del montacargas, pues la distancia que existe entre las uñas de esta máquina debe corresponder al espacio disponible para que estas ingresen en la estructura (véase Figura 99 y Figura 100).

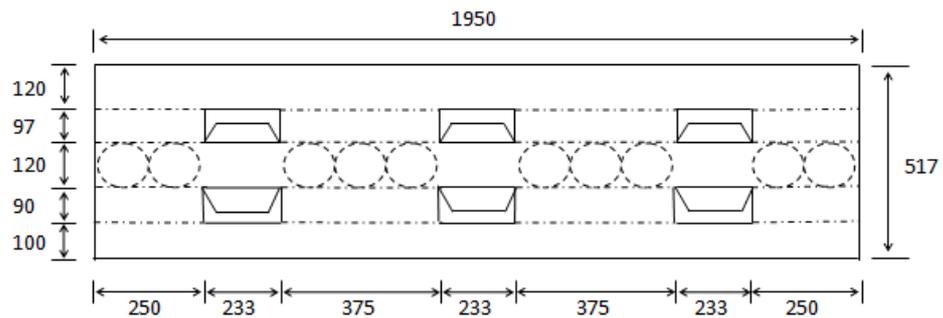


Figura 97. Plano de la lámina del larguero de la estiba de papel tipo sencilla (Medidas en mm).



Figura 98. Conjunto de cores en el larguero de la estiba de papel tipo sencilla.



Figura 99. Espacio entre largueros en la estiba de papel tipo sencilla.



Figura 100. Entrada de las uñas del montacargas en la estiba de papel.

- **Plataforma Superior:** se forma a partir de la unión de tres láminas de cartón corrugado de doble pared, cuyas dimensiones son 1,95 metros de largo y 1,82 metros de ancho, con la ayuda de PVA. Este elemento se encuentra ubicado en la parte superior de la estiba de papel, y es la parte de la estructura que entra en contacto con las láminas de cartón corrugado de producto en proceso.
- **Plataforma Inferior:** se forma a partir de la unión de dos láminas de cartón corrugado de doble pared, cuyas medidas son 1,95 metros de largo y 1,82 metros de ancho, con la ayuda de PVA. Este elemento se encuentra ubicado en la parte inferior de la estiba de papel, y es la parte de la estructura que entra en contacto con el piso, las camas de rodillos de las máquinas y la superficie formada por el conjunto columnas de láminas de cartón al almacenar a dos o tres pisos de altura.

6.4.5.2 Pruebas realizadas: esta prueba se realiza en la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. y consta de varias etapas.

La primera etapa se lleva a cabo en la salida de la máquina apiladora del corrugador. Acá, dos operarios toman la estiba de papel y la depositan sobre el transportador de rodillos que se comunica con el transportador de rodillos de la salida del apilador. Luego se desplaza hasta el borde de esta con el movimiento de los rodillos y se trasladan las láminas de cartón con la ayuda del empujador. Una vez cargada, la estiba se desplaza

hasta el final del transportador de rodillos en donde es tomada por el montacargas. En esta etapa se observa lo siguiente:

- No es necesario el uso de la estructura metálica utilizada para las estibas de madera y tampoco se hace necesario el uso de las platinas de freno.
- La plataforma inferior de la estiba de papel en contacto con los rodillos metálicos del transportador rodillo, permite un desplazamiento sin problemas. La estiba no se frena ni patina, los rodillos la desplazan con facilidad ubicándola en la posición donde será cargada.
- Al ser movidas por el empujador hacia la estiba de papel, las columnas de láminas de cartón se deslizan fácilmente sobre la plataforma superior (véase Figura 101).
- La manipulación, en condiciones normales, del montacargas afecta la estructura. Al tomarla, levantarla y transportarla, la estructura no presenta ninguna modificación o deformación (véase Figura 102).
- La polea utilizada para jalar la cuerda de la estructura metálica, la cual se encuentra soldada en el escalón de los dos transportadores de rodillos, genera maltrato en la estiba de papel. Aunque uno de los espacios que hay entre los conjuntos de cores del larguero del extremo coincide con la posición de esta polea, se requiere de precisión por parte del operario para no generar maltrato en esta (véase Figura 103).



Figura 101. Desplazamiento de las láminas de cartón sobre la estiba.



Figura 102. Manipulación del montacargas en la estiba de papel tipo sencilla.



Figura 103. Maltrato generado por la polea.

En la segunda etapa, la estiba de papel cargada es transportada por el montacargas hacia la bodega de almacenamiento de producto en proceso. Allí se almacena ocupando la primera posición de un arrume de tres estibas cargadas con material de la misma referencia durante cuatro horas. La carga soportada es de 2554 kilogramos. En esta etapa se observa que la estiba de papel no presenta ninguna deformación o modificación en su estructura. La carga aplicada no afecto la estiba (véase Figura 104).



Figura 104. Transporte y almacenamiento de la estiba de papel tipo sencilla.

En la tercera etapa, el montacargas traslada la estiba de papel al tren alimentador de la máquina Flexo 37, el cual la traslada hasta el cuerpo alimentador. Una vez allí, es descargada por los operarios y depositada manualmente a un lado de la máquina. En esta etapa se observa lo siguiente:

- El ancho de 1,82 metros, utilizado en este diseño, presenta problemas con el tren alimentador de la máquina Flexo 37. Esto se debe a que el ancho del transportador de rodillos de este tren es de 1,82 metros aproximadamente. Esto genera fricción entre el tren y la estiba dificultando su desplazamiento y maltratando los largueros de los costados (véase Figura 105).
- Una vez descargada las láminas de cartón en el sistema alimentador se observa que no se genera desperdicio por láminas maltratadas.



Figura 105. Problema entre el tren alimentador de la flexo 37 y la estiba de papel tipo sencilla.

6.4.5.3 Conclusiones de las pruebas de la estiba de papel tipo sencilla: el comportamiento de la estiba de papel en la salida de la máquina corrugadora y en el proceso de almacenamiento es el adecuado y mejora el proceso actual de la estiba de madera sencilla. En la salida de la máquina corrugadora se elimina el uso del mecanismo metálico y sus componentes (polea) y las platinas que se utilizan para asegurar la estiba de madera.

El contacto que se da entre las láminas de cartón y la superficie de la plataforma superior de la estiba elimina el desperdicio por maltrato de estiba. Al tratarse de cartón deslizando

sobre cartón, se está disminuyendo al mínimo la posibilidad de daños en la lámina de cartón por esta causa.

