

**MODELO PARA LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA
ESBELTA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ALGODOSAN S.A.**

WILLIAM JOSÉ SARMIENTO VARGAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2016

**MODELO PARA LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA
ESBELTA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ALGODOSAN S.A.**

WILLIAM JOSÉ SARMIENTO VARGAS

**Trabajo de Grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

Director

ISNARDO GONZALEZ JAIMES

Ingeniero mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

A Ella, a ella, a ellas y a él, que siempre estuvieron cuando más los necesité y que sin su ayuda esto no sería posible.

A mi director de proyecto por su comprensión y ayuda.

A mis amigos por su apoyo y compañía.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. EL PROBLEMA DE PRODUCCIÓN EN ALGODOSAN S.A	16
1.1. LA EMPRESA ALGODOSAN S.A.....	16
1.2. PROBLEMAS EN LA PRODUCCIÓN DE COLCHONES DE ALGODOSAN S.A.....	22
1.3. OBJETIVOS.....	24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	24
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
1.4. JUSTIFICACION	25
2. MANUFACTURA ESBELTA.	27
2.1. FILOSOFÍA 5'S.	30
2.2 POKA YOKE	35
2.3. CONTROL DE INVENTARIO.....	42
2.3.1. Modelo de cantidad económica a producir.....	43
2.3.2. Modelo de cantidad económica a ordenar (EOQ).....	43
2.3.3. Modelo de descuentos por cantidad	44
2.4. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE EQUIPOS Y PUESTOS DE TRABAJO	45
2.5. MANTENIMIENTO AUTONOMO	49
3. ANALISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO ACTUAL	53
3.1. ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS RECURSOS ACTUALES.....	53
3.1.1. Instalaciones.	53
3.1.2. Maquinarias y equipos.....	55
3.1.3. Recursos humanos.	56

3.2. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA MANUFACTURA ESBELTA.....	57
3.2.1. Aplicación de las 5's	57
4. PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5'S OPERATIVAS	61
4.1. APLICACIÓN SEIRI.....	61
4.2. APLICACIÓN SEITON	61
4.3. APLICACIÓN SEISO.....	64
4.4. APLICACIÓN DE LAS 5'S OPERATIVAS	65
4.4.1. Aplicación de las 5's operativas en el área de espumado.....	65
4.4.2. Aplicación de las 5's operativas en el área de corte y pegado de cassata.....	68
4.4.3. Aplicación de las 5's operativas en el área de producción de cassata.....	70
5. APLICACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO EOQ	73
5.2. APLICACIÓN DEL MODELO DE PUNTO DE ORDEN	77
6. APLICACIÓN POKA YOKE	82
6.1. FALLOS EN LA MANUFACTURA.....	82
6.2 . POKA YOKE PARA HILOS SUELTOS EN EL ACOLCHADO	83
6.1. POKA YOKE PARA EL COSIDO DE LOS RIBETES	85
6.2. POKA YOKE PARA LOS FALLOS AL MEDIR LOS QUÍMICOS	86
7. MANTENIMIENTO AUTONOMO.....	88
7.1. SIETE PASOS PARA LAS MÁQUINAS DE COSER	88
7.1.1. Limpieza inicial.....	89
7.1.2. Proponer medidas y señalar las causas y efectos de la basura y el polvo.....	89
7.1.3. Estándares de limpieza y lubricación	89
7.1.4. Inspección general	90
7.1.5. Inspección autónoma.....	90
7.1.6. Organización y ordenamiento.....	90

7.1.7. Término de implantación	90
7.2. SIETE PASOS PARA EL CARRUSEL DE CORTE	92
7.2.1. Limpieza inicial.....	92
7.2.2. Proponer medidas y señalar las causas y efectos de la basura y el polvo.....	93
7.2.3. Estándares de limpieza y lubricación	93
7.2.4. Inspección general	93
7.2.5. Inspección autónoma.....	93
7.2.6. Organización y ordenamiento.....	94
7.2.7. Término de implantación	94
7.3. SIETE PASOS PARA LA PRENSA DE CASSATA.....	96
7.3.1. Limpieza inicial.....	96
7.3.2. Proponer medidas y señalar las causas y efectos de la basura y el polvo.....	97
7.3.3. Estándares de limpieza y lubricación	97
7.3.4. Inspección general	97
7.3.5. Inspección autónoma.....	98
7.3.6. Organización y ordenamiento.....	98
7.3.7. Término de implantación	98
8. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	100
8.1. MODELO DE BUFFA.....	100
8.1.1. Paso 1. Flujo de material.....	100
8.1.2. Paso 2. Relación entre actividades	101
8.1.3. Paso 3. Ubicación de las estaciones.....	101
8.2. MODELO MUTHER.....	103
8.2.1. Paso 1. Análisis de relaciones entre actividades	103
8.2.2. Paso 2. Relación de actividades	104

9. ANALISIS COSTO BENEFICIO	106
9.1. PRESUPUESTO DE INVERSIONES	106
9.1.1. Niveles de inventario.....	106
9.1.2. Programa de mantenimiento autónomo	106
9.1.3. Rediseño de layout	107
9.1.4. Implementación de las 5's operativas	107
9.1.5. Implementación Poka Yoke	108
9.2. ESTADO DE COSTOS	108
9.2.1. Niveles de inventario.....	108
9.2.2. Programa de mantenimiento autónomo	110
9.2.3. Rediseño layout.....	111
9.2.4. Implementación 5's y Poka Yoke.....	111
9.2.4.1. Mal cosido del acolchado.....	113
9.2.4.2. Bocado en el ribete	114
9.3. EVALUACION MEDIANTE CRITERIOS ECONOMICOS	116
9.3.1. Valor presente neto.....	116
10. CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	120
ANEXOS	122

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Equipos de la empresa	55
Tabla 2. Operarios y área a la que pertenecen	56
Tabla 3. Análisis de criticidad para las 5's	57
Tabla 4. Análisis de criticidad para la implantación de las eses operativas	58
Tabla 5. Análisis de criticidad para la implantación de sistemas poka yoke.	58
Tabla 6. Análisis de criticidad para la implantación de control de inventario.....	59
Tabla 7. Análisis de criticidad para determinar el tipo de layout.....	60
Tabla 8. Análisis de criticidad para implementar el mantenimiento autónomo	60
Tabla 9. Clasificación de elementos en espumado	66
Tabla 10. Producción anual de las referencias Relax sueño y Astral.....	73
Tabla 11. Tiempos de cambio de orden, en minutos	74
Tabla 12. Tiempos de producción por bloque.	75
Tabla 13. Relación de tiempos con producto sin producir.....	75
Tabla 14. Cantidad de colchones por bloque	76
Tabla 15. Colchones dejados de fabricar por bloque no producido.....	76
Tabla 16. Precio de venta de cada referencia.....	76
Tabla 17. Calculo del valor S	77
Tabla 18. Cálculo de valor óptimo de inventario.	77
Tabla 19. Inventario de seguridad para cada referencia	78
Tabla 20. Estimación de costos de reubicación	107
Tabla 21. Costes de implementación de las 5s.....	108
Tabla 22. Costos Poka Yoke	108
Tabla 23. Información cálculos inventario	109
Tabla 24. Costos de mantener inventario	109
Tabla 25. Calculo de perdidas por mantenimiento	110
Tabla 26. Porcentaje de fallas en los colchones.....	112
Tabla 27. Tiempos de ejecución y de corrección de fallas.....	113
Tabla 28. Tiempos de ejecución y de corrección de fallas. (Bocado en ribete).....	114
Tabla 29. Relación bloque de cassata/bloque de espuma.....	115
Tabla 30. Inversión y beneficio de aplicación de modelos	116
Tabla 31. Crecimiento 5 años después de implementados los modelos	117

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Vista lateral de un colchón con relleno de cassata.....	17
Figura 2. Diagrama de procesos para la fabricación de un colchón.....	18
Figura 3. Reactor de espuma.....	19
Figura 4. Rectificadora de bloques.....	20
Figura 5. Tapa del molde de bloques de espuma.....	20
Figura 6. Acolchadora.....	21
Figura 7. Bloques de espuma ya extruidos en inventario.....	23
Figura 8. Bloques en inventario.....	23
Figura 9. Desperfecto en la espuma.....	24
Figura 10. Casa de la manufactura esbelta.....	29
Figura 11. Las 5's.....	30
Figura 12. Infografía 5's.....	31
Figura 13. Ejemplo de Seiton en herramientas.....	33
Figura 14. Infografía POKA YOKE.....	36
Figura 15. Ejemplo Poka Yoke de advertencia.....	39
Figura 16. Ejemplo Poka Yoke con función de detección.....	39
Figura 17. Ejemplo Poka Yoke por método de contacto.....	40
Figura 18. Poka Yoke que sólo permite un modo de conexión.....	41
Figura 19. Cambio en el nivel de inventario en el tiempo con llegada durante el periodo.....	43
Figura 20. Uso del inventario en el tiempo.....	44
Figura 21. Distribución en planta por proceso.....	48
Figura 22. Distribución en serie.....	49
Figura 23. Casa del TPM.....	50
Figura 24. Distribución de planta actual.....	53
Figura 25. Modelo de la planta de producción actual.....	54
Figura 26. Área de corte y pegado de cassata.....	62
Figura 27. Organización de área de pegado y corte de cassata.....	63
Figura 28. Picadora de espuma.....	64
Figura 29. Aplicación Seiton en espumado.....	66
Figura 30. Aplicación Seiso en espumado.....	67
Figura 31. Aplicación Seiri para corte y pegado de cassata.....	68
Figura 32. Aplicación Seiton para corte y pegado de cassata.....	69
Figura 33. Aplicación Seiso para corte y pegado de cassata.....	69
Figura 34. Aplicación Seiri en producción y pegado de cassata.....	70
Figura 35. Aplicación Seiton en producción y pegado de cassata.....	71
Figura 36. Aplicación Seiso para corte y pegado de cassata.....	72

Figura 37. Gráfica de punto de orden referencia Astral 100x18.....	78
Figura 38. Gráfica de punto de orden referencia Astral 120x18.....	79
Figura 39. Gráfica de punto de orden referencia Astral 140x18.....	79
Figura 40. Gráfica de punto de orden referencia Astral 140x25.....	80
Figura 41. Gráfica de punto de orden referencia Relax sueño 100x15.....	80
Figura 42. Gráfica de punto de orden referencia Relax sueño 100x17.....	81
Figura 43. Gráfica de punto de orden referencia Relax sueño 140x17.....	81
Figura 44. Hilo suelto del colchón.....	82
Figura 45. Diseño conceptual Poka Yoke acolchado.....	84
Figura 46. Poka Yoke Acolchadora.....	84
Figura 47. Modelo 3D del sistema Poka Yoke	85
Figura 48. Modelo Poka Yoke para ribetes.....	86
Figura 49. Probeta con marcas de colores.	87
Figura 50. Máquina de coser.....	88
Figura 51. LUP Máquina de coser.....	91
Figura 52. Carrusel de corte.....	92
Figura 53. LUP Carrusel de corte.....	95
Figura 54. Prensa de cassata	96
Figura 55. LUP cassata.....	99
Figura 56. Producción diaria de colchones.....	100
Figura 57. Relación entre actividades de Buffa.....	101
Figura 58. Planos de layout modificado según BUFFA, en metros.	102
Figura 59. Modelos en 3D de la propuesta de Buffa	102
Figura 60. Guía para aplicación de importancia de Muther.....	103
Figura 61. Relación entre actividades de Muther.....	104
Figura 62. Relación de líneas de importancia de Muther	105
Figura 63. Ahorro en los costos de mantener inventario.	110
Figura 64. Casa de la manufactura esbelta	123
Figura 65. Casa TPM.....	124
Figura 66. Portada de layout aplicación a un despacho de administración de fincas.....	129
Figura 67. Portada manual para la implementación sostenible de las 5's.....	130
Figura 68. Portada implementación del mantenimiento autónomo para la cervecería BAVARIA en el área de servicios industriales.....	131
Figura 69. Portada de Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación.....	132
Figura 70. Portada Administración de la producción	133
Figura 71. Portada de how to implement lean manufacturing.....	134

RESUMEN

TITULO: MODELO PARA LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ALGODOSAN S.A.*

AUTOR: WILLIAM JOSÉ SARMIENTO VARGAS**

PALABRAS CLAVE: MANUFACTURA ESBELTA, LAYOUT, CINCO ESSES, MANTENIMIENTO AUTONOMO, INVENTARIO.

DESCRIPCIÓN:

La empresa ALGODOSAN S.A. localizada en el área metropolitana de Bucaramanga la cual se especializa en producir y distribuir productos manufacturados a base de espuma como lo son, colchones, colchonetas y almohadas, brindando servicios personalizados al cliente con necesidades de confort.

La empresa cumple con todas las normas relacionadas con la fabricación de colchones, cumpliendo estándares de calidad y de acuerdo a la necesidad actual de la industria. ALGODOSAN S.A. se encuentra en la necesidad de aumentar y mejorar su proceso productivo para así poderse mantener como un líder del sector colchonero en Bucaramanga. Es necesario analizar el proceso manufacturero para hallar errores en la manufactura y oportunidades de mejora.

Con la elaboración de este trabajo de investigación se busca brindar soluciones a los problemas de manufactura de la empresa enfocados al mejoramiento de la calidad, reducción de inventario y puesta a punto de los equipos y se logre incrementar el margen de ganancia, para esto se aplican las filosofías que abarca la manufactura esbelta, al cual se adapta a las necesidades de la empresa. Además de conformar una base teórica para futuros estudios acerca de la manufactura esbelta

Por último se hace un análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad de la implementación de las sugerencias propuestas.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Isnardo Gonzalez Jaimes.

ABSTRACT

TITLE: APLICATION MODEL OF THE LEAN MANUFACTURING TOOLS IN THE PRODUCTION SYSTEM OF ALGODOSAN S.A..*

AUTHOR: WILLIAM JOSÉ SARMIENTO VARGAS**

KEYWORDS: LEAN MANUFACTURING, LAYOUT, FIVE S, AUTONOMOUS MAINTENANCE, INVENTORY.

DESCRIPTION:

The company ALGODOSAN S.A. located in the metropolitan area of Bucaramanga department of Santander, which specializes in producing and distributing manufactured based products such as foam mattresses, mattresses and pillows, providing personalized customer service with comfort needs.

The company accomplish with all rules relating to the manufacture of mattresses, meeting quality standards and according to the current need of the industry. ALGODOSAN S.A. is the need to increase and improve their production process so as to maintain itself as a leader in the mattress industry in Bucaramanga. Is necessary to analyze the manufacturing process for finding errors in manufacturing and opportunities for improvement.

The development of this research seeks to provide solutions to manufacturing problems of the company like improvement of product quality , low inventory levels, and well set-up machinery practice besides to increase the profit margin, to accomplish this, it's being applied the lean manufacturing philosophies, which adapts to the business needs. Besides create a theoretical base for future researches about lean manufacturing and its application on industrial solutions.

By last a cost benefit analysis is made to find the viability of the implementation of the ideas suggest and determinate its efficiency related to solve the company problems.

* Degree work.

** Faculty of Physics and Mechanics, School of Mechanical Engineering, Engineering, Isnardo Gonzalez Jaimes.

INTRODUCCIÓN

Actualmente dos factores importantes han afectado la dinámica de producción de la industria colchonera en Colombia, la disposición a adquirir productos nuevos y la preocupación por el bienestar e higiene de los miembros del núcleo familiar, esto ha llevado a producir un consumidor más inteligente y más consciente de los productos que adquiere. Es por esto que la demanda de colchones en Colombia ha aumentado a lo largo de los años, así mismo la necesidad de mantener altos estándares de calidad en el proceso de fabricación.

Este trabajo está enfocado en analizar el sistema de producción de colchones en ALGODOSAN S.A., para que, por medio de las herramientas brindadas por la ingeniería mecánica, pueda aumentarse la capacidad de la producción y mejorar el proceso de manufactura. Esto se buscará por medio del desarrollo de propuestas que estén orientadas a disminuir los tiempos de fabricación de los productos y el aumento de la calidad, todo organizado de tal forma que pueda ser aplicado fácilmente por la empresa y sea un opción viable para su implementación adaptándose a las necesidades cambiantes de la industria; a su vez se busca que todas las propuestas presentadas en éste proyecto estén en concordancia con las políticas y normas de la empresa y no presenten un conflicto con su misión y visión institucional.

Con este proyecto se busca que ALGODOSAN S.A. se convierta en un líder en su sector, para que utilizando las medidas y recomendaciones consignadas en este documento pueda reducir tanto costes como tiempos de producción, aumente su productividad y pueda realizar una planeación de su manufactura no basándose en procedimientos empíricos, sino, utilizando datos, enfoques y resultados basados en los procesos ingenieriles que aseguran su buen desempeño.