6.5 DISEÑO FINAL DE LA ESTIBA DE PAPEL SENCILLA

A continuación se describe todo lo relacionado al el diseño final que se plantea para la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

6.5.1 Componentes de la estiba: la estiba de papel tipo sencilla está compuesta por dos componentes principalmente:

6.5.1.1 Los largueros: estos son la base principal de la estructura de la estiba de papel, estos son hechos de cartón doble pared (véase Figura 106). Cada larguero lleva doce cores repartidos en 4 grupos de 3 cores cada uno (véase Figura 107). Cada estiba está conformada por 5 largueros.

Para la fabricación de estos cores fue necesaria la elaboración de un troquel, tarea y materiales facilitados por la fábrica de cajas. Luego de fabricado el troquel con las medidas necesarias se programa la producción de las láminas requeridas para este componente en el corrugador. Seguidamente se introducen las laminas en la maquina flexográfica para que las troquele.

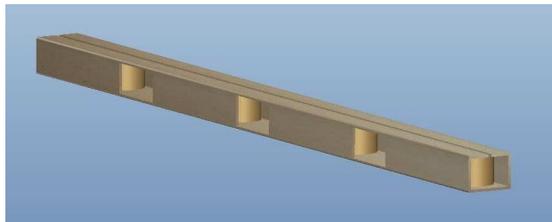


Figura 106 Modelación de un larguero.



Figura 107. Modelación de la disposición de cores en el larguero.

6.5.1.2 Plataformas de cartón: cada estiba está compuesta por una plataforma inferior y una plataforma superior, cada una de estas está conformada por 2 y tres láminas de cartón doble cara respectivamente, al igual que el diseño anterior (véase Figura 108).

Para la fabricación de estas se requiere programar la producción de las laminas en el corrugador, teniendo en cuenta las medidas y la cantidad necesaria para el lote de estibas de papel a producir.

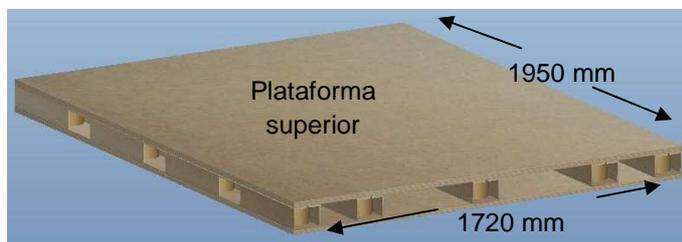


Figura 108. Modelación de la estiba de papel tipo sencilla.

6.5.2 Proceso de fabricación de las estibas de papel de producto en proceso: para la fabricación de las estibas se monto una línea de producción con 4 empleados encargados de realizar todas las actividades necesarias.

Se plantean tres centros de trabajo (véase Figura 109). Se requiere un área de 45 mts ² aproximadamente.

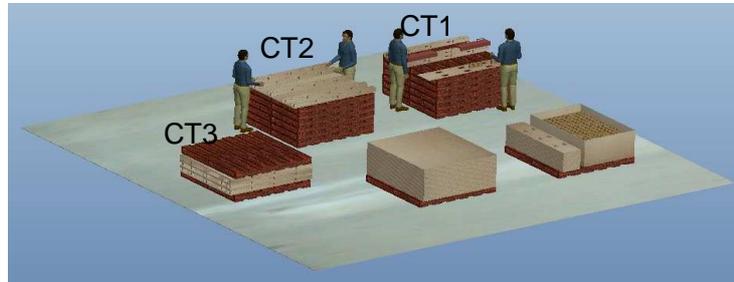


Figura 109. Modelación de la línea de producción de las estibas con sus respectivos centros de trabajo.

6.5.2.1 Centro de trabajo # 1: en este centro de trabajo, dos empleados se encargaran de doblar y ensamblar los largueros con los cores. Para lograr una correcta adhesión de los materiales, se utilizaran los contrapesos de hierro fabricados especialmente para esta actividad. Estos se depositaran de manera que abrasen la estructura y ejerzan una presión sobre la misma. Este centro de trabajo es el que más tiempo demanda por la demora generada en el proceso de adhesión y secado del la estructura.

6.5.2.2 Centro de trabajo # 2: aquí también se cuenta con dos empleados los cuales se encargaran de unir las laminas de cartón que conforman tanto la parte superior de la estiba compuesta por 3 laminas como la parte inferior de la estiba compuesta por 2 laminas. A medida que el centro de trabajo vaya suministrando los largueros estos serán ensamblados con la parte superior e inferior teniendo en cuenta las medidas dadas en el diseño.

6.5.2.3 Centro de trabajo # 3: los mismo dos empleados encargados del centro de trabajo 2 son los responsables de las actividades del centro de trabajo 3. En este punto se tomara la estiba de papel ensamblada en su totalidad y se pondrá sobre una estiba de madera de producto terminado. Posteriormente se tomara otra estiba de madera de producto terminado y se ubicara sobre la estiba de papel con el fin de ejercer presión y así garantizar una correcta adhesión de la totalidad de los elementos que conforman la estiba de papel.

Dado el caso de que ya exista una estiba de papel en el centro de trabajo, en el momento que se termine otra estiba en el centro de trabajo 2 esta se retira la estiba de madera ubicada en la parte superior para montar la estiba de papel nueva sobre la ya existente en el centro de trabajo. Finalmente se toma la estiba de producto terminado y se coloca sobre la última estiba de papel, siempre debe ser esta la última para que con su peso ejerza la presión sobre las demás estibas de papel.

6.6 ENSAYOS Y PRUEBAS DE LABORATORIO

Con el fin de obtener unos datos más exactos y precisos de la resistencia de las estibas de papel, se llevan dos muestras aleatorias a la Universidad EAFIT para someterlas a ensayos de flexión y compresión. Luego de consultar se llega a la conclusión de que no existe en la universidad ni en la ciudad maquinas o equipos con la capacidad suficiente para probar las estibas completas. Por esta razón se decide tomar muestras de dos estibas de papel y realizar las pruebas individualmente, pruebas que permiten obtener un resultado cercano a la realidad de la estructura completa de la estiba de papel. Estas pruebas se llevan a cabo en el Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos de la Universidad EAFIT. También se realizan pruebas comparativas de humedad entre la estiba de papel y la estiba de madera en las instalaciones de la planta.

6.6.1 Ensayo de compresión: la compresión que debe soportar la estiba de papel está dada por el peso de las láminas de cartón que esta debe cargar. Cada muestra corresponde a una sección de los largueros, el conjunto de tres cores con su superficie superior e inferior. Se trata de una carga uniforme repartida sobre la superficie de la estructura y soportada por la estructura completa como tal (véase Figura 110). La carga máxima que esta debe soportar dentro de la planta es de 27.05 kN.

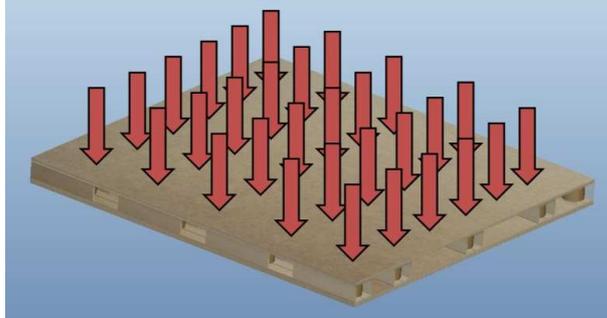


Figura 110. Esquema de carga que debe soportar la estiba en la planta.

Para el ensayo de compresión se utilizan 4 muestras las cuales se prueban sometidas a la máxima carga en la prensa hidráulica. De cada una se toman datos de la resistencia bruta, datos que arroja la maquina y de su deformación medida luego con un calibrador, también conocido como pie de rey (véase Figura 111, Figura 112 y Figura 113).



Figura 111. Prensas hidráulica ELE con una muestra.



Figura 112. Muestra # 1 justo antes de iniciar el ensayo.



Figura 113. Muestra # 1 en el momento que finaliza en ensayo.

6.6.1.1 Resultados del ensayo de compresión: por medio de los datos arrojados por la maquina, los tomados manualmente y el informe generado por el Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos se logro generar una tabla que arrojó las siguientes graficas (véase Tabla 9, Figura 114, Figura 115 y Figura 116).

Tabla 9. Resultados de las pruebas de resistencia a la compresión.

Muestra #	Fecha Ensayo	DIMENSIONES (mm)			AREA PROMEDIO	CARGA (kN)	RESISTENCIA (MPa)		
	D/M/A	Largo	Ancho	Alto	Bruta		Bruta	Deformación	
1	24/03/2011	376	125	128	47000	46,8	1	45	
2	24/03/2011	380	126	130	47880	43	0,9	44	
3	24/03/2011	376	127	129	47752	40,7	0,85	46	
4	24/03/2011	380	126	129	47880	50,9	1,06	43	
RESISTENCIA PROMEDIO (MPa)							0.95		

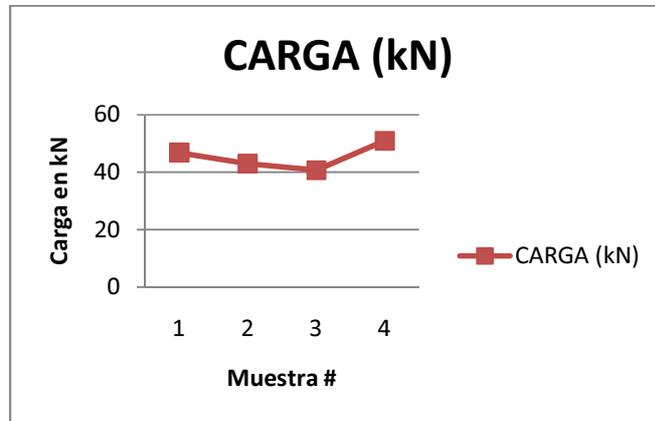


Figura 114. Grafica de la carga en (kN) para cada una de las muestras.

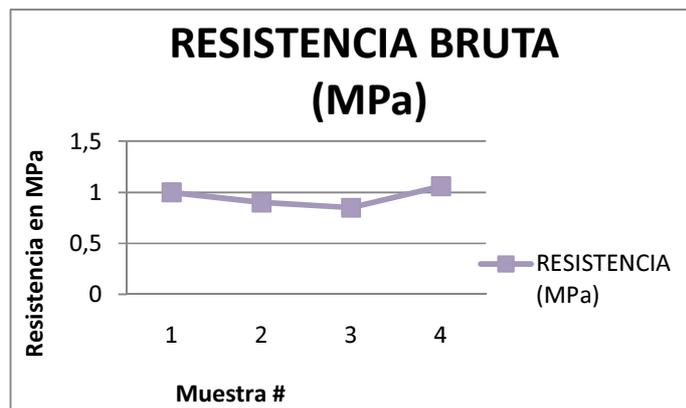


Figura 115. Grafica de la resistencia bruta en (MPa) para cada una de las muestras.

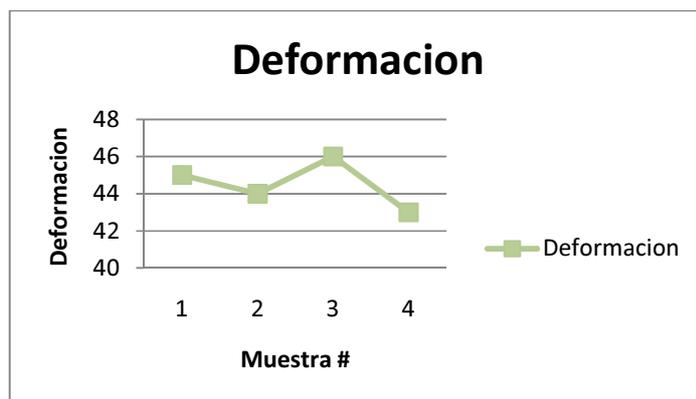


Figura 116. Grafica de la deformación sufrida por cada una de las muestras.

Como se puede observar tanto en la tabla, la grafica de resistencia bruta y la de carga máxima las muestras tuvieron una resistencia mayor a 40,7 kN que equivale a 4150 kilogramos, peso que supera en gran cantidad al máximo requerido en la Fábrica de Cajas para la manipulación y almacenamiento del producto en proceso.

Observando las graficas se observa que la muestra 3 es la que menor carga resiste y la que sufre mayor deformación. En el momento de las pruebas se observó que esta prueba arrojó resultados por debajo del promedio obtenido con las dos muestras anteriores por lo que se decidió ensayar una cuarta muestra. Con esto se logró obtener resultados más cercanos a los anteriores y se descubrió la razón del bajo rendimiento de la muestra 3. Se procedió a abrir la muestra para inspeccionar en detalle que había sucedido diferente a las otras muestras. Se logró observar que los cores eran de diferente grosor lo que los hacía más débiles y propensos a la deformación (véase Figura 117).