1. EL PROBLEMA DE PRODUCCIÓN EN ALGODOSAN S.A

1.1. LA EMPRESA ALGODOSAN S.A.

ALGODOSAN S.A. es una empresa que se ubica en el Km. 4 N°40-90 Bodega 13 vía Bucaramanga, que se especializa en producir productos para el confort relacionados con espuma, tales como colchones, colchonetas, almohadas y pillow tops. En la línea de colchones se encuentran productos tales como colchones semi ortopédicos en espuma naranja y rosada, colchones ortopédicos y/o semi-ortopédico para hospitales y hoteles en telas impermeables en cassata y/o densidad 30, colchón ortopédicos y súper ortopédico Astral en cassata densidad 120 y 130. En la línea de almohadas se encuentra la almohada cervical Relax Sueños, la almohada en fibra hueca siliconada con medidas 70x50 cm con doble forro 100% algodón y con cierre y la almohada en espuma visco-elástica de alto confort hecha en fibra de banana que mantiene una temperatura 2°C por debajo de la temperatura ambiente; además de estos productos insignias de ALGODOSAN S.A. también produce el pillow top, Romántico Spa y Euro Spa, hecho en cassata ortopédica, densidad 35, tela yackard, triple acolchado y cubiertas en látex; además ALGODOSAN S.A. produce colchonetas corrientes en espuma amarilla, colchonetas especiales en espuma naranja o rosada, láminas de cassata en densidades y medidas personalizadas (Figura 1) y productos varios utilitarios como colchonetas para camping, cojines triangulares para televisión, colchonetas para gimnasia y espuma picada y retal.

Para poder conocer a fondo la problemática en ALGODOSAN S.A. es importante poner en contexto a la empresa con la realidad nacional, respecto a esto santander al pasar los años, ha venido consolidándose como un departamento de gran crecimiento económico, en especial en el sector manufacturero (crecimiento de manufactura 24,3% en comparación al nacional de 11,2%) esto se convierte en un gran atractivo para que la población, tanto propia del departamento como de otras regiones, lo consideren una zona muy llamativa para establecerse, este

crecimiento demográfico (0,53% anual) presenta una gran oportunidad y un gran reto para las industrias que brindan servicios relacionados con el confort y la calidad de vida del ser humano; por lo tanto ALGODOSAN S.A. viendo el potencial del mercado, ha sacado provecho de la situación brindando un servicio de calidad

Figura 1. Vista lateral de un colchón con relleno de cassata.



a los que adquieren sus productos; luego de haberse consolidado como un líder en el mercado y observando las posibilidades que ofrece la industria, ha decidido plantearse el proyecto de aumentar su producción para no solo abarcar aun más el nicho económico departamental y regional, sino para consolidarse a nivel nacional como un líder en su campo, aunque satisfacer la demanda es uno de los factores mas importantes para esta compañía.

Para determinar las situaciones a las cuales prestar atención se hace necesario hacer un análisis al proceso de producción, el cual se muestra en la figura 2.

- Mezclado: Consiste en medir y mezclar en el reactor (Figura 3) los componentes líquidos (poliol, agua con amina, etc.) que se utilizarán para producir la mezcla de la que saldrá el cubo de espuma.

Figura 2. Diagrama de procesos para la fabricación de un colchón.



- Vertimiento: Es la acción de verter la mezcla en el molde.
- Expansión: En este paso se baja la tapa del molde de manera que alcance las medidas necesarias para el cubo y se permite que la mezcla se expanda hasta completar la forma requerida, controlar el volumen con la tapa (Figura 3) permite que se logre mantener constante la densidad del producto.
- Extracción: Con el bloque ya conformado se pasa a extraerlo del molde y ubicarlo en la zona de almacenamiento para que esté a disposición del siguiente proceso.
- Rectificado: Después de que el bloque sale del molde normalmente quedan rebabas en los bordes, por lo tanto es necesario eliminar dichas

imperfecciones mediante el corte de una pequeña sección del borde del cubo o rectificado, para hacer esto se ubica el bloque en la máquina especializada (figura 4) para dicha acción y ajustando las medidas necesarias se corta la sección requerida, a medida que se eliminan las rebabas de un lado se gira el bloque de manera manual para así ejecutar la misma acción en todas las caras.

Figura 3. Reactor de espuma.



- Corte de láminas: Después de que el cubo está en condiciones de trabajo (rectificado) se coloca en la llamada máquina carrusel, que consiste en una banda de forma circular que va girando alrededor de un eje, en una de las secciones de dicho círculo se encuentra una sierra; cuando se coloca el bloque sobre la banda esta gira hasta llegar a la sierra donde se produce un corte limpio de la espuma, la sierra es verticalmente móvil, y su altura puede ser modificada tanto manual como automática. Cada vez que se produce un corte

la sierra se mueve hacia arriba una distancia predeterminada para realizar un nuevo corte.

Figura 4. Rectificadora de bloques.

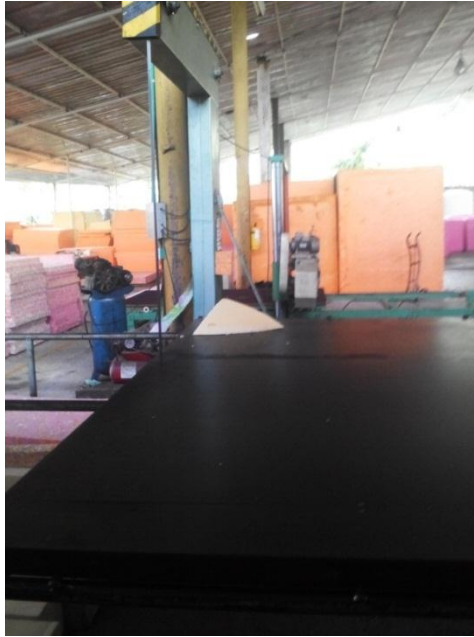


Figura 5. Tapa del molde de bloques de espuma.



- Acolchado y corte de tapas: Se denomina tapas a las secciones de tela acolchada con las que se cubre la superficie del colchón. Están divididas en las tapas superior e inferior y en los bordes del colchón. Este elemento tiene un proceso de manufactura aparte, dónde un rollo de espuma se lamina y se cose junto a la tela para acolcharla. (Figura 6)
- Alistamiento: En ésta sección del proceso se ajustan las tapas y los bordes con agujas para facilitar el proceso de cosido.
- Cosido: Se cierran los colchones por medio del cosido de los ribetes, en dónde se unen las tapas con las secciones laterales por medio de un listón de tela que asegura que éstas se mantengan en su posición. Éste proceso se realiza en cualquiera de las cuatro máquinas de coser disponibles.
- Marcado: Al momento de coser los colchones para cerrarlos se coloca la etiqueta que distingue la marca de la empresa en una de las esquinas para asegurarla en el cerrado.
- Embalaje: Después de que el colchón está terminado el proceso final es el embalaje, para esto el producto se forra en plástico estampillado y con planchas especiales se cierran en su empaque.

Figura 6. Acolchadora.



1.2.PROBLEMAS EN LA PRODUCCIÓN DE COLCHONES DE ALGODOSAN S.A.

ALGODOSAN S.A. después de diversos análisis a su producción ha determinado que se hace indispensable buscar solución a una serie de situaciones específicas que podrían colaborar en el mejoramiento del desempeño de la empresa. En primer lugar se ha detectado un acumulamiento de inventario en la sección de bloques recién conformados (Figura 7 y 8), lo que no solo representa un problema enfocado a los inconvenientes de tener material manufacturado sin ser puesto en circulación sino que además la espuma, por ser un material muy inflamable, se convierte en un riesgo para la seguridad de la empresa, así que se hace necesario determinar la cantidad de material optima para mantener en inventario, de manera que se pueda tener producto listo para la distribución sin que se produzca un acumulamiento del material. Así mismo sería de gran ayudar poder determinar una organización óptima de la distribución de la planta para que de esta manera el producto tenga que pasar la menor cantidad de tiempo en su etapa de elaboración y además poder organizar el material de forma más eficiente que permita eliminar almacenamientos innecesarios.

Otro factor detectado es el mantenimiento de los equipos y como influye su comportamiento en el desempeño de la línea, ya que se ha presentado la oportunidad de observar equipos que se encuentran fuera de funcionamiento por fallos menores y que los operarios no se encuentran involucrados a su manutención.

Por último se ha podido observar que en varias secciones de la planta se generan fallos en la calidad del producto por descuidos, desorganización de la unidad de trabajo e imperfecciones del proceso, por ejemplo la densidad de las espumas

Figura 7. Bloques de espuma ya extruidos en inventario.



tiene que ser controlada con demasiada rigurosidad debido a que la mezcla de los químicos puede resultar inestable por la manipulación del proceso por parte del operador o también se presentan imperfecciones en el producto final por agentes extraños a la mezcla (Figura 9) que se involucran en el proceso y generan efectos no deseados.

Figura 8. Bloques en inventario.



Figura 9. Desperfecto en la espuma



1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo para la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en el sistema de producción de ALGODOSAN S.A.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los valores óptimos de inventario aplicando el modelo EOQ, para la línea de productos de colchonería “ASTRAL” de las referencias 100x18, 120x18, 140x18 y 140x25 y “RELAX SUEÑOS” de las referencias 100x15, 100x17 y 140x17 de la empresa.
- Establecer un modelo de mantenimiento autónomo de las máquinas de coser, el carrusel de corte y la prensa, con sus respectivas actividades de limpieza y manutención.

- Proponer un layout en la zona de almacenamiento del material en proceso de fabricación (bloques extruidos) y de los colchones ya terminados. Teniendo en cuenta criterios de seguridad y movilidad
- Hacer un análisis de la propuesta a partir de la definición de la relación costo-beneficio a obtener bajo el enfoque de retorno a la inversión.
- Utilizar la información y metodologías obtenidas en el proyecto para obtener una bibliografía enfocada a un caso de estudio con metodologías de aplicación para incentivar el desarrollo del campo de la manufactura esbelta en la escuela de ingeniería mecánica.
- Desarrollar un plan para implementar la política operativa de las 5's en las estaciones de trabajo de la empresa.
- Desarrollar sistemas POKA YOKE para evitar fallas en el proceso de enhebrado de las agujas para coser, de cosido de las tapas de los colchones y de la mezcla de químicos.

1.4. JUSTIFICACION

ALGODOSAN S.A. al analizar la situación en la que se encuentra el departamento y su zona de influencia ha tomado la decisión de aumentar su producción y reducir los costes de producción; para tomar la iniciativa de ampliar su capacidad productiva se basaron en el creciente aumento de la demanda que se ha evidenciado en la sociedad de obtener productos que cumplan con unos requerimientos cada vez mas exigentes acerca de calidad y de disponibilidad en el mercado a precios asequibles, por lo tanto se ven en la necesidad de producir más, en un menor tiempo acudiendo a opciones innovadoras que aseguren la continuación de las políticas de calidad de la empresa. Lo que lleva a la segunda parte de los requerimientos encontrados, el de reducir los costes de producción, debido a que uno de los principales gastos a la hora de manufacturar un producto son sus materiales de fabricación, realizar un control estricto, enfocado a reducir

su desperdicio, es una opción sumamente importante a tener en cuenta a la hora de cumplir con las expectativas de los interesados, además de que reduciendo el stock, manejando un inventario de producto efectivo, ajustando a un nivel adecuado el producto manufacturado y reorganizando el proceso productivo se lograría evitar el acumulamiento innecesario y la extensión innecesaria del tiempo de manufactura.

Igualmente realizar un mantenimiento autónomo y disminuyendo los problemas causados por la variabilidad, inexactitud y desorganización de los diferentes procesos sería fundamental para proporcionar los estándares de calidad y servicio que esperan los usuarios de una empresa del nivel de ALGODOSAN S.A.

Por último es importante tener en cuenta que realizando la solución para el problema identificado, se abre una nueva oportunidad de estudio para los estudiantes de la escuela, ya que normalmente el lean manufacturing no es un tema de preferencia por el estudiantado de ingeniería mecánica, por su falta de profundización, por lo tanto desarrollar este proyecto sería una oportunidad muy valiosa para extender el alcance de trabajo de los futuros ingenieros mecánicos.

Adicionalmente la industria esta solicitando que los ingenieros mecánicos tengan aptitudes para desempeñarse en el área de lean manufacturing, por lo tanto se hace necesario aprovechar oportunidades como la que presenta este proyecto, para sentar un precedente e incentivar los estudios y la profundización en esta área.

2. MANUFACTURA ESBELTA.

Desde finales de 1990 y comienzos de los años 2000, se han generado cambios tanto tecnológicos como culturales en lo que a producción y consumo se refieren, los desarrollos científicos permiten crear grandes volúmenes de producción a costos mucho menores, mientras que la adopción por parte de la sociedad de una ideología de adquisición de productos nuevos a cada vez un menor lapso es evidente; por estos motivos las empresas manufactureras se han visto en la posición de poder afrontar la creciente demanda por medio de los avances tecnológicos disponibles. Pero poder producir mayor cantidad de productos a un menor precio no es suficiente para ser tomado en cuenta como un resultado satisfactorio, la calidad de los productos y la productividad de los procesos es fundamental para poder tener una operación exitosa y estos dos aspectos son derivados de la atención al detalle por parte de los ingenieros y gerentes encargados de controlar estos aspectos. La atención al detalle es llamada a colación debido a que, en las fábricas manufactureras especialmente, la producción en masa puede ocultar ciertos aspectos como lo son el orden, el aseo y el seguimiento de protocolos, que en caso de no ser tenidos en cuenta desencadenan problemas en la producción y en la calidad del producto final y que por ser tan sencillos son fácilmente opacadas por otros aspectos de la producción que pueden considerarse mas relevantes.

En base a todas estas preocupaciones los ingenieros han venido adoptando las filosofías del sistema de producción denominado manufactura esbelta, también conocido como *lean manufacturing*. La manufactura esbelta presenta una serie de ideas y procedimientos enfocados hacia la reducción de desperdicios. Es importante entender que la idea de desperdicio es diferente a la que comúnmente se entiende y para la manufactura esbelta esta definición es mucho más precisa y abarca los siguientes aspectos:

- Sobreproducción: Normalmente los jefes de producción buscan ir por delante de los requerimientos del cliente produciendo más de lo que se necesita, pero este tipo de acciones solo gastan dinero de manera innecesaria al producir producto que no está en orden para su salida.
- Inventario: Acumular piezas, material bruto o procesado, o en proceso solo generan un gasto al ocupar espacio y además el exceso de inventario sirve para ocultar problemas de calidad.
- Reparaciones: Tener que corregir los procesos ya efectuados también genera un exceso de gastos innecesarios, la idea es producir bien desde la primera vez.
- Movimientos: Tener que alcanzar cosas fuera del área de trabajo, las idas y venidas de las piezas, o que el proceso manufacturero no siga un flujo también representa un desperdicio, esta vez en el tiempo, haciendo más largos los procesos, lo que acarrea a un aumento en el tiempo de trabajo que también consiste en un desperdicio.
- Sobre-procesamiento: Asociado de cierta manera al punto anterior, especifica que se genera desperdicio al tener que trabajar una pieza más de lo necesario, con movimientos innecesarios o con un exceso de trabajo.
- Espera: Cuellos de botella o acumulamientos representan líneas desbalanceadas y un desperdicio de tiempo para poder mantener el producto en movimiento.
- Transporte: Mover las piezas en la planta es algo normal, pero es importante tener en cuenta que esto no le agrega valor al producto, por lo tanto estos movimientos deben intentar reducirse al mínimo.¹

Con la idea de implementar la manufactura esbelta se busca atacar esta serie de desperdicios de manera que se puedan erradicar o en el peor de los casos ser reducidos al mínimo.

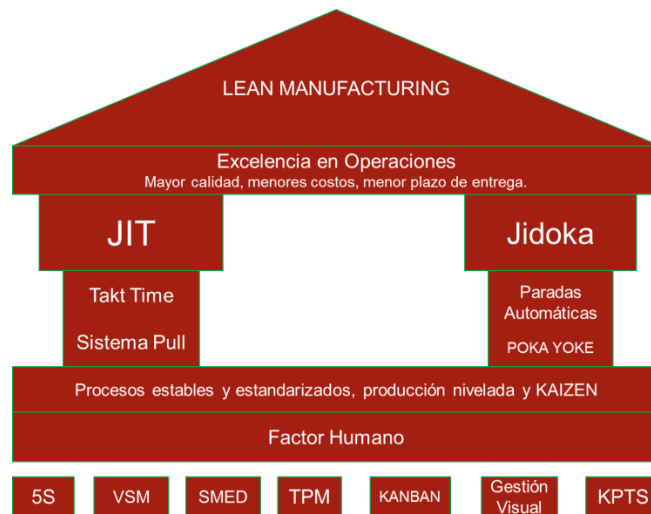
¹ Los 7 desperdicios de la manufactura esbelta [consultado diciembre 28 de 2015] Disponible en <<http://manufacturaesbelta.blog.com/2010/11/15/los-7-desperdicios-en-la-manufactura-esbelta-2/>>

Para apoyar las metodologías que pretenden acabar con los desperdicios el modelo de *LEAN MANUFACTURING* presenta una serie de principios que permiten entender y aplicar mejor su metodología

1. Controlar las operaciones *in situ*.
2. Formar líderes que conozcan y compartan la filosofía.
3. Interiorizar la idea de parar la línea.
4. Crear cultura de mejoramiento continuo.
5. Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
6. Promover equipos y personas multidisciplinares.
7. Descentralizar la toma de decisiones.
8. Integrar funciones y sistemas de información.²

Después de vistas las ideas que componen el lean es bueno conocer sus metodologías:

Figura 10. Casa de la manufactura esbelta



² HERNANDEZ MATIAS, JUAN CARLOS y VIZAN IDOLPE, ANTONIO. Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2013. 2000 p.