Figura 117. Lugar de falla en la muestra # 3.

6.6.2 Ensayo de flexión: el esfuerzo de flexión que debe soportar la estiba de cartón dentro de la planta está dado por el transportador de rodillos y la cantidad de superficie que este cubra en el momento de transportarla hacia la maquina flexográfica. Por lo general la estiba reposa la totalidad de su superficie en el transportador de rodillos (véase Figura 118).

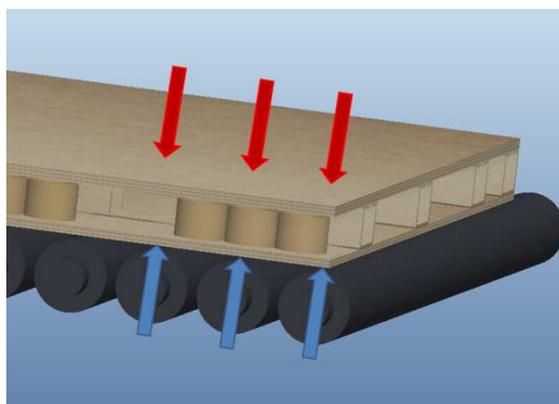


Figura 118. Simulación de la carga que recibe la estiba de papel en el transportador de rodillos.

Para el ensayo de flexión se someten 3 muestras a la carga máxima en el marco de flexión de la prensa hidráulica (véase Figura 119). Estas muestras son de las mismas características de las utilizadas en la prueba anterior. De cada una de las muestras se toman los datos de la carga máxima y el modulo de rotura, datos arrojados por la máquina. La luz que se aplica para cada ensayo depende de la distancia entre los centros de los cores (véase Figura 120).



Figura 119. Marco de flexión de prensa hidráulica ELE con muestra. Ilustración de la longitud de luz tomada para la realización de los ensayos (en el interior de la muestra).

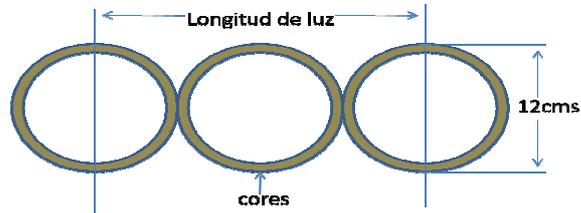


Figura 120. Ilustración de la longitud de luz tomada para la realización de los ensayos (en el interior de la muestra).

6.6.2.1 Resultados del ensayo de flexión: por medio de los datos arrojados por la maquina y el informe generado por el Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos se logro hacer una tabla y realizar una grafica (véase Tabla 10).

Tabla 10. Resultados de las pruebas de resistencia a la flexión.

Muestra #	Fecha de ensayo	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud de la luz (mm)	Carga (N)	Modulo de rotura
5	24/03/2011	125	129	235	3280	0.6
6	24/03/2011	126	129	230	4445	0.7
7	24/03/2011	127	127	240	3991	0.7

A partir de la tabla y del grafico mostrado a continuación se concluye que la carga mínima soportada antes de fallar fue de 3280 N lo que equivale a 334 kilogramos aproximadamente (véase Figura 121). Este satisface las necesidades de la fábrica siempre y cuando la manipulación sea adecuada tanto de los montacargas como de los trenes alimentadores.

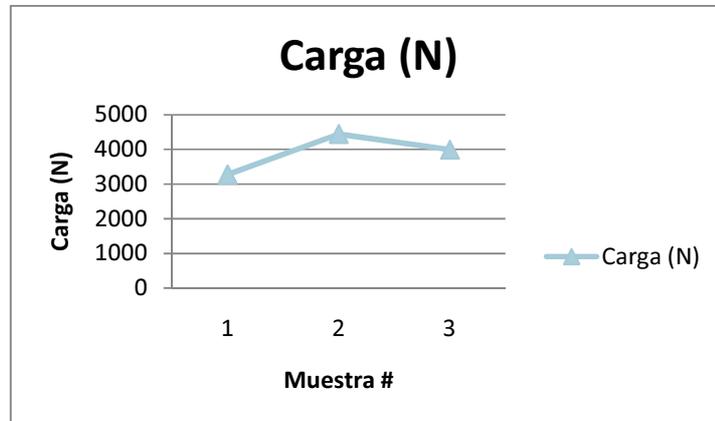


Figura 121. Grafica de la carga máxima recibida por cada una de las muestras.

Se concluye que debido a las propiedades del material este no es el más apto para ser sometido a este tipo de esfuerzos, teniendo en cuenta que cumple con los requerimientos (véase Figura 122). Este tipo de esfuerzos es casi nulo dentro del proceso de transporte de las láminas de cartón ya que las estibas reposan sobre superficies planas que cubren en su totalidad la superficie de apoyo. Solo es cuando la toma el montacargas que la estiba pierde la totalidad del apoyo pero basado en las practicas y los procedimientos realizados en la fabrica esto no representa un problema o desventaja para la estiba de papel, puesto que su comportamiento es el adecuado sin poner en peligro las laminas y la operación.



Figura 122. Muestra # 6 momentos después de sufrir su máxima resistencia a la flexión (4445 N).

Las láminas que soporta la estiba son de superficie plana y la presión se ejerce sobre toda la estiba lo que no genera una carga puntual como se puede observar en la imagen anterior.

6.6.3 Prueba de humedad: La humedad es considerada un punto crítico tanto en las estibas como en la planta puesto que las láminas deben sufrir el menor contacto posible con superficies húmedas, esto debido a las propiedades del cartón y los requerimientos exigidos por los clientes de las cajas de cartón.

Para la realización de las pruebas se utiliza un medidor de humedad en materiales mostrando a continuación (véase Figura 123).



Figura 123. Medidor de humedad PA 2000.

Se realizaron pruebas a cada una de las estibas (véase Figura 124).



Figura 124. Pruebas realizadas a la estiba de madera sencilla y a la estiba de papel sencilla.

6.6.3.1 Resultados de las pruebas: en la siguiente tabla se muestran los resultados arrojados por el medidor en cada una de las muestras (véase Tabla 11).

Tabla 11. Resultados de humedad.