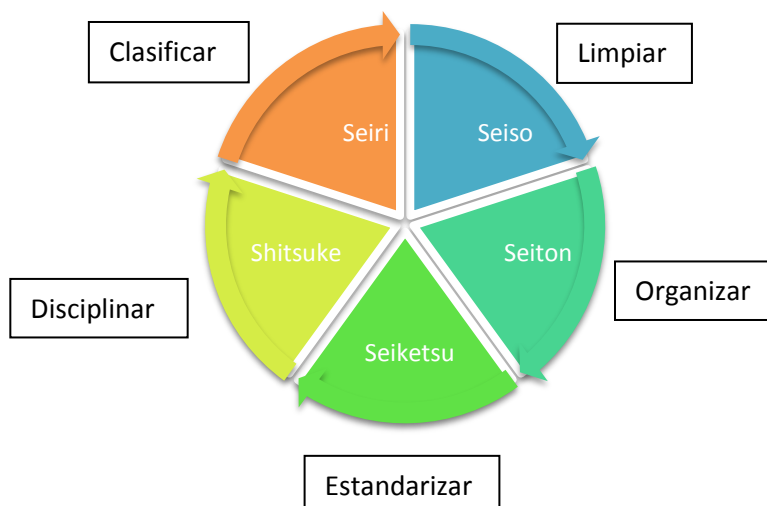
Como se puede ver la manufactura esbelta es una especie de casa en dónde las bases son la gestión más básica, factores de evaluación, organización del puesto de trabajo, mantenimiento de los equipos y organización de la producción.

Por la forma de adoptar la filosofía es importante empezar por las bases por lo tanto la temática se abordará de la siguiente manera: 5's, TPM, producción nivelada (inventarios EOQ), POKA YOKE y organización de la producción.

2.1. FILOSOFÍA 5'S.

El origen de este método se produce en Japón, mas específicamente en Toyota en los años 60, donde el ingeniero Shigeo Shingo, con el objetivo de lograr lugares de trabajo más organizados y limpios de forma permanente, genera una serie de ideologías agrupadas bajo el titulo de 5's (debido a que cada una empieza con una "S" como todos los principios de acción en el idioma japonés) y que comprende las acciones de *seiri*, *seiso*, *seiton*, *seiketsu* y *shitsuke*, diseñadas para aumentar la productividad y mejorar el entorno laboral. Las 5S han tenido una amplia difusión y en un principio se aplicaron al montaje de automóviles pero ahora son numerosas las organizaciones de diversa índole que las utilizan, tales como, empresas industriales, empresas de servicios, hospitales, centros educativos o asociaciones.

Figura 11. Las 5's



Estos principios una vez aplicados al ambiente de trabajo, generan transformaciones físicas que impactan positivamente la productividad de las operaciones que se ejecutan del mismo.

Las 5's vienen en conjunto con las siguientes definiciones:

- **SEIRI (CLASIFICACION Y DESCARTE)** *"Ten sólo lo necesario, en la cantidad correcta"*:

Significa separar elementos innecesarios de los que son necesarios. Descarte lo que no necesita y lo que necesita manténgalo en el lugar conveniente en la cantidad necesaria. Descartando los elementos inútiles se puede concentrarse en las cosas realmente útiles de la estación de trabajo.

Entre las ventajas de clasificar y descartar los elementos innecesarios se encuentran:

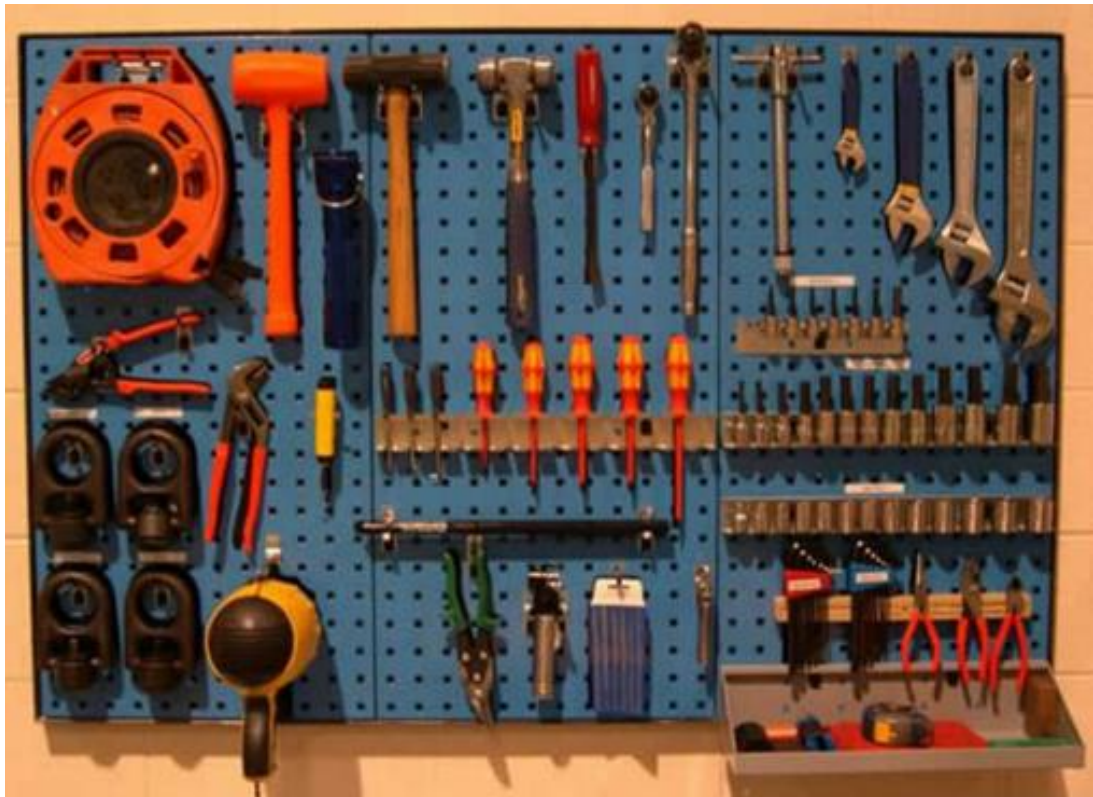
1. Reducción de necesidad de espacio, stock, almacenamiento, transporte y seguros.
2. Evita la compra de materiales no necesarios y su deterioro.
3. Aumenta la productividad de las maquinas y personas implicadas.
4. Provoca un mayor sentido de la clasificación y la economía, menor cansancio físico y mayor facilidad de operación.
5. Mayor cuidado en la clasificación de desperdicios que contribuye al cuidado del medio ambiente.

- **SEITON (ORGANIZAR)** *"Un sitio para cada cosa, y cada cosa en su sitio"*:

La organización va ligada directamente a la eficacia, es una cuestión de cuan rápido uno puede conseguir lo que necesita, y cuan rápido puede devolverla a su

sitio de nuevo, para esto es necesario decidir cuidadosamente donde ubicar los implementos a utilizar ya que colocarlos arbitrariamente no hace que el acceso a ellos sea realmente más rápido, para esto debe considerarse quienes usan dichos implementos y que tan seguido lo hacen para así poder cubrir todas la necesidades.

Figura 13. Ejemplo de Seiton en herramientas



Fuente: www.paritarios.cl

Las ventajas de aplicar métodos y políticas de organización son:

1. Menor necesidad de controles de stock y producción.
2. Facilita el control de la producción y la ejecución de labores en el tiempo previsto.

3. Menor tiempo ubicando elementos que hacen falta para ejecutar las labores.
4. Aumento de la productividad.
5. Mayor retorno de capital.

- **SEISO (LIMPIAR)** *"Los trabajadores se merecen el mejor ambiente y entorno":*

La limpieza debe ser responsabilidad de todos los miembros de la empresa, desde el gerente hasta el empleado de bajo nivel, es importante por tanto que cada miembro del personal tenga asignada un área de trabajo para que se haga responsable de ella y la mantenga limpia permanentemente.

Un ambiente limpio proporciona calidad, seguridad y además:

1. Mayor productividad de máquinas y personal evitando los re-trabajos.
2. Evita pérdidas y daños tanto en material, productos y equipos.
3. Es fundamental para la imagen interna y externa de la empresa.
4. Sube la moral y el compromiso de los operarios con la empresa y su labor.

- **SEIKETSU (ESTANDARIZAR O MANTENER)** *"Seguir un patrón permite mantener las mejoras":*

Estandarizar la aplicación de las (3 S) anteriores, de tal manera que la aplicación de éstas se convierta en una rutina o acto reflejo.

Aplicar estándares de los procesos implica:

1. Facilitar la seguridad y desempeño de los trabajadores.
2. Evitar daños de salud del trabajador y consumidor.

- **SHITSUKE (DISCIPLINAR)** *"Orden, rutina y perfeccionamiento constantes":*

La disciplina no consiste en una supervisión externa constante sino que los buenos hábitos surjan de manera personal. Mediante el entrenamiento y la formación para todos (¿qué queremos hacer?), y la puesta en práctica de estos conceptos (¡vamos a hacerlo!), es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.

Las 5's pueden clasificarse de dos maneras, las operativas* y las administrativas**, mientras las operativas son directamente las que generan los cambios en la estación de trabajo, las administrativas se encargan de mantener y estandarizar dichos cambios. Las dos eses administrativas son responsabilidad de la gerencia debido a que requieren un cambio en la mentalidad y dinámica de trabajo de la empresa, mientras las s operativas son medidas físicas que se implementan permanecen en la estación.

Antes de iniciar la dinámica de transformaciones que genera la técnica de las 5's se ejecutaran las siguientes acciones:

1. Tomar fotos de los lugares donde se perciben las oportunidades de mejora.
2. Determinar un ángulo fijo para la toma de las fotografías de manera que cuando acabe el proceso se pueda tomar la fotografía exactamente del mismo lugar y se puedan notar claramente las mejorías.
3. Fechar cada foto.
4. Ubicar las fotografías en un lugar visible.

2.2 POKA YOKE

Es una herramienta que al igual que las 5's proviene del Japón, y su traducción literal significa “a prueba de errores” y fue implementado por el ingeniero **Shiego**

* SEIRI, SEITON y SEISO

** SEIKETSU y SHITSUKE

Shingo en los años 60 en lo que se conoce como sistema de producción Toyota (TPS). Esta metodología busca diseñar los procesos de manera que se eviten la mayor cantidad de errores producidos tanto por motivos humanos como por desperfectos de equipos de la manera mas automática posible, cubriendo no sólo desperfectos por descuidos sino hasta el mismo sabotaje deliberado por parte del operador, esto demuestra la potente ayuda de los sistemas poka yoke brindan a la manufactura. Además de prevenir que ocurran fallos, estos sistemas se pueden utilizar para dar señales de alarma en caso de que estos ya se hayan producido.³

Figura 14. Infografía POKA YOKE



El principal objetivo de los sistemas poka yoke es lograr “cero defectos”. De hecho es uno de los componentes del sistema Cero Control de Calidad (ZQC) del

³ Definición Poka Yoke[consultado diciembre 30 de 2015] Disponible en <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5484/Capitulo4.pdf> >

ingeniero Shingo, cuya meta es, como el nombre lo dice, eliminar los defectos a tal punto que no se necesite control de calidad, y su ideología mas revolucionaria es que las operaciones no se lleven acabo rigiéndose por un manual sino que los operarios busquen medidas que faciliten su trabajo.

Shiego Shingo afirmaba que los errores en la producción se debían al error humano, por lo tanto implementó los sistemas y metodologías poka yoke para evitar esto, por ejemplo en el caso de que un operario debiese ensamblar dos pulsadores, ubicando un muelle debajo de ellos, se hizo que el trabajador tomara dos muelles antes de realizar el montaje y los ubicara en una bandeja, de esta manera con solo una mirada al recipiente podría notar si se encontraba un muelle extra y por lo tanto un pulsador no contaba con este elemento, lo que sería imposible de hacer si se quisiera comprobar mirando la caja llena de muelles.

Pero los sistemas poka yoke no se limitan únicamente a los ambientes de montaje o producción industriales, por su versatilidad pueden adaptarse a cualquier otro ambiente que necesite control, como ejemplo se puede encontrar las unidades lavamanos de centros comerciales, que distribuyen la cantidad adecuada de agua y jabón sólo cuando un sensor de presencia detecta a un usuario, logrando disminución en el consumo de recursos.

Otros ejemplos pueden encontrarse en los automóviles como no poder encenderse a menos que el conductor tenga el cinturón de seguridad abrochado y se complete un circuito, muchas veces esta acción es olvidada por muchos usuarios lo que conlleva a riesgos para su seguridad; una alarma puede dispararse en caso de que la puerta del conductor se abra mientras la llave esté en el encendido, evitando que se queden dentro del vehículo cerrado.

Los ejemplos anteriormente descritos no sólo demuestran la versatilidad de usos de los sistemas poka yoke sino también uno de sus usos frecuentes, el de controlar la manera en la que se llevan a cabo los procesos, ya que los fallos que

se pueden producir en la manufactura de un producto no se resumen únicamente a las acciones que se realizan sobre él sino al orden de las mismas.

Al definir como debe quedar un producto después de manufacturado se pueden determinar gran cantidad de operaciones hasta lograr el resultado final, así que sumando todos los factores que influyen en cada actividad el producto esta sometido a multitud de variables y por esto mismo la probabilidad de que errores ocurran se vuelve muy alta. Algunas de estas variables pueden estar comprendidas en procesos aunque sencillos, muy repetitivos, y por lo tanto en caso de producirse una falla repercutiría en una gran cantidad de unidades. Los poka yoke ayudan a minimizar este riesgo con medidas sencillas y baratas.

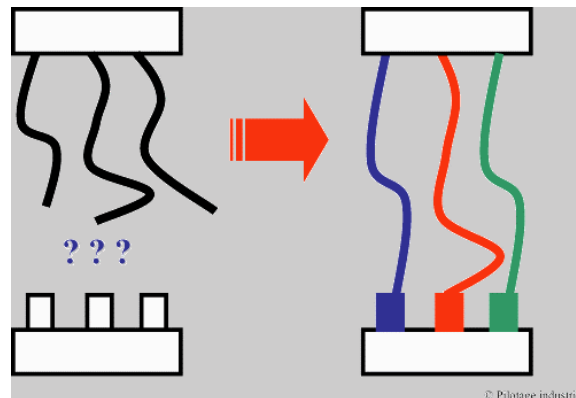
Un enfoque básico de ésta técnica son los juguetes para niños, en dónde el infante debe introducir piezas de madera con la forma de figuras geométricas en ranuras con la misma forma, en caso de que se intente encajar una pieza en la ranura incorrecta ésta no encajara. Este tipo de poka yoke se denomina de detección de contacto y será definido mas adelante.

Los sistemas poka yoke pueden tener dos enfoques en su diseño, prevenir los errores o advertir sobre ellos⁴:

- 1. Función control o advertencia:** En este caso se diseña un sistema para impedir que el error ocurra. Se busca la utilización de formas o colores (Figura 14) que diferencien como deben realizarse los procesos o como deben encajar las piezas.
- 2. Función de detección:** En este caso se asume que el error puede llegar a producirse, pero se diseña un dispositivo que reaccione cuando tenga lugar el fallo para advertir al usuario que debe corregirlo.

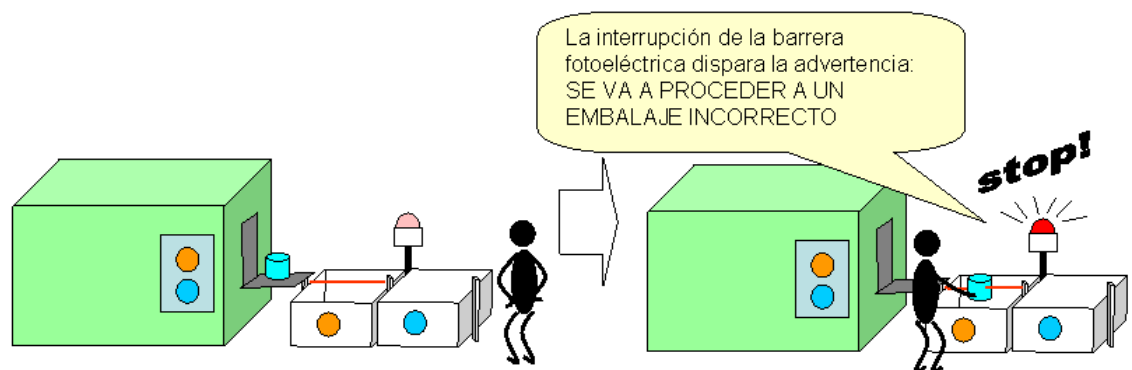
⁴ Definición Poka Yoke[consultado diciembre 30 de 2015] Dispñible en <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5484/Capitulo4.pdf> >

Figura 15. Ejemplo Poka Yoke de advertencia.



Fuente: www.portafoliogrupo01.weebly.com

Figura 16. Ejemplo Poka Yoke con función de detección



Fuente: Poka Yoke como ayuda en la industria [consultado diciembre 30 de 2015]

Dispñible en www.leanroots.com

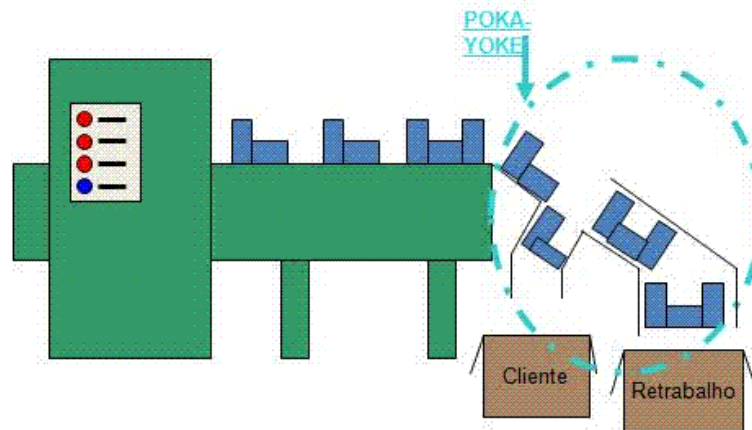
Por ejemplo, esto se puede realizar instalando barreras fotoeléctricas (Figura 15), sensores de presión, alarmas, etc. Este apartado puede dividirse en otros poka yoke mediante su modo de detección:

- a. **Método de contacto o método físico:** Se usa para comprobar el tamaño, forma o cualquier otro parámetro físico en una entrada, salida o prueba de proximidad. Detecta cualquier variación de los patrones básicos de la forma o cualquier otra característica dimensional a través de los mecanismos que se encuentran en contacto con la pieza. (Figura 17)
- b. **Método del valor fijo:** Utiliza contadores automáticos para determinar que la cantidad de acciones que se han ejecutado en el proceso son las necesarias.
- c. **Método de secuencia:** Mientras el método anterior se asegura que se hayan hecho el número de acciones necesarias, éste método se encarga de controlar que las acciones requeridas se hagan en el orden necesario.

Los tipos más comunes de poka-yoke son:

- Un diseño que solo permita un tipo de conexión, si se intenta acomodar de otra forma las piezas no encajarán.

Figura 17. Ejemplo Poka Yoke por método de contacto



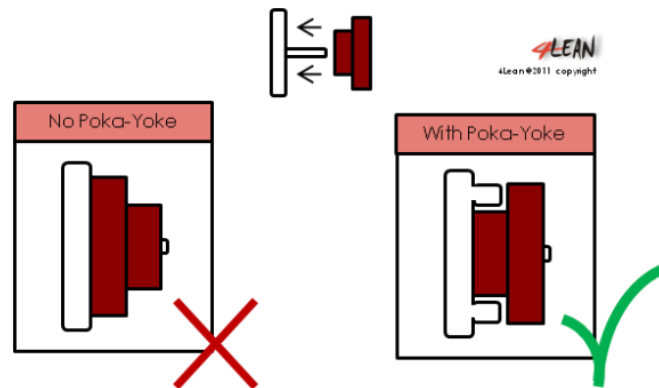
Fuente: Lean Manufacturing en las empresas [consultado diciembre 30 de 2015]

Dispñible en <<http://cooperation.no.comunidades.net/ferramentas-do-lean>>

- Códigos de colores, como en los cables del computador, dónde el cable de cierto color debe ubicarse en la conexión con ese mismo color.

- Flechas e indicaciones como por ejemplo a → ← a para indicar como encajada cada componente y su orientación.

Figura 18. Poka Yoke que sólo permite un modo de conexión



Las ventajas de usar un sistema poka yoke son:

- Se elimina la posibilidad de cometer error en actividades muy repetitivas, como cadenas de producción o de ensamblaje.
- El operador se puede concentrar en labores que agreguen labor al producto, ahorrando tiempo a la hora de tomar decisiones sobre los procedimientos utilizados o corrigiendo fallos.
- Implementar un poka yoke contribuye a controlar la calidad desde su origen evitando que las fallas se propaguen por todo el proceso.
- Son baratos y sencillos de implementar y mantener.

2.3. CONTROL DE INVENTARIO⁵

Manejar un control de inventario tiene que ver con equilibrar dos objetivos opuestos, minimizar el costo de mantener un stock de inventario y maximizar la disponibilidad de servicio a los clientes.

Los costos de inventario agrupan los costos de inversión de la materia prima, los costos de almacenaje y los costos de posibles deterioros en los productos almacenados, el costo de inversión normalmente es el factor más influyente, un ejemplo de esta situación es cuando la compañía pide prestado dinero a cierta tasa de interés para comprar materia prima que tardará cierto tiempo en ser entregada, por lo tanto no puede manufacturada, distribuida y no genera ingresos, la compañía podría minimizar estos costos manteniendo cero inventario, pero con este enfoque el servicio al cliente sufriría poniendo en riesgo su fidelidad a la compañía. Una compañía razonable busca mantener el costo que genera el stock al mínimo pero pudiendo brindar el máximo servicio al cliente.

La compañía tiene dos tipos de clientes, externo e interno, el externo se refiere a los clientes que adquieren los productos de la compañía y los internos que son los departamentos operativos, líneas de ensamble y otras unidades de la compañía que demandan materia prima y materiales.

En la teoría de manufactura se encuentran distintos tipos de control de inventario que se adaptan a diferentes comportamientos de la producción, como lo son: Modelo de cantidad económica a producir, a ordenar y de descuentos por cantidad; analizando cada uno por separado se puede definir cual es el que mejor se adapta al sistema productivo de ALGODOSAN.

⁵ RENDER, BARRY.; HEIZER, JAY. Administración de la Producción México: Pearson Prentice Hall.

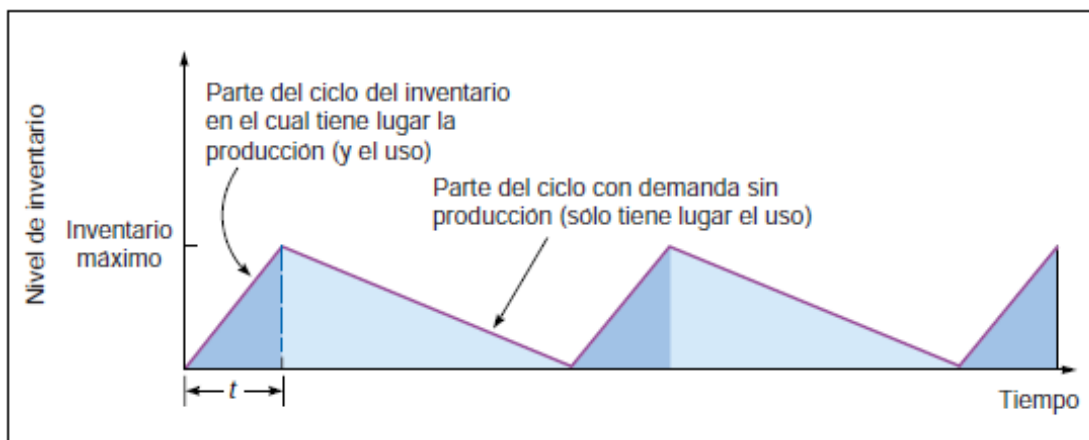
2.3.1. Modelo de cantidad económica a producir

En ciertas ocasiones el inventario que recibe la empresa no llega en su totalidad en un solo pedido, sino que su entrega se realiza en cierto periodo de tiempo (Figura 19) hasta llegar a su máximo, para éstas ocasiones es necesario plantear un modelo que se adapte a éstas características.

2.3.2. Modelo de cantidad económica a ordenar (EOQ)

Para poder utilizar este modelo es necesario que ciertas suposiciones se tengan como correctas, la demanda es conocida, constante e independiente, el tiempo entre colocar y recibir una orden es constante y conocido, la recepción del inventario es completa e instantánea y los únicos costos variables son los de colocar una orden (Figura 20). Se caracteriza por determinar la cantidad de unidades necesarias para cumplir la producción sin que se acumulen en exceso y aun así estén disponibles para que el cliente pueda disponer de ellas en el menor tiempo posible.

Figura 19. Cambio en el nivel de inventario en el tiempo con llegada durante el periodo



Fuente: RENDER, BARRY.; HEIZER, JAY. Administración de la Producción México. Pearson Prentice Hall.

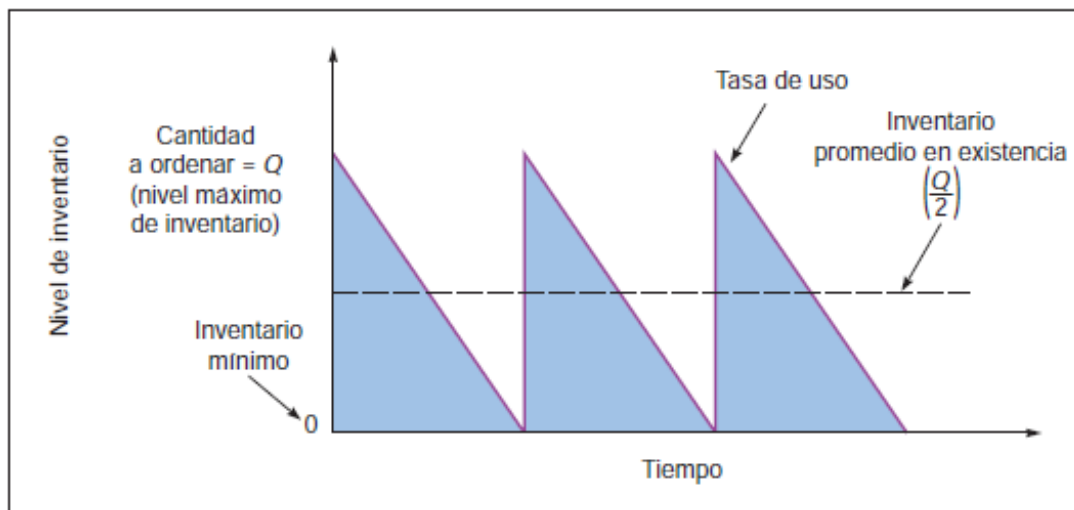
Además éste modelo contempla el tiempo necesario para poder cubrir la demanda mientras se reabastece el inventario y se caracteriza por ser muy robusto, esto quiere decir que en caso de sobre o subestimar la demanda la cantidad de unidades a producir no varía significativamente.

2.3.3. Modelo de descuentos por cantidad

Para este último modelo se tiene en cuenta los descuentos que se puedan obtener por pedir un volumen alto de inventario.

Cada uno de estos modelos presenta ventajas significativas respecto al resto, pero a su vez se enfocan en una situación en específico, los tipos de inventarios que mezclan los diferentes modelos no están contemplados debido a su complejidad y a que difícilmente son necesarios para la situación actual de ALGODOSON S.A.

Figura 20. Uso del inventario en el tiempo



Fuente: RENDER, BARRY.; HEIZER, JAY. Administración de la Producción México. Pearson Prentice Hall.

2.4. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE EQUIPOS Y PUESTOS DE TRABAJO⁶

La distribución de los puestos de trabajo y máquinas, también conocida como *layout*, es uno de los ítems más importantes a la hora de organizar una planta de cualquier tipo, pero en especial de manufactura, debido a que la interacción entre sí de los diferentes puestos de trabajo necesita que éstos estén ubicados de la manera más conveniente posible, y esto es precisamente de lo que se encarga la organización del *layout* de una empresa, que por medio de cálculos y análisis ingenieriles se ubiquen las estaciones de trabajo en su lugar óptimo en la planta.

La ubicación de una estación de trabajo depende de muchos factores como lo son el número y características de las actividades que integran el proceso productivo, el área que se necesita para desarrollar tales actividades y las relaciones entre ellas (flujo de materiales, necesidades de transporte, seguridad del área, etc.), teniendo en cuenta dichos factores se obtiene una distribución ideal que define la posición de las estaciones, pero dicha posición ideal está restringida por los factores reales a los que está sometida la empresa por lo tanto se hace necesario adaptar el modelo idealizado a una situación que pueda ser aplicable, los principales impedimentos o restricciones que condicionan la aplicación de un modelo de *layout* ideal son el aprovechamiento del espacio cúbico, los sistemas de mantenimiento y almacenamiento o las capacidades de distribución o construcción de las que disponga la empresa.

Los objetivos de realizar una distribución en planta eficiente son los de simplificar al máximo el proceso de producción, minimizar el manejo de materiales, disminuir el trabajo en proceso, realizar un aprovechamiento máximo del espacio disponible, mantener la seguridad del puesto de trabajo y del operario y evitar al máximo la inversión innecesaria de recursos, pero de todos éstos objetivos el principal es la de la flexibilidad de la producción, en las condiciones actuales de la industria una distribución de planta que permita producir de manera eficiente en ambientes de

⁶ Layout Aplicación a un Despacho de Administración de Fincas, ANTONIO SEGURA MARÍN.

demanda alta como baja, con variación de productos o demanda fija, o en cualquier otra situación que presente el consumidor, será una distribución exitosa

Para poder desarrollar una distribución en planta efectiva es necesario conocer ciertos principios que rigen su funcionamiento:

- **Principio de la integración de conjunto:** La mejor distribución integra de manera equitativa y con el mismo compromiso operarios, materiales, maquinaria o cualquier otro factor que influya en la manufactura.
- **Principio de la mínima distancia recorrida:** En igualdad de condiciones siempre se hace preferencia por la distribución en la que el material realiza un recorrido mas corto.
- **Principio de la circulación o flujo de materiales:** En las mismas condiciones la distribución más eficiente es la que ubica las estaciones en orden secuencial a la transformación o manipulación requerida por el material.
- **Principio del espacio cúbico:** Se economiza logrando utilizar todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal.
- **Principio de la satisfacción y de la seguridad:** En igualdad de condiciones siempre será mas efectiva la distribución que haga que el trabajo sea mas seguro y fácil de realizar para el operario.
- **Principio de la flexibilidad:** La distribución más eficaz será la que pueda reorganizarse con menos costos e inconvenientes.

Los principios anteriormente dichos se pueden traducir en problemas comunes que permitan su identificación en la planta y de ésta acción se decantan los siguientes inconvenientes:

- Que el proceso de demasiadas vueltas o el material deba devolverse en su recorrido.

- Distancias excesivas de transporte.
- Planificación pobre de las operaciones y baja coordinación entre las mismas.
- Que el comienzo de la operación se encuentre alejado de la recepción de la materia prima o el final de la operación alejado del centro de despacho.
- El almacenamiento se encuentra disperso además de un excesivo trabajo en curso.
- Desechos amontonados o esparcidos en sitios inadecuados.
- Que el personal deba realizar largos desplazamientos para cumplir sus funciones.
- Que la distribución no sea capaz de adaptarse a las distintas condiciones de producción.

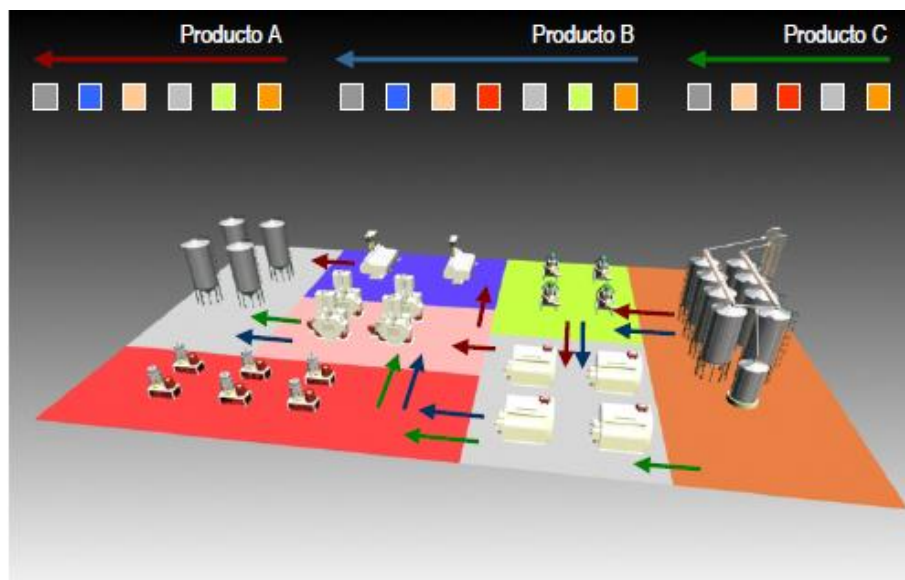
Además de los problemas específicos de diseño de una planta se encuentran otras situaciones a tener en cuenta cómo lo son si el estudio es para diseñar una planta completamente nueva, si se va a realizar la expansión o traslado de una planta ya existente, la reordenación de una planta o reorganizar ajustes menores.

Al ajustar la distribución de planta es fundamental tener en cuenta un factor importante además de los ya planteados, ¿qué elemento va a realizar el desplazamiento? Porque son tres los elementos en la planta que pueden desplazarse (operarios, material o equipo) y dependiendo de los elementos que se desplacen se elige el tipo de distribución a utilizar.

Además de los diferentes factores planteados anteriormente se establecen otros elementos a tener en cuenta como lo son los tipos de distribución, los cuales son: Por posición fija, dónde los operarios y las máquinas se mueven alrededor de la pieza para su transformación, se suele aplicar a piezas de gran tamaño y de muy bajo volumen de producción, como lo son astilleros o la fabricación de aviones.

Distribución por proceso, este tipo de distribución se caracteriza por trabajar en lotes, en dónde las operaciones de un mismo proceso se agrupan en una sola área, es una distribución que podría llamarse por talleres y la pieza va recorriendo diferentes talleres en función de las operaciones a las que tiene que ser sometida las industrias que fabrican en este tipo de distribución son por ejemplo la fabricación de muebles o vehículos.