ESTIBA DE PAPEL		ESTIBA DE MADERA	
# DE PRUEBAS	RESULTADO %	# DE PRUEBAS	RESULTADO %
P1	12	P1	11,7
P2	10,9	P2	9,9
P3	11,2	P3	11,7
PROMEDIO	11,4	PROMEDIO	11,1

A partir de la tabla se grafican los resultados para comparar los porcentajes de humedad en cada una de las muestras tanto de madera como de pape (véase Figura 125).

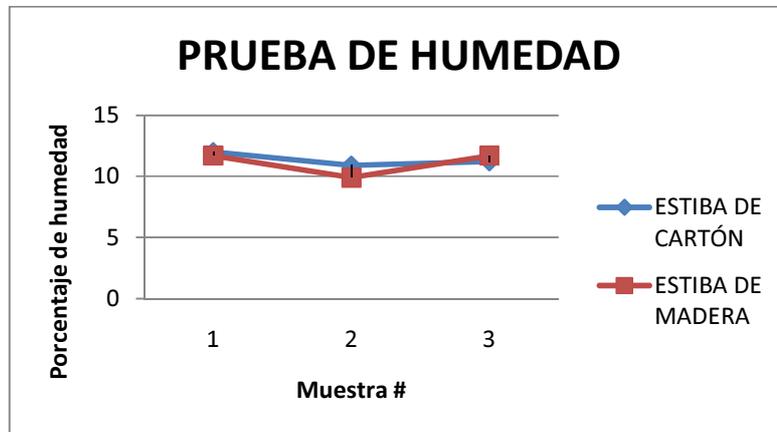


Figura 125. Grafica de humedad en las estibas de madera vs humedad en las estibas de papel.

A partir de la grafica anterior se puede concluir que la humedad es muy similar en ambas estibas, varia en un 0.3% de humedad, porcentaje que para el uso y los requerimientos de la estiba no es importante. En cuanto a humedad la estiba es apta para el uso del almacenamiento y el transporte de las láminas de cartón.

6.7 COSTOS

Para la realización del proyecto es necesario hacer un estudio de los costos en los que se incurre a la hora de fabricar una estiba de papel.

6.7.1 Costos de la estiba de papel sencilla: los empleados utilizados para la fabricación de las estibas ostentan el cargo de ayudantes de planta en la Fábrica de Cajas. Los costos mencionados a continuación son calculados a partir de la fabricación de un lote de 30 estibas de papel.

En la siguiente tabla se muestran todos los costos variables que afectan la mano de obra en la Fábrica de Cajas de C.I Unibán S.A (véase Tabla 12).

Tabla 12. Costos de mano de obra.

Concepto	Cantidad	Vida Útil (meses)	Cantidad/cambio
Días Mes	30		
Horas/Turno	8		
	\$		
Salario Ayudante	769.000,00		
Factor Prestacional	76%		
	\$		
Alimentación día	7.691,04		
Costo/ Hora Sierra Sin	\$		
Fin	48.921,77		
	\$		
Costo Brocha de 2"	5.043,00	3	5
Costo Transporte	\$		
Anual/Persona	3.200.000,00		
Vestuario			
	\$		
_Pantalón	14.400,00	6	3
	\$		
_Camisa	14.100,00	6	4
	\$		
_Botas de Seguridad	77.200,00	6	1

A continuación se muestra los costos unitarios de los diferentes elementos que se ven involucrados en la fabricación de una estiba de papel. En esta se encuentran costos de MOD, MD y CIF (véase Tabla 13).

Tabla 13. Costos unitarios.

Concepto	Costo Unitario
L 1950x1720mm	\$ 3.658,70
L 1950x411mm	\$ 917,45
Core (1950mm)	\$ 1.740,00
Kilogramo PVA	\$ 2.689,13
Consumo PVA (Kg/Und)	2,10
Horas/Hombre	\$ 3.204,17
Prestaciones/Hora	\$ 2.435,17
Alimentación/Hora	\$ 961,38
Vestuario/Hora	\$ 122,78
Transporte/Hora	\$ 1.111,11
Sierra Sin Fin /Hora	\$ 48.921,77
Tiempo Unitario de Fabricación (Horas)	0,20
Tiempo Unitario Sierra Sin Fin (Horas)	0,03

A partir de estas dos tablas se puede hacer un análisis general de los costos en los que se incurre en el momento de fabricar una estiba de papel (véase Tabla 14).

Tabla 14. Análisis de los costos de la estiba de papel sencilla.

	CONCEPTO	DIMENSIONES	CANTIDAD	COSTO	% PARTICIPACIÓN
MD	Lámina DP	1950x1720mm	5	\$ 18.293,50	50,45%
		1950x411mm	5	\$ 4.587,25	12,65%
	PVA	Kilogramos	2,1	\$ 5.647,17	15,57%
MOD	Tiempo	Horas/Hombre	0,8	\$ 2.563,33	7,07%
	Prestaciones	Horas/Hombre	0,8	\$ 1.948,13	5,37%
	Alimentación	Horas/Hombre	0,8	\$ 769,10	2,12%
	Vestuario	Horas/Hombre	0,8	\$ 98,22	0,27%
	Transporte	Horas/Hombre	0,8	\$ 888,89	2,45%
CIF	Sierra Sin Fin	Hora/Maquina	0,03	\$ 1.467,65	4,05%

TOTAL: \$ 36.263,26

Como se observa en la tabla anterior la estiba de papel sencilla tiene un costo total de \$36.263,26 pesos.

Para realizar este análisis se tuvo en cuenta los costos actuales manejados por la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

6.7.2 Análisis de los costos: es de vital importancia el estudio de costos realizados porque de él depende en gran parte la viabilidad del proyecto y su impacto en comparación con los costos de la estiba de madera.

La estiba de madera sencilla es proporcionada por un proveedor externo a un costo unitario de \$ 75.000 pesos. Por esta razón no es necesario realizar un estudio de costos para esta estiba.

Con los costos establecidos se puede comparar los precios de ambas estibas. La estiba de madera sencilla con un costo unitario de \$ 75.000 pesos y la estiba de papel sencilla con un costo de \$ \$36.263,26 pesos. Esto genera una variación del 52 % entre las estibas, porcentaje importante si se habla de un inventario de alrededor de 400 estibas (véase Tabla 15).

Tabla 15. Costos totales de las estibas con un inventario de 400 unidades.

	Costo unitario	Inventario	Costo total	Costo de mantenimiento
Estiba de madera sencilla	\$ 75.000,00	400	\$ 30.000.000	\$ 8.032.000
Estiba de papel sencilla	\$ 36.263,26	400	\$ 14.505.304	\$ 3.155.000

Los costos de mantenimiento de las estibas de papel son basados en el 21.88% de desperdicio, cifra generada en el análisis de la vida útil presentado a continuación.