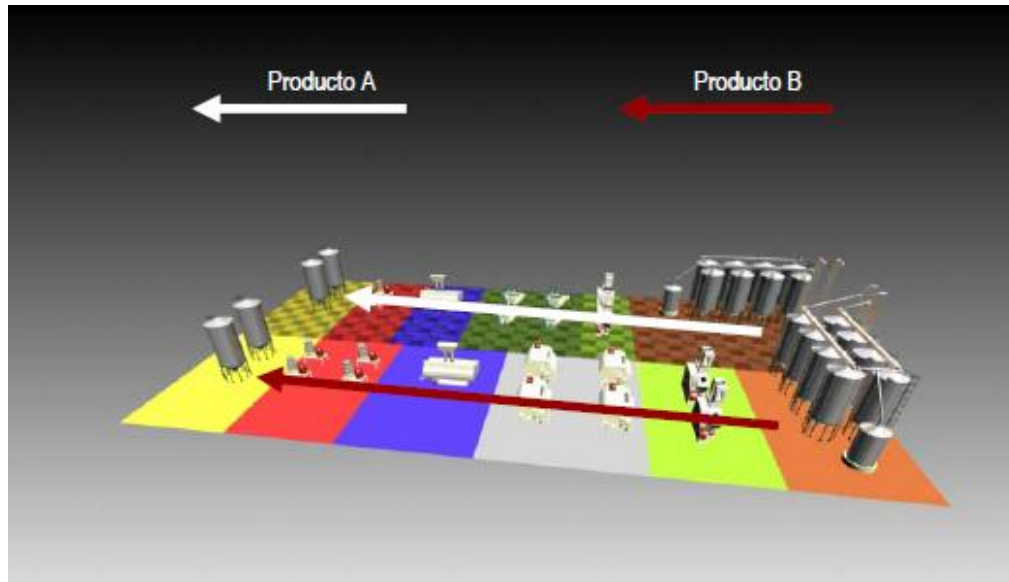
Figura 21. Distribución en planta por proceso



Fuente: Layout Aplicación a un Despacho de Administración de Fincas, ANTONIO SEGURA MARÍN.

Por último la distribución en serie es cuando toda la maquinaria y equipos para la manufactura de cierto producto se agrupan en una misma zona y el material va de puesto en puesto siendo manufacturado, la diferencia entre la distribución en serie y por procesos es que en serie las estaciones están destinadas a fabricar un solo producto, mientras en la distribución por proceso los talleres son compartidos por diferentes productos.

Figura 22. Distribución en serie



Fuente: Layout Aplicación a un Despacho de Administración de Fincas, ANTONIO SEGURA MARÍN.

Los modelos gráficos son muy comunes al resolver los problemas de distribución de planta, entre este tipo de modelo destaca el modelo de BUFFA y el modelo de MUTHER, mientras el primero se centra en el flujo de materiales entre estaciones, el segundo busca relacionar las estaciones mas importantes entre sí y de ésta manera buscar la organización mas optima.

2.5. MANTENIMIENTO AUTONOMO

El mantenimiento autónomo hace parte fundamental de la filosofía TPM (Total productive Maintenance) (Figura 23) y funciona como etapa de preparación para la implantación del TPM y se aplica como una serie de medidas para poner a apunto las máquinas para su trabajo diario, ésta labor ésta desempeñada por los operadores de cada estación y consiste en inspecciones, lubricación, limpieza, intervenciones menores, etc. y para que se pueda implementar de manera correcta se plantean ciertos objetivos que orientan los resultados que se esperan obtener de la aplicación de ésta metodología entre los cuales están:

- Mantener el equipo en condiciones óptimas.
- Emplear el equipo para la educación y capacitación del operario en sus funciones.
- Desarrollar habilidades que aporten a la identificación de problemas y sirvan de soporte para as demás actividades de mantenimiento.
- Utilizar las observaciones del operador para mejor el funcionamiento del equipo.
- Mejorar la seguridad y el ambiente en el trabajo.

Figura 23. Casa del TPM



Fuente: Principios del TPM [consultado 3 de Enero de 2016] Disponible en <
www.jmnegocioss.blogspot.com>

El primer objetivo implica que los equipos necesitan condiciones mínimas de operación para que puedan ejecutar sus labores de la manera más adecuada posible, y además puedan tener una vida útil extendida, el mantenimiento autónomo se encarga de organizar estas acciones por medio de pasos y métodos para que puedan ser ejecutadas en la secuencia y los tiempos correctos. En estos pasos se incluyen acciones de limpieza, lubricación, ajustes y reportes de fallas que sirven para proteger el equipo de posibles fallos en su operación, se pone en práctica la filosofía que pregona que arreglos pequeños y continuos evitan daños graves en las instalaciones y éste concepto es el corazón del mantenimiento autónomo. Todos los demás objetivos son bases para lograr la consolidación del objetivo principal de esta metodología.

Es clave resaltar que en la puesta a punto del equipo además de sólo prepararlo para su utilización también pueden utilizarse estas acciones para detectar anomalías que afecten su desempeño, en este sentido se busca eliminar la concepción que el operador sólo utiliza la máquina y el encargado de mantenimiento es quién la repara. El mantenimiento autónomo busca crear un compromiso y un vínculo entre el operario y su estación en donde sea él quien se responsabilice por su desempeño, claro está, en la medida de lo posible, por este motivo se incentiva la educación y capacitación del operador en su área de trabajo. Estas acciones no sólo sirven para mejorar el inicio de la operación, sino también para reducir la carga a la que está sometido el departamento de mantenimiento, que puede pasar a encargarse de los daños realmente grandes de el proceso productivo mientras los operadores de cada estación se encargan de los fallos menores, agilizando el proceso de puesta en marcha después de un paro evitando retrasos en la producción. Es en esta línea de ideas que el mantenimiento autónomo se enfoca en lo que la literatura llama ***cinco medidas para cero paros*** que están definidas por:

1. Regularización de los procesos de ajuste limpieza y lubricación.

2. Apegarse a los procedimientos de operación.
3. Detectar y eliminar desperfectos.
4. Mejorar los diseños de los equipos en base a su utilización (diseño concurrente).
5. Mejorar las habilidades de los operadores.

Para la aplicación de todas las medidas y objetivos planteados antes, la literatura sugiere los siete pasos para la implementación del mantenimiento autónomo y que son descritos a continuación.

1. Limpieza inicial.
2. Eliminación de fuentes de contaminación y áreas inaccesibles para su limpieza.
3. Selección de estándares para la limpieza, lubricación y ajustes generales de los equipos.
4. Metodología para inspección general
5. Metodología para inspección autónoma siguiendo pasos y estándares.
6. Organización y mantenimiento del lugar del trabajo siguiendo estándares.
7. Implementación del programa desarrollando metas.

3. ANALISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO ACTUAL

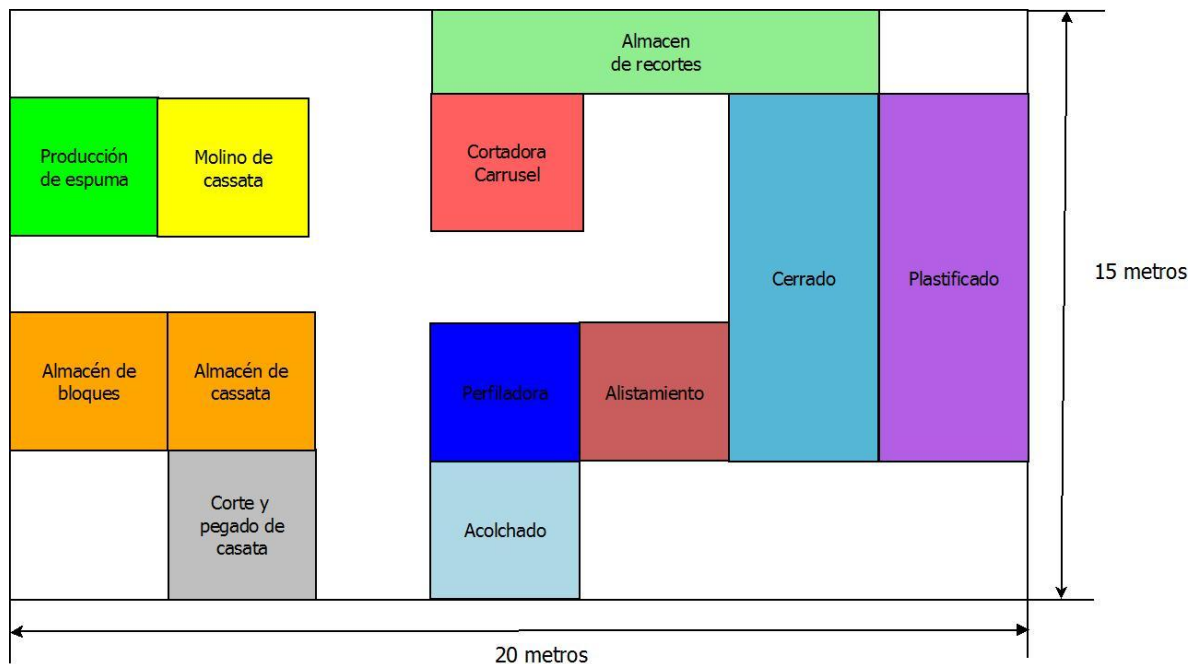
3.1. ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS RECURSOS ACTUALES

3.1.1. Instalaciones.

La empresa cuenta con una fabrica que incluye la zona operativa y administrativa en un terreno de 2000 m² en dónde se realiza la recepción de materia prima, su transformación en las áreas de cassata y producción de espuma, corte, acolchado, cerrado, empaque y despacho de los colchones y las almohadas. Con una producción de alrededor de 160 unidades diarias y 20 empleados en operación. En el área administrativa se reciben los pedidos y se organiza la contabilidad y la dirección de la empresa.

La distribución actual de la planta se presenta en las figuras 24 y 25.

Figura 24. Distribución de planta actual



3.1.2. Maquinarias y equipos.

El inventario de maquinarias se puede dividir por áreas según lo cual se encuentra:

Tabla 1. Equipos de la empresa

Nombre	Marca	Cantidad
ACOLCHADO		
Acolchadora Industrial	GRIBRETZ	1
Laminadora	Desarrollo contratado	1
PRODUCCIÓN DE CASSATA		
Productora de cassatta	Desarrollo contratado	1
CERRADO		
Maquina de coser fija	Typical	3
CORTE		
Carrusel de corte	H. Sheng-HSYP-60	1
Rectificadora	MX Machinery	1
Cortadora horizontal	Desarrollo contratado	1
PRODUCCION DE ESPUMA		
Reactor	Desarrollo contratado	
PLASTIFICADO		
Planchas de plastificado	Desarrollo contratado	2

3.1.3. Recursos humanos.

Tabla 2. Operarios y área a la que pertenecen

Nombre	Área
ACOLCHADO	
Martinez Esparsa Juan Pablo	Acolchado
Gonzales Rey Freddy Alexander	Acolchado/Cerrador
CARRUSEL	
Acosta Sarmiento Ramón Ernesto	Carrusel
CASSATA	
Sandoval Passos Hernando	Cassata
Sandoval Passos Junior Jefferson	Cassata
Salinas Bustamante Mauricio	Corte cassata
Angarita Ortiz Jose Ariel	Pegue y Corte
CERRADO	
Caballero Celis Edwin Andres	Conductor
Diaz Fonseca Pedro Andres	Conductor
Fontalvo Davila Paublinio	Conductor
Pinto Prada Luis Omar	Conductor
Ramirez Garces Cesar Leonardo	Conductor
Rojas Valbuena Agustin	Conductor
ESPUMADO	
Jaimes Morales Javier	Espumado
Pinto Rueda Alvaro Javier	Espumado
Tolozza Parra Jose Angel	Espumado
PLASTIFICADO	
Delgado Rosas Andres	Plastificado
Velez Alarcon Manuel Fernando	Plastificado
Reyes Anaya Cesar Exneyder	Despachos
Bermudez Leguizamo German Alberto	Mantenimiento, Varios

3.2. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA MANUFACTURA ESBELTA

3.2.1. Aplicación de las 5's

A pesar de ser complementarias entre sí las 5's también pueden ser aplicadas por separado sobre todo guardando la relación entre la parte operativa y la parte administrativa, pero a pesar de la marcada diferencia es conveniente realizar una evaluación que ratifique la manera conveniente de aplicar ésta metodología buscando que se adapte lo más cerca posible consideraciones planteadas en la tabla 1.

Después de decidir a que secciones de las 5's se les dará mayor importancia, se hace necesario evaluar la manera más eficiente para implementarla en la empresa por lo tanto se toman en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 3. Análisis de criticidad para las 5's

	5's				
	Seiri	Seiton	Seiso	Seiketsu	Shitsuke
Máquinas presentado fallas	0	10	10	0	0
Estaciones de trabajo desorganizadas	10	10	10	0	0
Cuellos de botella	10	0	0	0	0
Calidad del producto	0	0	10	0	0
TOTAL	20	20	30	0	0

- Facilidad de aplicación en el área operativa.
- Incidencia directa en el proceso productivo.
- Enfoque en resultados visibles.

- Facilidad para hacer seguimiento a su proceso.
- Adaptabilidad para diferentes situaciones.

Tabla 4. Análisis de criticidad para la implantación de las eses operativas

	MANUALES	CHARLAS	PLANOS	DOCUMENTACIÓN INFORMATIVA
Facilidad de aplicación en el área operativa.	5	0	5	5
Incidencia directa en el proceso productivo.	0	5	5	0
Enfoque en resultados visibles.	5	0	5	0
Facilidad para hacer seguimiento a su proceso.	5	0	5	0
Adaptabilidad para diferentes situaciones.	5	0	5	5
TOTAL	20	5	25	10

Según la evaluación se toman las opciones de producir manuales y planos para su aplicación con el fin de solucionar los problemas detectados en el proceso productivo.

3.2.2. Poka Yoke

Como se vio en la teoría, los sistemas POKA YOKE se dividen en dos grandes grupos dependiendo de la manera en que reaccionan a los fallos, función de advertencia o función de detección, y a éstos dos aspectos se le aplicara el mismo tipo de evaluación que permita conocer el mejor enfoque para su aplicación.

Tabla 5. Análisis de criticidad para la implantación de sistemas poka yoke.

	Función de detección	Función de advertencia
Agilidad en la corrección del error	5	0
Posibilidad de desvincular al operario con el proceso de revisión	5	0
Mejoramiento de la calidad	5	5
Facilidad de montaje y manejo	5	5
Posibilidad de revisar la razón del error	0	5
TOTAL	20	15

La evaluación produce como resultado que la mejor opción a implementar es la de POKA YOKE orientados a corregir directamente el error o a detener el proceso para evitar que dicho error ocurra.

3.2.3. Niveles de inventario

Según la investigación se pueden encontrar diferentes modelos de inventario, cada uno con sus características particulares que permiten según la situación de la empresa generar los datos más convenientes para lograr el equilibrio entre costos por almacenamiento y atención al usuario, la siguiente evaluación permite determinar el modelo mas adecuado.

Tabla 6. Análisis de criticidad para la implantación de control de inventario

	Cantidad Económica a producir	Cantidad Económica a ordenar	Descuentos por cantidad
Misma cantidad de producto requerido mensualmente	5	5	0
El producto sólo se usa para venta externa	0	5	0
Los precios son fijos	0	5	0
Se producen lotes grandes para suplir la demanda	5	5	0
TOTAL	10	20	0

Como se puede observar, la opción más adecuada a implementar es la del modelo de cantidad económica a ordenar, ya que se adapta de manera mas cercana a las necesidades actuales de producción de ALGODOSAN S.A.

3.2.4. Distribución en planta de los puestos de trabajo

Al momento de recopilar la información acerca de la manera de realizar una distribución en planta efectiva, se analizaron gran cantidad de aspectos que influyen en el modelo y la forma de abordar este problema, la situación actual de la empresa (si la planta es nueva, si necesita una expansión, si necesita ajustes menores, etc.), las capacidades de espacio y necesidades de los puestos de trabajo y por último el tipo de proceso que se está realizando, después de una cuidadosa lectura se tomó como referente ésta última opción como la más efectiva para enfrentar la situación actual de ALGODOSAN S.A. debido a que abarca de manera mas concreta las necesidades principales a solucionar. Pero a su vez, el tipo de distribución a utilizar también tiene que ser evaluado para así poder

disponer de una solución precisa, por lo tanto se realiza la matriz de factibilidad basándose en los requerimientos de trabajo para determinar la mejor opción:

Tabla 7. Análisis de criticidad para determinar el tipo de layout

	Por producto	Por proceso	Posición fija
Variedad de productos con características similares	0	5	0
Lotes de producción	0	5	0
Los productos no avanzan en línea recta	0	5	5
Se busca mantener bajos inventarios	5	0	5
Trabajadores medianamente capacitados	5	5	0
Hay espacio disponible para modificaciones	5	5	5
TOTAL	15	25	15

Según la evaluación a distribución por proceso es la que se adapta de manera más eficiente a las necesidades que buscan mejorar el proceso productivo.

3.2.5. Mantenimiento autónomo

Al igual que todos los demás aspectos que fueron analizados, también el mantenimiento autónomo debe ser sometido a una evaluación para determinar la mejor manera de aplicar la metodología en la planta por lo tanto se expone a continuación:

Tabla 8. Análisis de criticidad para implementar el mantenimiento autónomo

	CHARLAS	LUP's	DOCUMENTACIÓN INFORMATIVA
Facilidad para su uso por parte de los operarios.	0	5	5
Repercusión inmediata en el proceso	5	5	0
Facilidad para chequear su aplicación.	0	5	0
Flexibilidad en su instrucción	0	5	5
TOTAL	5	20	10

Según la evaluación los manuales son la mejor forma para implementar las directrices del mantenimiento autónomo, por lo tanto será la metodología a seguir.

4. PLAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5'S OPERATIVAS

Antes de realizar alguna medida relacionada con la implementación de la filosofía 5's es necesario determinar el área específica donde va a ser aplicada, los operarios relacionados con dicha área y además tener claro los resultados que se esperan obtener de dicho proceso, para así poder determinar su efectividad y si se hace necesario tomar medidas correctivas.

4.1. APLICACIÓN SEIRI

La implementación de la organización del puesto de trabajo busca como objetivo primordial que la zona esté despejada de elementos que entorpezcan las labores y que además se puedan convertir en un riesgo para la operación (Figura 25), por lo tanto se determinó que los pasos a seguir para su implementación son:

1. Elaborar un listado de artículos, equipos, herramientas y materiales considerados innecesarios para evaluar que hacer con ellos.
2. Establecer criterios para descartar artículos, estos criterios pueden ser cantidad de veces que son necesarios durante la operación o su importancia en la misma.
3. Descarte los artículos que cumplen los criterios para descartar establecidos.

4.2. APLICACIÓN SEITON

Después de determinar que elementos pertenecen a la estación y cuales no, se hace necesario buscar la manera de organizarlos en el puesto de trabajo (Figura 26), de manera que puedan ser alcanzados y utilizados fácilmente, esto para agilizar la operación y para poder notar averías o pérdidas en los implementos. A continuación se listan una serie de acciones para facilitar la organización de la estación:

Figura 26. Área de corte y pegado de cassata



1. Determinar la frecuencia con que los elementos que no se descartaron son usados en el proceso de manufactura (veces al día, días, semanas o meses).
2. Utilizar como criterio complementario lo que se denomina 3F (Fácil de ver, Fácil de acceder y Fácil de retornar a la posición original). En el aparte de “Fácil ver” se puede utilizar otra clave para mejorar la organización. Se debe ver ¿Dónde?, ¿Qué? y ¿Cuánto?
3. Organizar los elemento de manera que cumpla el criterio de que el primero en entrar sea el primero en salir (PEPS/FIFO).
4. Identificar y codificar los elementos de la zona de trabajo y marcarlos con un color de área específico que se especifica dependiendo de sus tareas.

Figura 27. Organización de área de pegado y corte de cassata



5. Señalar en el piso el área de maquinas.
6. Colocar las herramientas, materiales y equipos necesarios, de modo que el flujo de trabajo se constante y estable.
7. Cuando hay equipos que necesiten alistamiento o (set-up) las herramientas para su alistamiento deben estar cerca de estas.
8. Utilizar paneles de herramientas para agilizar su búsqueda.
9. Después de retirados diferentes artículos del área y organizar los restantes se debe hacer una limpieza preliminar para eliminar la suciedad de los lugares que han sido organizados

4.3. APLICACIÓN SEISO

La última etapa de las 5's operativas es la de la limpieza, con la estación despejada y ordenada es necesario determinar rutinas y estándares de limpieza (Figura 28) que permitan mantener condiciones óptimas de trabajo, para lograr esto se proponen las siguientes medidas:

Figura 28. Picadora de espuma



1. Decidir los elementos a los cuales hacerles aseo.
2. Determinar los métodos adecuados para limpiar.
3. Determinar los equipos para realizar esta limpieza

4. Hacer un listado de las actividades de limpieza para así poder programarla organizadamente.
5. Asignar cada maquina al operario que la usa para que este se encargue de su limpieza.
6. En caso de que hayan maquinas comunes asignar horarios y turnos para su limpieza.
7. Elaborar un mapa de la fabrica, demarcando las áreas y señalando en éstas los respectivos responsables de su limpieza y organización (mapa 5's).
8. Ejecutar labor de *seiso* de 5 a 10 minutos diarios.

4.4. APLICACIÓN DE LAS 5'S OPERATIVAS

Después de haber realizado la recopilación de medidas para la aplicación de las 5's se realizó la implementación de éstas medidas en tres áreas representativas de la empresa que son el área de espumado, de corte y pegue y de producción de cassata.

4.4.1. Aplicación de las 5's operativas en el área de espumado

4.4.1.1. Datos del área

Para el área de espumado se seleccionó como líder al operario José Angel Toloza Parra, el estudio del área se inicio el 10 de noviembre a la 8:30 am y finalizó el mismo día a las 11:30 am.

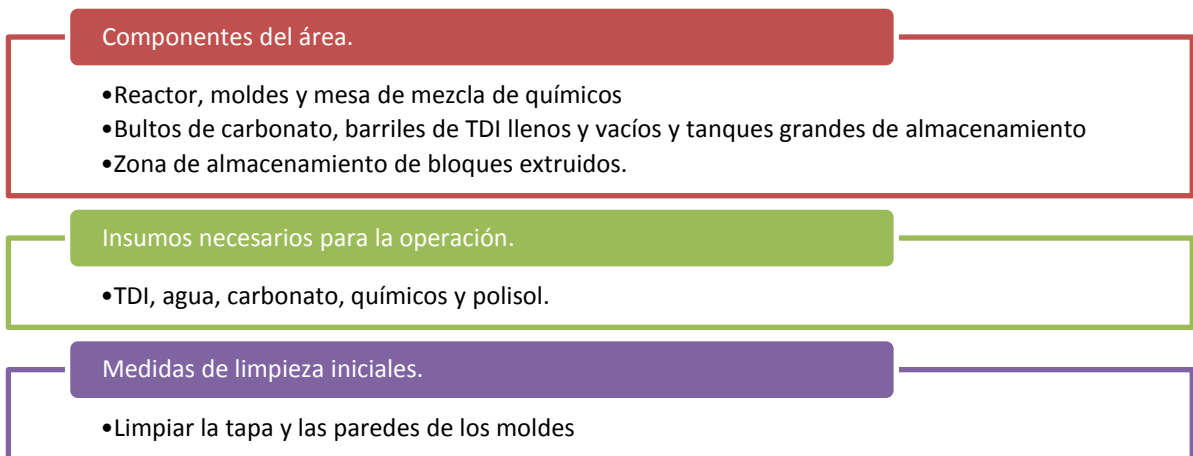
- **Aplicación Seiri (Clasificar):**

Tabla 9. Clasificación de elementos en espumado

Elementos de uso diario	Elementos de uso semanal	Elementos de uso esporádico
Probetas. Jarras. Bloques. 1 barril de TDI. Tanques de polisol. Reactor. 3 bultos de carbonato. Tanques con químico. Baldes con agua. Elementos para limpieza. y engrase.	Buril.	Extintor extra. Rollos de plástico. Botellas con líquidos.

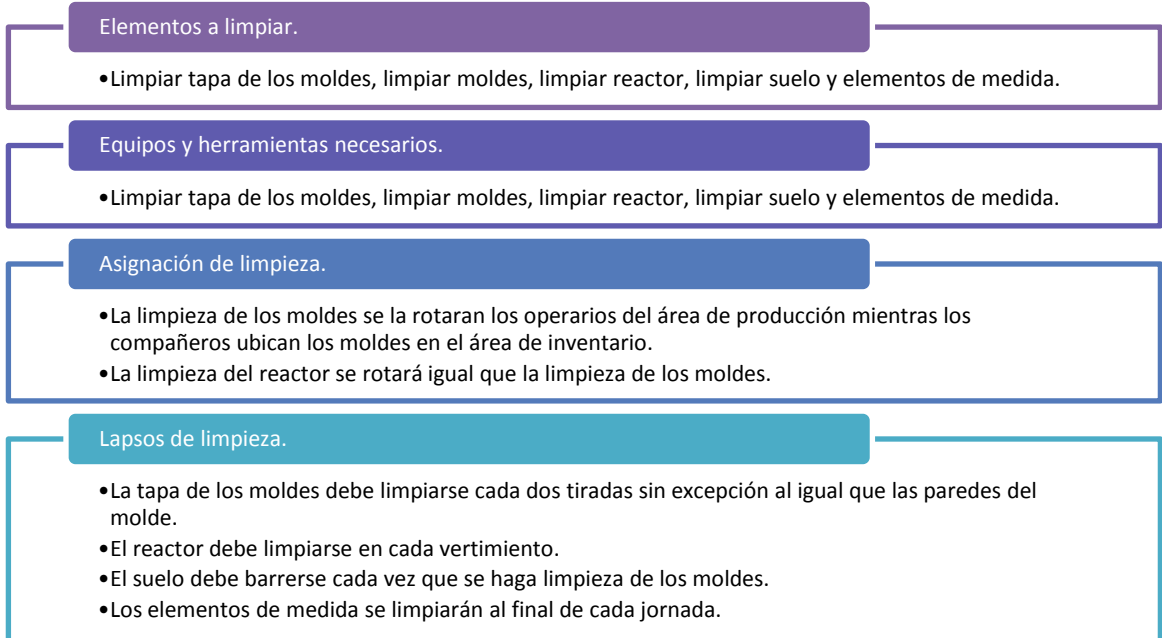
- **Aplicación Seiton (Organizar):**

Figura 29. Aplicación Seiton en espumado



- **Aplicación Seiso (Limpiar):**

Figura 30. Aplicación Seiso en espumado



Que método utilizar para la limpieza.

- Para la tapa de los moldes: Usar la pala para remover los residuos de espuma y luego barrerlos del suelo.
- Para las paredes del molde: Usar la pala y remover los residuos de adentro hacia afuera para eliminarlos en un solo movimiento y evitar tener que barrer.
- Barrer el suelo con la escoba.
- Limpiar la salida inferior del reactor con espuma de deshecho.
- Para los implementos de medida de los químicos, lavar con abundante agua y secar.

Acciones de limpieza.

- Raspar la tapa del molde con la pala hasta quedar limpia y barrer los residuos del suelo.
- Raspar las paredes del molde con la pala, de adentro hacia afuera, barrer el suelo y engrasar los moldes.
- Pasar la espuma de desecho por la salida del reactor hasta eliminar los residuos de vertidos anteriores.
- Barrer el suelo para recoger los residuos raspados de los moldes.
- Lavar los elementos de medida usando el agua necesaria y asegurándose de que queden realmente limpios.
- Pasar la espuma de desecho por la salida del reactor hasta eliminar los residuos de vertidos anteriores.
- Barrer el suelo para recoger los residuos raspados de los moldes.
- Lavar los elementos de medida usando el agua necesaria y asegurándose de que queden realmente limpios.

4.4.2. Aplicación de las 5's operativas en el área de corte y pegado de cassata

Para el área de espumado se seleccionó como líder al operario Ariel José Angarita, el estudio del área se inicio el 11 de noviembre a la 8:30 am y finalizó el mismo día a las 11:30 am.

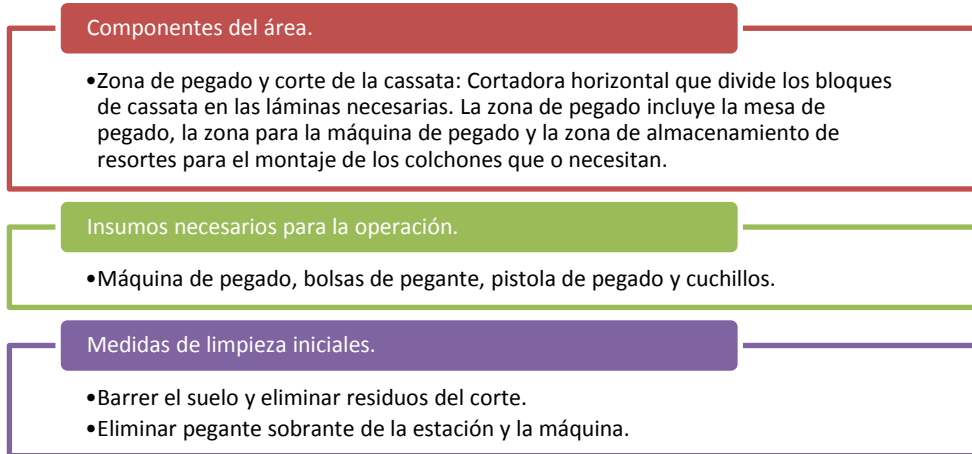
- **Aplicación Seiri (Clasificar):**

Figura 31. Aplicación Seiri para corte y pegado de cassata

Elementos de uso diario	Elementos de uso semanal	Elementos de uso mensual	Elementos de uso esporádico	Elementos a eliminar
Pegante. Pistola de pegado. Máquina de pegado.	Útiles de aseo grandes.	Hombresolo	Llaves para templado de las cuchillas.	Botellas con pegante de muestra y las botellas viejas de aceite.

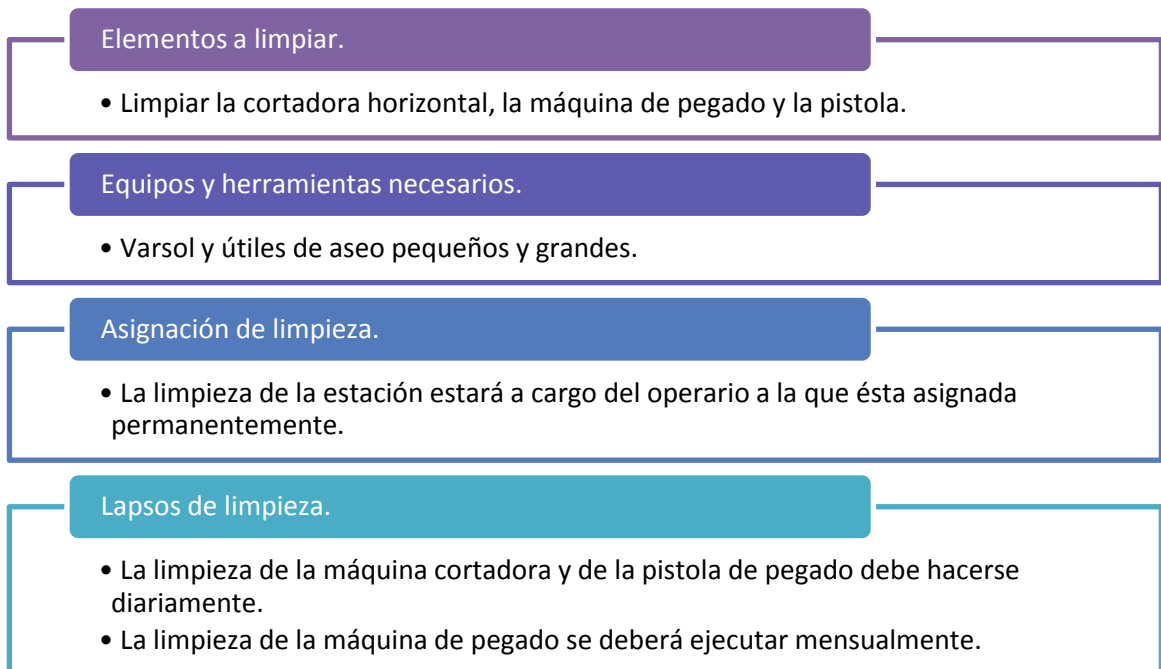
- **Aplicación Seiton (Organizar):**

Figura 32. Aplicación Seiton para corte y pegado de cassata



- **Aplicación Seiso (Limpiar):**

Figura 33. Aplicación Seiso para corte y pegado de cassata



Que método utilizar para la limpieza.

- Para la cortadora horizontal: Utilizar los útiles de aseo pequeños para las poleas y el sistema biela-manivela.
- Para el proceso de pegado: Utilizar el varsol y los cepillos metálicos para los residuos de pegante.

Acciones de limpieza.

- **Para el área de corte:**
 - Eliminar los residuos del corte de espuma tanto del suelo como de la máquina.
 - Limpiar la cuchilla de corte.
 - Limpiar las guías de elevación.
 - Limpiar la superficie de los motores.
 - Con las brochas de limpieza eliminar el polvo que se pudiera acumular en las poleas y bandas de transmisión del sistema.
- **Para el área de pegado**
 - Limpiar la pistola con el varsol, asegurándose de eliminar los residuos de pegante, sobre todo en la boquilla.
 - Para limpiar la máquina de pegado se hace necesario vaciar el depósito de aceite, limpiar con el varsol y volver a llenar con aceite nuevo.

4.4.3. Aplicación de las 5's operativas en el área de producción de cassata

Para el área de espumado se seleccionó como líder al operario Hernando Sandoval Passos, el estudio del área se inició el 12 de noviembre a las 9:30 am y finalizó a las 9:30 am.

- **Aplicación Seiri (Clasificar):**

Figura 34. Aplicación Seiri en producción y pegado de cassata

Elementos de uso diario	Elementos de uso mensual	Elementos a eliminar
MDI, Polioliol y Carbonato. Agua con amina y estaño. Elementos de aseo y tapas para moldes. Escalera y recortes de espuma. Balanza y picadora de cubo.	Elevador de tijera, picadora de banda.	Basura Botellas plásticas, palets viejos

- **Aplicación Seiton (Organizar):**

Figura 35. Aplicación Seiton en producción y pegado de cassata

Componentes del área.