Se puede concluir a partir de los datos obtenidos que es un proyecto viable en cuanto a costos se refiere. Hay que tener en cuenta que se tiene la ventaja de que la materia prima se produce en la fábrica y parte de ella es desperdicio generado por la fabricación de las

cajas de cartón, lo que facilita la obtención de los recursos y disminuye el costo de los mismos. Toda la estiba se produce dentro de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A.

6.8 VIDA UTIL DE LA ESTIBA DE PAPEL

Se realiza un seguimiento durante un periodo de 12 meses a un lote de 32 estibas de papel tipo sencillas fabricadas en las instalaciones de la Fábrica de Cajas de C.I. Uniban S.A. con el objetivo de analizar la durabilidad que estas estructuras presentan al ser introducidas al proceso de producción durante un periodo de tiempo prolongado. Esto permite pronosticar el tiempo de vida útil que tendrán las estibas de papel en la planta de producción bajo condiciones de uso normales.

Durante el periodo de prueba de 12 meses, fue necesario retirar de la línea de producción un total de 7 estibas de papel, lo que significa un desperdicio del 21,88%. Esto fue necesario puesto que no se garantizaba la seguridad de la estiba debido a los daños o fallas que sus estructuras presentaban.

6.8.1 Daños observados en las estibas de papel: a continuación se ilustran y describen las tres causas del deterioro y posterior rechazo de las estibas de papel para continuar en la línea de producción.

6.8.1.1 Daño ocasionado por las uñas del montacargas: aunque este tipo de daños se puede evidenciar en las 32 estibas de papel, cuatro de estas estructuras debieron salir de la línea de producción debido al nivel de maltrato al que llegaron. Las uñas aplastaron y arrancaron partes de la estructura, como cores y trozos de láminas de cartón (véase Figura 126).



Figura 126. Maltrato por uñas de montacargas.

6.8.1.2 Daño ocasionado por el posicionamiento de la estiba en el transportador de rodillos: luego de ser depositadas sobre el transportador de rodillos de la máquina Flexo 37, el sistema de movimiento automático de esta falló y movió la estiba hacia atrás, lo cual ocasionó que una parte de las estructuras quedarán en el aire y expuestas a una gran carga de flexión. Esta carga dobló las estibas a unos 36 cm del extremo, luego del primer conjunto de cores, lo cual comprometió la resistencia a futuras operaciones (véase Figura 127).



Figura 127. Daño ocasionado por el posicionamiento de la estiba en el transportador de rodillos.

6.8.1.3 Daño ocasionado por el maltrato de las platinas de las guardas metalizas en el transportador de rodillos: estas platinas formaban parte de un sistema de protección que tenía el transportador de rodillos de la máquina Flexo 50, del cual se retiró una parte dejando expuestos estos elementos. Cuando la estiba se desplazaba por el transportador de rodillos, una de estas platinas entro en contacto con la parte lateral de la estructura arrancando un conjunto de cores del larguero expuesto (véase Figura 128).



Figura 128. Daño ocasionado por el maltrato de las platinas de las guardas metalizas en el transportador de rodillos.

6.8.2 Observaciones: de acuerdo al tipo de daños que se evidencia en las estructuras luego del periodo de prueba, se puede concluir que el maltrato sufrido por estas estructuras corresponde a operaciones dentro del proceso que no son realizadas adecuadamente. El maltrato que ocasionan las uñas del montacargas a las estibas de papel se puede evitar con un uso adecuado de esta máquina por parte del operario, el cual en muchas ocasiones no presta la atención necesaria a la operación. El riesgo de un futuro daño por las platinas del transportador de rodillos se eliminó al retirar estos elementos de la máquina, puesto que no prestaban ningún servicio y también estaban ocasionando daños en las estibas de madera.

6.9. DISEÑO PROPUESTO

Luego de la visita a la empresa y la observación de las estibas en funcionamiento pudimos observar una falla en las estibas y fue en el tren alimentador de las máquinas flexográficas. En el momento que estábamos observando la operación ocurrió algo que muy poco ocurre en el proceso, una falla, y fue la devolución de los trenes alimentadores

lo que hace que las estibas cargadas retrocedan y la última estiba sobre el tren queda en su mayor parte en el aire. Esta acción hace que la estiba reciba todo el peso de la carga sobre un punto de apoyo (véase Figura 129). Hay que tener en cuenta que el material que las estibas cargan son arrumes de laminas lo que significa que no es una carga estable.



Figura 129. Fractura de la estiba en el momento de la devolución del tren alimentador.

Como se observa en la imagen la estiba no resistió el peso de tres arrumes sin apoyo y se fracturo. Esto genero una demora en el proceso debido a la recolección del material. Cabe recordar que el incidente ocurrió por una falla en el proceso. Sin embargo las estibas deben estar preparadas para este tipo de casos que se pueden presentar en cualquier momento durante la producción de las cajas de cartón.

Después de analizar las causas de la falla se logro concluir que hacía falta apoyo en los largueros, razón por la cual rediseñamos la estructura de los mismos (véase Figura 130).



Figura 130. Imagen del larguero con el diseño anterior y el larguero con el nuevo diseño, respectivamente.

Las imágenes muestran los vacíos existentes en el larguero del diseño original, vacíos que se llenaron con la nueva propuesta. El diseño propuesto cuenta con los tres largueros del centro de la estiba cada uno con 16 cores y los dos largueros de los extremos con 12 cores, como el diseño anterior. Esto significa un aumento de 12 cores por estiba, para un total de 1600 gramos.

Los centros de trabajo para la fabricación de la estiba se manejaron de la misma forma puesto que la labor de pegar 4 cores más no interfiere en el tiempo de los empleados ya que la adhesión total del larguero por medio de las platinas metálicas es la actividad más demorada. Mientras esto ocurre se genera un tiempo ocioso que se utilizó para realizar esta actividad adicional.

Se hicieron 5 estibas con estas características con el fin de probarlas y comprobar su comportamiento en casos extremos como el mencionado anteriormente.

6.9.1. Pruebas realizadas: para realizar las pruebas pertinentes se reprodujo lo ocurrido en el momento de la fractura de la estiba. Se montaron las estibas en el tren alimentador de la máquina flexográfica y se devolvieron imitando el error en el proceso (véase Figura 131).



Figura 131. Estiba de papel sencilla devuelta en el tren alimentador.

Se observa en la imagen que la estiba en el punto medio debe soportar el peso de tres arremes lo que exige al máximo la estructura. A diferencia de la estiba con el diseño anterior esta se fractura pero no deja caer el material, que es lo importante en el proceso para que no frene la producción (véase Figura 132).

Sin embargo esta estiba a pesar de la fractura presentada es una estiba que puede ser reutilizada.



Figura 132. Comparación del comportamiento de la estiba del diseño anterior y el diseño propuesto actualmente.

Se observa el comportamiento que tiene la estiba con el apoyo adicional de los largueros y sin él.

Teniendo en cuenta que esta acción ocurre muy poco en el proceso pero que sin embargo la estiba responde correctamente al esfuerzo generado, que la variación del peso no es significativa, que su fabricación no difiere del diseño anterior y que los cores son materia prima generada por la fabrica como desperdicio, se llega a la conclusión de que este es el diseño a implementar propuesto para la Fábrica de Cajas de C.I Unibán S.A.

7. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis realizado en las cifras históricas de desperdicio de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A, se concluye que el maltrato ocasionado por las estibas de madera tipo sencillas a las láminas de cartón es un factor crítico dentro del proceso, pues el efecto de estas estructuras en el transporte y almacenamiento de materiales está generando altos costos para la compañía.
- Además de los costos generados por desperdicio, la compañía debe asumir costos adicionales por el uso de las estibas de madera tipo sencillas, como el de compra y mantenimiento de estos elementos. Se genera un ahorro de 39% aproximadamente en costos de reparación y un 48% aproximadamente en costos de compra, esto se lograría implementando las estibas de papel en la Fábrica de Cajas.
- Fue posible diseñar e implementar una estiba de papel que cumpliera con las funciones que desempeña la estiba de madera tipo sencilla en el proceso de fabricación en el interior de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A. utilizando materiales que se encontraban dentro de la misma.
- Luego de lograr un diseño funcional para una estiba de papel, se diseñó y se realizó una línea de producción para estos elementos. En esta se identificaron los diferentes centros de trabajo que la conformaban y los requerimientos de materiales y personal que este tuvo.
- Por medio del desarrollo de pruebas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad EAFIT, fue posible analizar la resistencia de la estiba de madera a la acción de cargas y a esfuerzos de flexión. Además, fue posible evaluar y compara la

humedad y la manipulación de las estibas de papel con las maderas a través de ensayos realizados en las instalaciones de la Fábrica de Cajas.

- Por medio del análisis de los costos históricos del sistema de información de la compañía y de los análisis de costos de materiales y mano de obra, fue posible medir y comparar los costos de la estiba de papel con la estiba de madera. Esta comparación dio resultados favorables para la estiba de papel, la cual puede reducir los costos de la estiba de madera hasta en un 50%.
- Por medio del seguimiento, llevado a cabo durante los diferentes ensayos, del desperdicio generado por las estibas de papel, se concluye que esta estructura reduce el maltrato a las láminas en un 100% aproximadamente.
- Se corrobora los beneficios planteados de la estiba de papel sobre la estiba de madera; menor peso, menor costo, mayor seguridad en la manipulación.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Fábrica de Cajas de C.I Unibán S.A la fabricación y utilización del diseño propuesto de la estiba de papel en sus proceso productivos.
- Se recomienda evaluar la implementación, por parte de la Fábrica de Cajas de C.I. Unibán S.A, de los otros prototipos de estibas de papel planteados en este proyecto.
- Se recomienda la capacitación a los operarios para el buen manejo de las estibas tanto en el montacargas como manualmente, esto puede ser llevado a cabo por medio de la elaboración de instructivos que representen de manera sencilla el manejo adecuado que deben tener las estibas de papel.
- En el momento de la selección del material se recomienda utilizar cores que tengan un diámetro 12 centímetros, no se debe utilizar cores de menor diámetro.

9. BIBLIOGRAFÍA

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Paletas para la manipulación de mercancías. Vocabulario. ISO 445:2010. ISO, 2010.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, Curso técnico máquina corrugadora. SENA. Medellín, 2001.

SCHMITT, Robert L. y SPICE, Ronald S. Seminario internacional sobre operación y funcionamiento de la corrugadora. Ciudad de México: IACOR, 2008.

ESCOBAR VELÁSQUEZ, Mario. Urabá en hechos y en gentes. Medellín: Impresos Begón, 1999.

Bernal, Y. & Correa E. Especies promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo VIII. Bogotá, 1992.

CHASE, Richard y AQUILANO, Nicholas. Administración de producción y operaciones. (Tercera edición). México: McGraw-Hill, 2009.

CORPORACIÓN POLITÉCNICO CUNDINAMARCA, Curso de Maquinaria Pesada. <http://www.geoscopio.net/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=41135>

NOORI, Hamid y Radford, Russell. Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y Respuesta Sensible Rápida.

S.H, Masood y S. HAIDER, Rizvi. An investigation of pallet design using alternative materials for cold room applications. London: Springer-Verlag, 2005. <http://www.springerlink.com/content/3164lp650x251577/fulltext.pdf>

C.I. UNIBAN S.A. Informes y estados financieros 2009. Medellín: C.I. Uniban S.A., 2010.

TAPPI. Normas y métodos de contenedores corrugados. EEUU: TAPPI, 2000.

KLINE, James E. Paper and paper board manufacturing and converting fundamentals. San Francisco: Miller Freeman Publications, 1982.

SMITH, Kenneth. Pulping processes mill operations technologies and practices. Miller 1981.

ACCSA. Revista: Corrugando. Manual de elaboración del cartón ondulado. San José: ACCCSA Revista y Publicaciones S.A, 2010.

LOZANO, Luis Fernando. Capacitación corrugador. Fabricación de los papeles. Carepa: Luis Fernando Lozano, 2009.

Análisis ciclo de vida. (s.f.). Recuperado el 23 de Febrero de 2011, de <http://www.tetrapak.com/co/environment/an%C3%A1lisisciclodevida/Pages/default.aspx>

Quienes somos. (s.f.). Recuperado el 2 de Enero de 2011, de <http://www.uniban.com/htm/quienes.htm>

Información técnica. (s.f.) Recuperado el 2 de Enero de 2011, de http://www.afco.es/info_tecnica.htm

Celulosa para papel y tissue. (s.f.) Recuperado el 5 de Febrero de 2011, de <http://www.internationalpaper.com/MEXICO/LS/Products/Pulp/PaperTissue.html>

10. ANEXOS

Anexo A. Cifras de ausentismo por molestias lumbares durante el año 2.009.