- El área se compone de la zona de producción (Tolva de mezclado, área de prensado), almacenamiento de químicos (Bultos de carbonato, barriles de TDI llenos y vacíos y tanques grandes de almacenamiento), la zona de almacenamiento de bloques prensados y la zona de almacenaje de recortes de espuma.

Insumos necesarios para la operación.

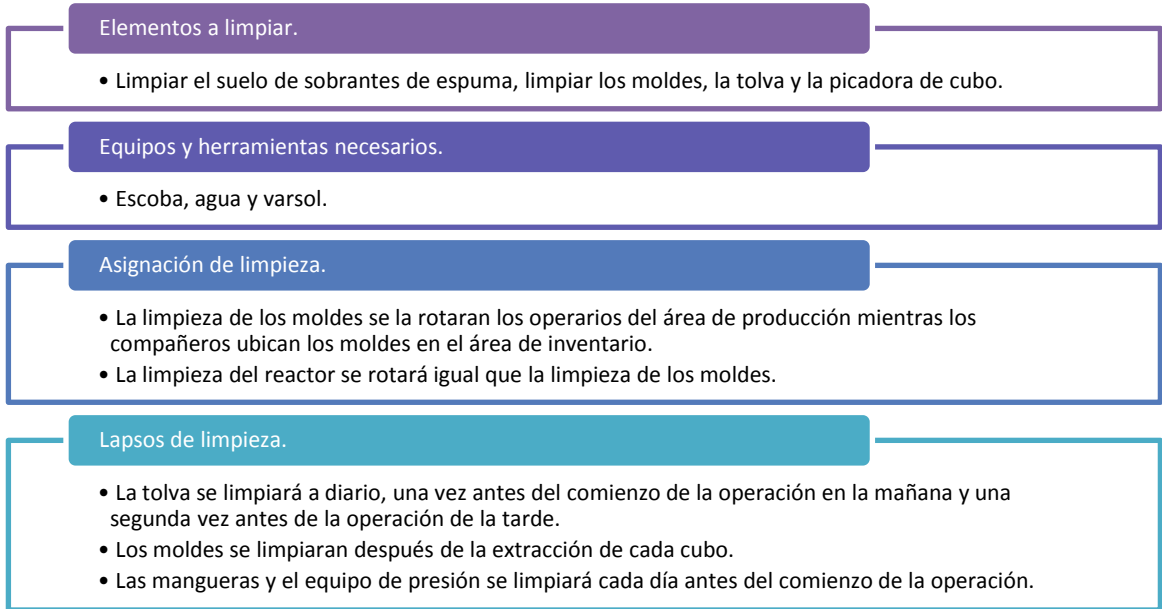
- MDI, poliol, carbonato, agua con amina y estaño y los recortes de espuma.
- La operación necesita de los recortes de espuma y los químicos mencionados para realizar su operación, además necesita un nivel de presión adecuado para poder realizar el prensado.

Medidas de limpieza iniciales.

- Limpiar el suelo y los alrededores de la estación.

- **Aplicación Seiso (Limpiar):**

Figura 36. Aplicación Seiso para corte y pegado de cassata



Que método utilizar para la limpieza.

- Para la tolva: Con la tolva apagada, abrir la tapa de distribución y limpiar el tornillo mezclador, repasar las paredes y el techo de la tolva para eliminar restos
- Para las paredes del molde: Usar la pala y remover los residuos de adentro hacia afuera para eliminarlos en un solo movimiento y evitar tener que barrer.
- Barrer el suelo con la escoba.
- Asegurándose de que la picadora de cubo se encuentre apagada usar la escoba para remover los restos de cortes de espuma de las paredes.
- Para el área de prensado: Limpiar los cilindros y las mangueras asegurándose que no hayan fugas, limpiar la superficie de la bomba y el suelo de restos de aceite y espuma.

Acciones de limpieza.

- Detener y desconectar todos los procesos relacionados con la estación.
- Abrir la tapa de salida de la tolva y con la escoba repasar las paredes de la misma.
- Limpiar el tornillo dosificador removiendo los residuos de espuma.
- Limpiar las paredes de los moldes con una pala asegurándose de que no quede ningún residuo, y al finalizar la operación volver a engrasar.
- Limpiar la tapa de prensado removiendo todos los residuos, repasar los cilindros removiendo el polvo y los recortes que se pudieran haber adherido.
- Repasar las mangueras con un trapo de color claro para detectar fugas de aceite, al igual que las conexiones y las válvulas.

5. APLICACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO EOQ

5.1. INFORMACIÓN SOBRE PRODUCCIÓN Y TIEMPOS EN ALGODOSAN S.A.

Se vio anteriormente para determinar los niveles óptimos de inventario se decidió utilizar el método de cantidad económica a ordenar (EOQ), para éste modelo la ecuación que determina el nivel más adecuado se describe de la forma

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

Dónde:

D=Cantidad anual producida.

S=Costo de poner una orden.

H=Costo de mantenimiento de inventario.

Con la ayuda de las órdenes de producción se realizó el registro de la cantidad de colchones fabricados mensualmente de cada referencia, y con eso se calculo el total anual para el año 2015.

Tabla 10. Producción anual de las referencias Relax sueño y Astral

	ASTRAL				RELAX SUEÑO		
	100x18	120x18	140x18	140x25	100x15	100x17	140x17
Enero	35	26	40	4	34	28	12
Febrero	40	28	40	2	34	23	30
Marzo	38	25	42	4	35	29	33
Abril	36	16	39	4	31	25	35
Mayo	28	28	36	3	30	27	34
Junio	37	26	38	2	36	27	37
Julio	38	29	36	4	36	29	35
Agosto	37	27	38	3	32	24	36
Septiembre	36	26	39	9	34	25	37
Octubre	37	27	38	6	30	28	39
Noviembre	35	26	35	5	36	27	37
Diciembre	38	27	38	4	55	25	33
TOTAL ANUAL	435	311	459	50	423	317	398

En el caso de ALGODOSAN S.A., dónde poner una orden significa realizar la orden de producción, se determinó que el valor S significa organizar la línea de producción para generar un lote de una referencia distinta a la actual, en ésta organización se determinaron los siguientes factores a modificar:

- a. Mezcla de químicos para la espuma.
- b. Moldes.
- c. Configuración de la cortadora de carrusel.
- d. Selección del acolchado.
- e. Selección del tamaño de plástico para cerrar.

Para cada operación se tomaron tres tiempos, y con un promedio se determina el tiempo mas preciso.

Tabla 11. Tiempos de cambio de orden, en minutos

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Promedio
Mezcla de químicos para la espuma.	02:27	02:20	02:22	02:23
Moldes.	06:07	08:02	06:12	06:47
Configuración de la cortadora de carrusel.	00:20	00:22	00:21	00:21
Selección del acolchado.	04:32	05:47	05:40	05:19
Selección del tamaño de plástico para cerrar.	06:28	10:00	09:45	08:44
			Total	23:35

El total de tiempo empleado para posicionar una orden es de 23:35 minutos en total, ahora, se calculó también el tiempo necesario para producir un bloque de espuma de la forma:

Tabla 12. Tiempos de producción por bloque.

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Promedio
Mezcla de químicos para la espuma.	02:23	02:25	02:27	02:25
Vertido	01:18	01:12	01:02	01:10
Crecido de la espuma	00:20	00:22	00:21	00:21
Secado antes de extracción	06:37	06:42	06:29	06:36
			Total	10:32

La producción se caracteriza por usar dos moldes a la vez por lo tanto en los 10:32 minutos promedio se obtienen dos bloques de espuma.

Cada operación tiene un tiempo determinado en ejecutarse, y el tiempo que se utiliza en reajustar su proceso es tiempo en el que se deja de producir, por lo tanto en función del tiempo necesario para ejecutar cada operación y el tiempo que requiere su ajuste se puede determinar la cantidad de producto que se deja de producir por modificar la referencia a fabricar. La siguiente tabla ilustra el tiempo necesario para que se ejecute la operación en un colchón, el tiempo para reajuste y la cantidad de colchones que se dejan de producir:

Tabla 13. Relación de tiempos con producto sin producir

	Tiempo de ejecución	Tiempo de ejecución de reajustes	Cantidad de producto dejado de producir
Producción de bloques de espuma	10:32	09:10	1,74
Configuración de longitud de corte	08:25	00:21	0,04
Acolchamiento	06:00	05:19	0,89
Selección del plástico para plastificado	01:10	08:44	7,49

Cabe aclarar que en la producción de espuma el dato de la cantidad de producto dejado de producir es de bloques producidos, mientras que los demás ítems son unidades de colchón.

Este aparte es de especial atención, ya que requiere un paso más antes de poder continuar con el análisis de la información, como se observó en el tiempo de parada se dejan de producir bloques completos (1,74 aproximadamente) y no unidades en sí, por lo tanto se debe determinar primero la cantidad de colchones que se pueden obtener de cada bloque dependiendo de su referencia:

Tabla 14. Cantidad de colchones por bloque

	Alto del colchón	Alto del bloque	Altura del bloque	Cantidad de colchones por bloque
ASTRAL	100x18	18	200	11,11
	120x18	18	200	11,11
	140x18	18	200	11,11
	140x25	25	200	8,00
RELAX SUEÑO	100X15	15	200	13,33
	100X17	17	200	11,76
	140X17	17	200	11,76

Con la cantidad de colchones por bloque y el número de bloques dejados de producir se obtiene el total de unidades desaprovechadas por parada en el área de producción de espuma:

Tabla 15. Colchones dejados de fabricar por bloque no producido

Referencia		Cantidad de colchones por bloque	Total de colchones por cada 1,74 bloques
ASTRAL	100x18	11,11	19,34
	120x18	11,11	19,34
	140x18	11,11	19,34
	140x25	8,00	13,92
RELAX SUEÑO	100X15	13,33	23,21
	100X17	11,76	20,48
	140X17	11,76	20,48

Ahora se asignan los precios que establece la empresa para cada referencia de colchón:

Tabla 16. Precio de venta de cada referencia

	Alto del colchón	Precio de venta
ASTRAL	100x18	\$ 350.000
	120x18	\$ 375.000
	140x18	\$ 412.000
	140x25	\$ 450.000
RELAX SUEÑO	100X15	\$ 320.000
	100X17	\$ 335.000
	140X17	\$ 425.000

Por último para determinar el valor final de cambiar el lote de producción se toman la cantidad de colchones dejados de producir por operación y se multiplica por su valor unitario.

Tabla 17. Calculo del valor S

Referencia		Cantidad de colchones por parada	Configuración de longitud de corte	Acolchamiento	Selección del plástico para plastificado	Precio de venta	Total
ASTRAL	100x18	19,34	0,04	0,89	7,49	\$ 350.000	\$ 9.715.644
	120x18	19,34	0,04	0,89	7,49	\$ 375.000	\$ 10.409.618
	140x18	19,34	0,04	0,89	7,49	\$ 412.000	\$ 11.436.701
	140x25	13,92	0,04	0,89	7,49	\$ 450.000	\$ 10.054.833
RELAX SUEÑO	100x15	23,21	0,04	0,89	7,49	\$ 320.000	\$ 10.120.568
	100x17	20,48	0,04	0,89	7,49	\$ 335.000	\$ 9.680.350
	140x17	20,48	0,04	0,89	7,49	\$ 425.000	\$ 12.281.042

Este valor total es el que se utilizará como S para los cálculos del nivel de inventario óptimo.

Ahora sólo queda resolver la ecuación planteada al principio de este capítulo, valiendo la aclaración que el valor H (costo de mantenimiento de inventario) es una fracción, tomada como 0,3 del costo de cada producto, así se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 18. Cálculo de valor óptimo de inventario.

REFERENCIA		D	H	Precio de venta	S	Q
ASTRAL	100x18	435	\$ 105.000,00	\$ 350.000,00	9715643,88	283,73
	120x18	311	\$ 112.500,00	\$ 375.000,00	10409618,45	239,90
	140x18	459	\$ 123.600,00	\$ 412.000,00	11436700,80	291,45
	140x25	50	\$ 180.000,00	\$ 450.000,00	10054833,28	74,74
RELAX SUEÑO	100x15	423	\$ 96.000,00	\$ 320.000,00	10120567,80	298,64
	100x17	317	\$ 100.500,00	\$ 335.000,00	9680350,40	247,12
	140x17	398	\$ 127.500,00	\$ 425.000,00	12281041,55	276,90

5.2. APLICACIÓN DEL MODELO DE PUNTO DE ORDEN

Con la cantidad de unidades óptimas a mantener en inventario es importante saber cada cuanto tiempo debe ponerse la orden para mantener el nivel de inventario a disposición del cliente, para esto se utiliza la conocida gráfica Q-t para cada referencia. También es importante conocer cual es el inventario para reordenar, éste dato se consigue calculando la pendiente de la recta y tomando

como tiempo de reorden veinte días antes de que se acabe el inventario, que es el tiempo necesario para manufacturar el nuevo lote. El inventario de seguridad para cada referencia se aprecian en la tabla 19.

Tabla 19. Inventario de seguridad para cada referencia

	REFERENCIA	Punto de reorden	Inventario de seguridad
ASTRAL	100x18	12	7
	120x18	9	4
	140x18	13	8
	140x25	1	1
RELAX SUEÑO	100x15	12	7
	100x17	9	4
	140x17	11	6