APELLIDOS Y NOMBRE	SALARIO	SALARIO DIA	DESCRIPCIÓN	DIAS
Trabajador 1	\$ 1.028.000,00	\$ 34.266,67	Lumbago Especificado No	2
Trabajador 2	\$ 883.000,00	\$ 29.433,33	Lumbago Especificado No	10
Trabajador 3	\$ 909.000,00	\$ 30.300,00	Lumbago Especificado No	1
Trabajador 4	\$ 638.000,00	\$ 21.266,67	Lumbago Especificado No	1
Trabajador 5	\$ 1.028.000,00	\$ 34.266,67	Lumbago Especificado No	3
Trabajador 6	\$ 1.491.000,00	\$ 49.700,00	Lumbago Especificado No	1
Trabajador 7	\$ 638.000,00	\$ 21.266,67	Lumbago Especificado No	1
Trabajador 8	\$ 638.000,00	\$ 21.266,67	Lumbago Especificado No	1
Trabajador 9	\$ 1.054.000,00	\$ 35.133,33	Lumbago Especificado No	4
Trabajador 10	\$ 883.000,00	\$ 29.433,33	Lumbago Ciatica Con	5
Trabajador 11	\$ 638.000,00	\$ 21.266,67	Lumbago Especificado No	2
Trabajador 12	\$ 638.000,00	\$ 21.266,67	Lumbago Especificado No	3
Trabajador 13	\$ 1.269.000,00	\$ 42.300,00	Lumbago Especificado No	2
Trabajador 14	\$ 638.000,00	\$ 21.266,67	Lumbago Especificado No	3
Trabajador 15	\$ 638.000,00	\$ 21.266,67	Lumbago Especificado No	4
Trabajador 16	\$ 638.000,00	\$ 21.266,67	Lumbago Especificado No	1
			Total	47

Se omiten los nombres de los empleados por confidencialidad de la información.

Anexo B. Informe realizado por el Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos.



Pág. 1 de 3

Medellín, 8 de Abril de 2011

Señor
NICOLÁS FERNANDEZ G.
PROYECTO DE GRADO
EAFIT

Asunto: Informe de resultados.

Descripción: Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión y flexión sobre siete muestras de estibas de papel 38x13x13cm.

Fecha de recepción: 2011-03-18

Notas:

- Las muestras y los datos de estas, fueron suministrados por el cliente.
- Nuestros equipos se encuentran dentro de las especificaciones metrológicas exigidas por las normas del ensayo.
- Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de este laboratorio.

Estamos a su disposición para las aclaraciones que crea convenientes.

Atentamente,

VLADIMIR RODRÍGUEZ U.
Coordinador
Laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos
Bloque 20 oficina 107, Teléfono directo 261 93 79 – Fax 261 93 81
vrodrig@eafit.edu.co

Orlando E.

Universidad EAFIT-Campus principal
Carrera 49 7 Sur 50, avenida Las Vegas
Medellin-Colombia
Tel fonos: (57) (4) 2619500-4489500
Apartado A. rec: 3300 | Fax: 2664284
Nit: 890.901.389-5

EAFIT Llanogrande
Kilómetro 3.5 vía Don Diego
Rionegro-Colombia
Tel fonos: (57) (4) 2619500 extensiones: 9562-9188
Tel fono directo: (57) (4) 2619562
Apartado A. rec: 725 | Fax: 5621866

EAFIT Bogot
Carrera 16 93-46
Bogotá-Colombia
Tel fonos: (57) (1) 6114618
Apartado A. rec: 1100 | Fax: 6230126

EAFIT Pereira
Carrera 19 12-70,
Edificio Megacentro, Pinares de San Martín
Pereira-Colombia
Tel fonos: (57) (6) 3243242-3243213
Fax: 3316175

www.eafit.edu.co

UNIVERSIDAD EAFIT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Localización: PROYECTO DE GRADO -NICOLÁS FERNÁNDEZ -ANTONIO GONZALEZ
 Descripción de la muestra: ESTIBAS DE CARTON
 Temperatura ambiente (°C): 24.0 Humedad relativa ambiente (%): 68

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Muestra N°	Fecha Ensayo	DIMENSIONES (mm)			ÁREAS PROMEDIO (mm ²)		Carga (kN)	RESISTENCIA (MPa)		
		D / M / A	Largo	Ancho	Alto	Bruta		Neta	Bruta	Deformación
1	24-03-2011		376.0	125.0	128.0	47000.0	---	46.8	1.00	45.0
2	24-03-2011		380.0	126.0	130.0	47880.0	---	43.0	0.90	44.0
3	24-03-2011		376.0	127.0	129.0	47752.0	---	40.7	0.85	46.0
4	24-03-2011		380.0	126.0	129.0	47880.0	---	50.9	1.06	43.0
RESISTENCIA PROMEDIO (MPa)									0.95	

Nota: Carga para una deformación de 10mm: M#1- 7,7kN; M#2- 3,7kN; M#3- 6,3kN; M#4- 7,4kN

Los resultados contenidos en este informe son confidenciales y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones de los materiales ensayados

Equipo	N° Inventario	Fecha de verificación y/o calibración
Prensa Hidráulica ELE	8120103	2010-02-24
Piederey	CSP#5	2010-08-04

Ejecutó: Orlando Espinosa Calculó: Orlando Espinosa Revisó: Vladimir Rodríguez



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

Obra: **PROYECTO DE GRADO -NICOLÁS FERNÁNDEZ -ANTONIO GONZÁLEZ**

Fecha: **2011-03-29**

Viga N°	Localización	Fecha de toma	Edad Días	Fecha de ensayo	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Longitud de la luz (mm)	Carga (N)	Modulo de rotura (MPa)	Medio de curado
5	ESTIBAS DE PAPEL DE 37X13X13cm	2011-03-24	---	2011-03-24	125.0	129.00	235.0	3280	0.6	Aire
6	ESTIBAS DE PAPEL DE 37X13X13cm	2011-03-24	---	2011-03-24	126.0	129.00	230.0	4445	0.7	Aire
7	ESTIBAS DE PAPEL DE 37X13X13cm	2011-03-24	---	2011-03-24	127.0	127.00	240.0	3991	0.7	Aire

Los resultados contenidos en este informe son confidenciales y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones de los materiales ensayados.