Figura 37. Gráfica de punto de orden referencia Astral 100x18

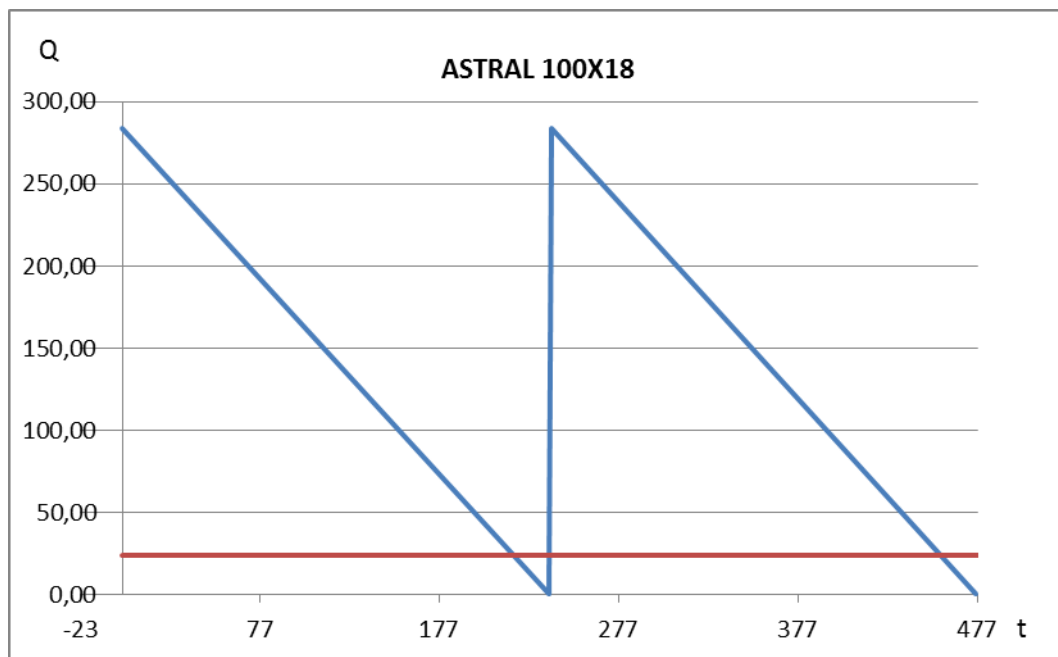


Figura 38. Gráfica de punto de orden referencia Astral 120x18

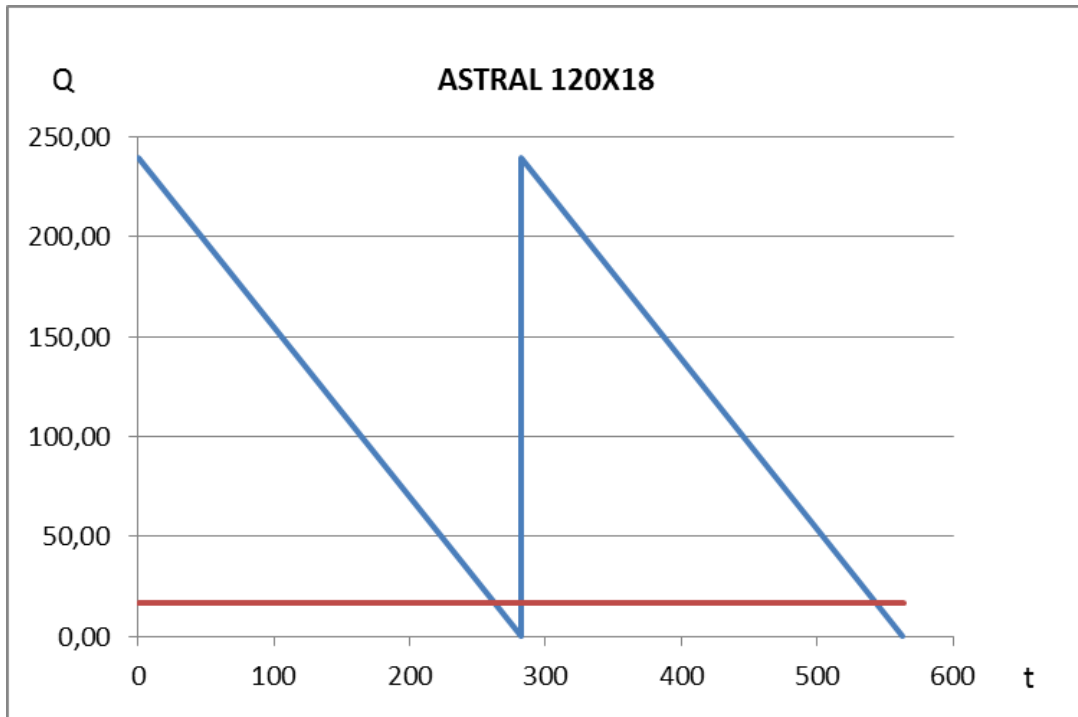


Figura 39. Gráfica de ponto de ordem referencia Astral 140x18

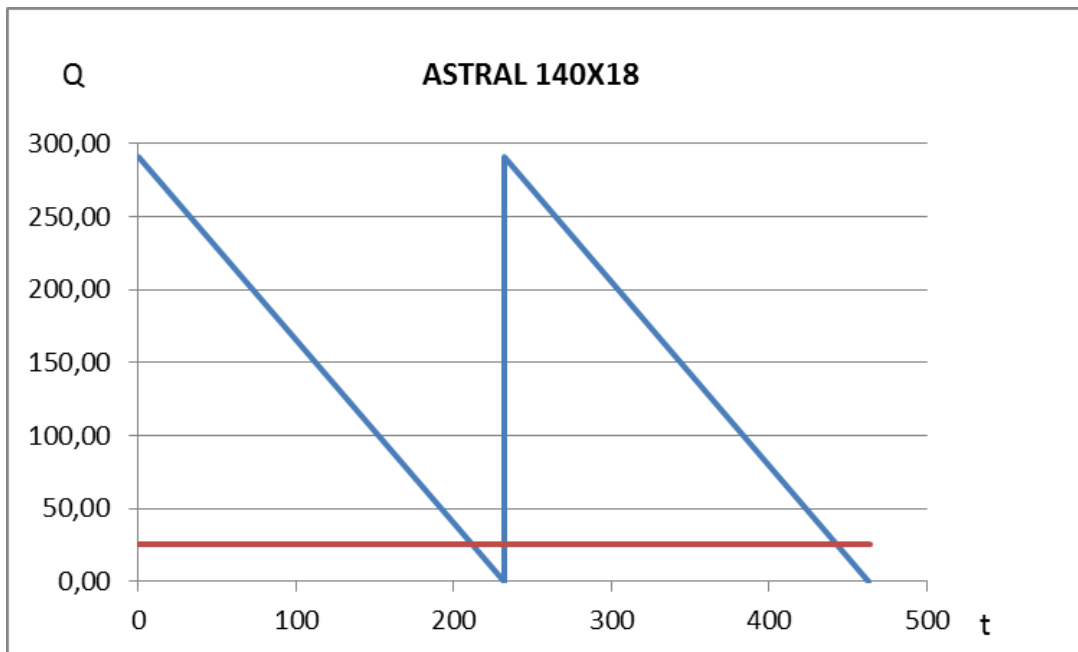


Figura 40. Gráfica de punto de orden referencia Astral 140x25

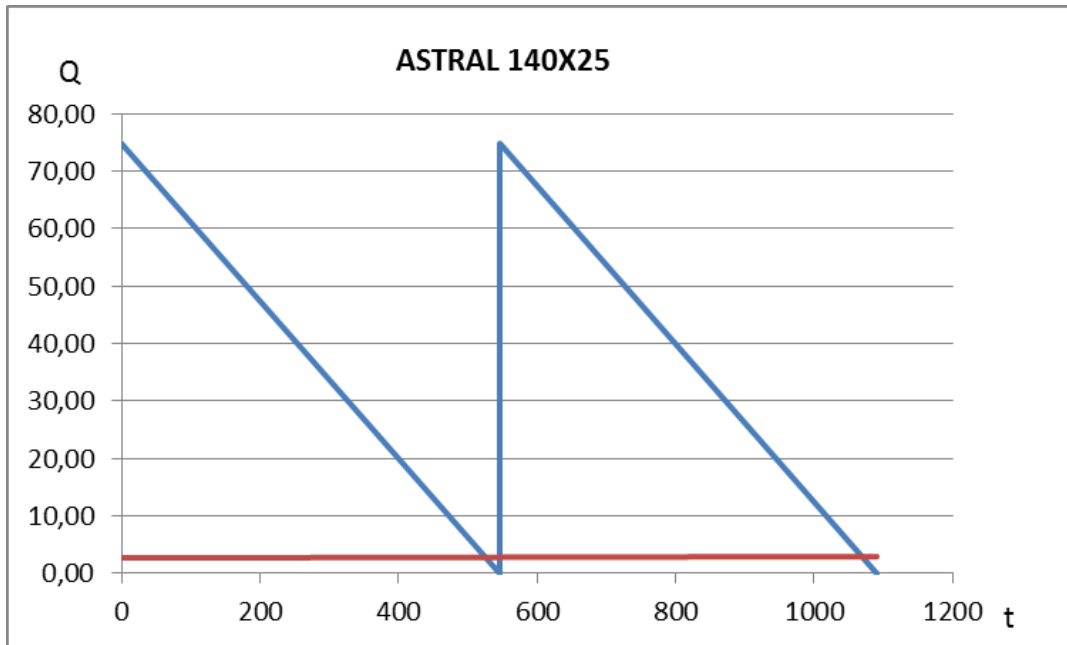


Figura 41. Gráfica de ponto de orden referencia Relax sueño 100x15

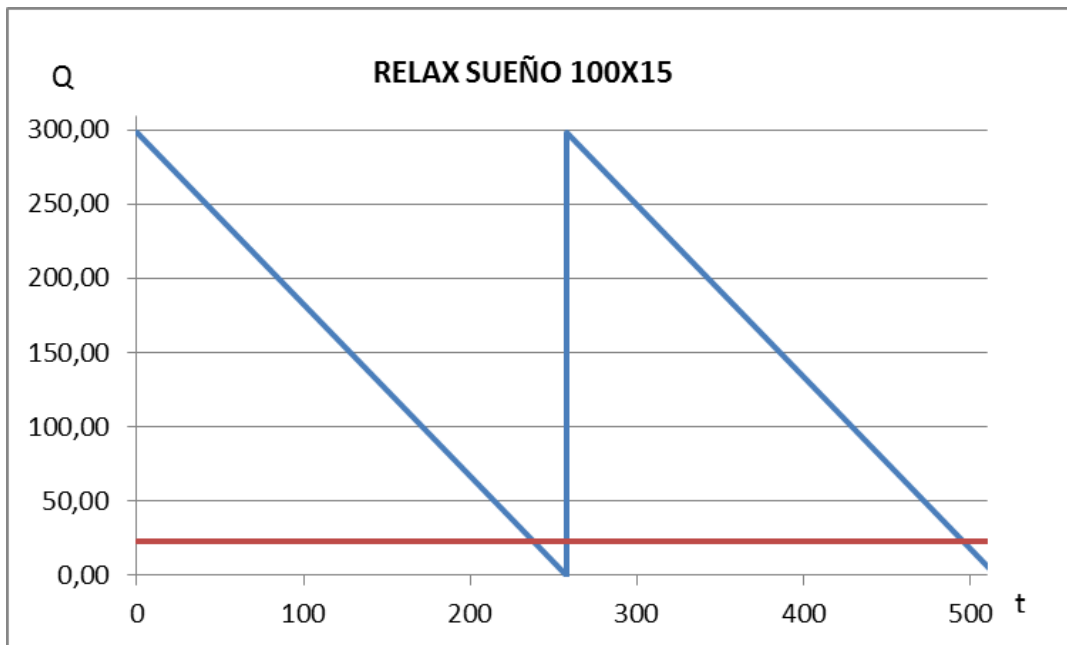


Figura 42. Gráfica de punto de orden referencia Relax sueño 100x17

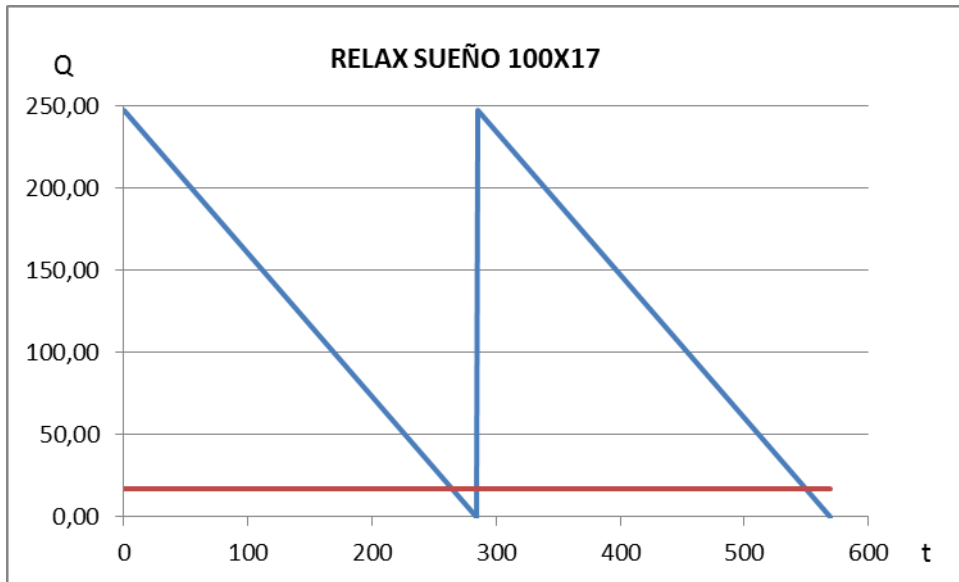
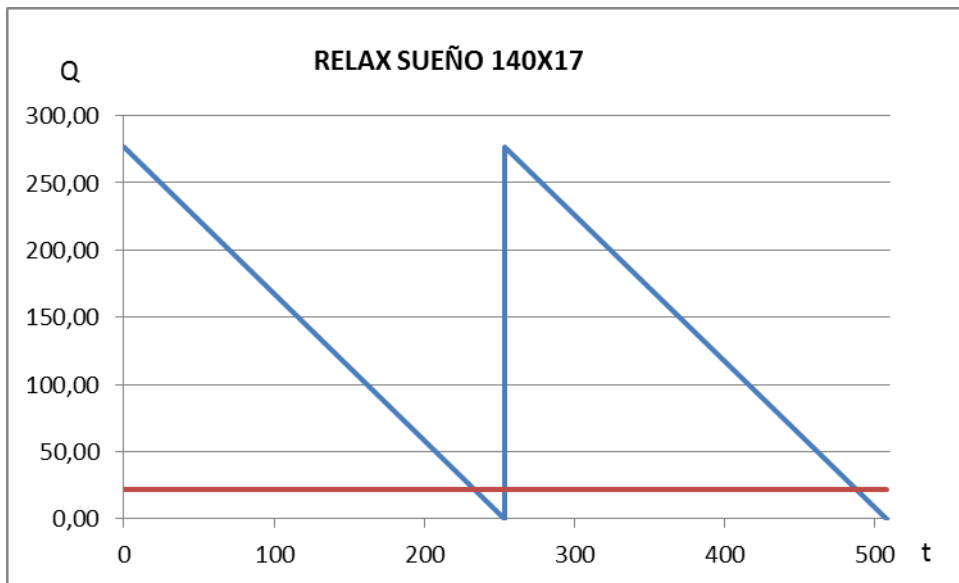


Figura 43. Gráfica de punto de orden referencia Relax sueño 140x17



Las líneas rojas presentes en cada grafica representa el punto de re-orden para cumplir con la demanda, con 20 días para la producción de las unidades.

6. APLICACIÓN POKA YOKE

El análisis de la aplicación de los sistemas POKA YOKE en el área productiva de ALGODOSAN S.A. se realizará en base a los errores más comunes detectados en la producción. Estos fallos se enumeran a continuación:

6.1. FALLOS EN LA MANUFACTURA

- **Hilos sueltos en el acolchado:** Ésta situación consiste en que al momento de unir la espuma con la tela, que forman el acolchado de las tapas y bordes del colchón, se acaba el hilo que usa la acolchadora, y sobre la tela quedan parches sin coser que terminan soltando el resto de hilo y desarmando la tela.

Figura 44. Hilo suelto del colchón



Además de no remplazarse a tiempo el hilo, el proceso de enhebrado se hace mucho más difícil que si se hiciera antes de que se acabara el carrete completo.

- **Mal cosido de los ribetes (bocados):** Se le llama bocado cuando al momento de coser los bordes del ribete, éste se encuentra doblado, y la máquina de coser no logra unir las partes, por lo tanto queda un boquete o “bocado” en el cosido, que termina soltando el ribete.
- **Fallos al medir los químicos:** En la agilidad del proceso productivo es común que la medida de los químicos para la producción de los bloques de espuma no sean exactas y siendo tan sensible a la variación de su densidad por el cambio en sus compuestos éste fallo es muy significativo en la calidad del producto.

Después de conocidos los defectos más importantes a solucionar se pueden establecer estrategias individuales.

6.2. POKA YOKE PARA HILOS SUELTOS EN EL ACOLCHADO

La maquina acolchadora cuenta en la parte de atrás con una fotocelda conectada a su sistema de parada de emergencia, por lo tanto se aprovechará ésta situación para que en el momento de acabarse el hilo se detenga el proceso.

La propuesta del POKA YOKE para éste sistema tiene el modelo conceptual presente en la figura 45

La Figura 46 muestra el mecanismo propuesto, que se basa en la idea de un balancín que se sostenga sobre el hilo con una aleta en su posterior, en caso de acabarse el hilo, el balancín cae, subiendo la aleta que interfiere con el paso de la luz en la fotocelda y apaga el sistema. Éste sistema es muy efectivo debido a que da un buen lapso antes de que el hilo se acabe, ya que el balancín se mantiene con la tensión del hilo y al momento de salir el último pedazo del carrete, se distensionan y activa el balancín mucho antes de que se acabe el hilo usado en el acolchado.

Figura 45. Diseño conceptual Poka Yoke acolchado

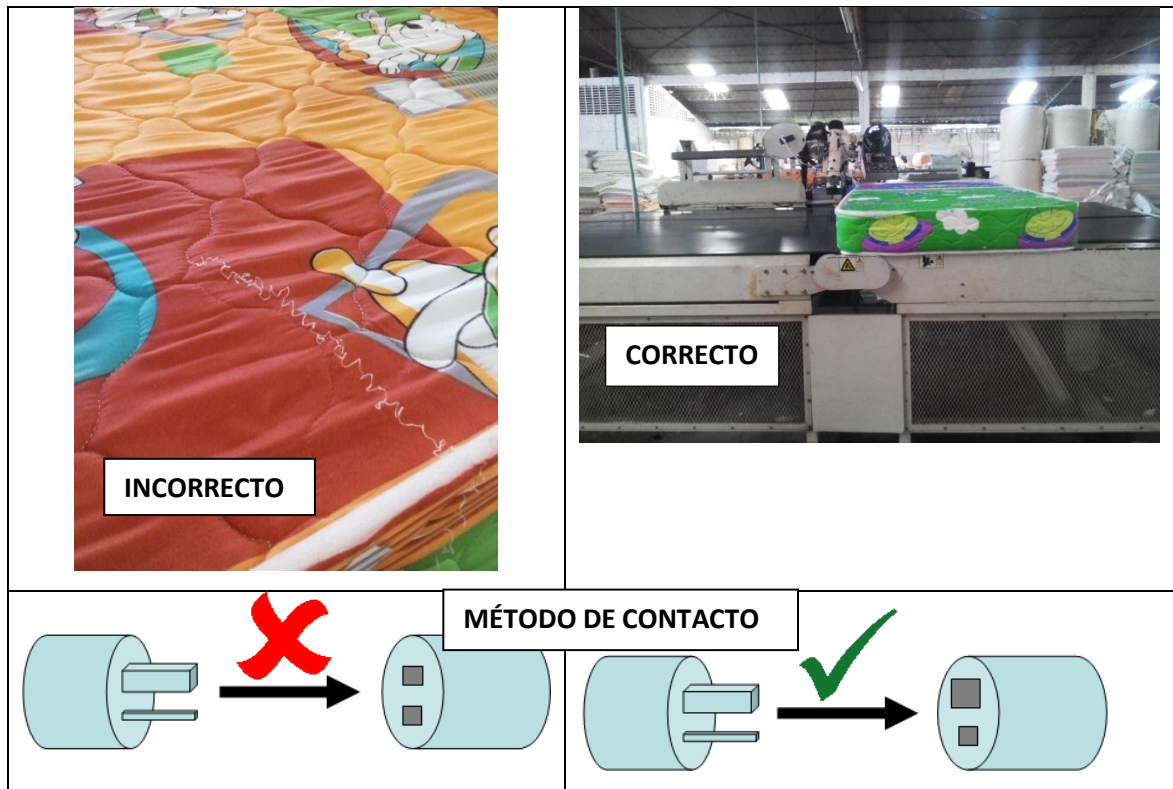


Figura 46. Poka Yoke Acolchadora

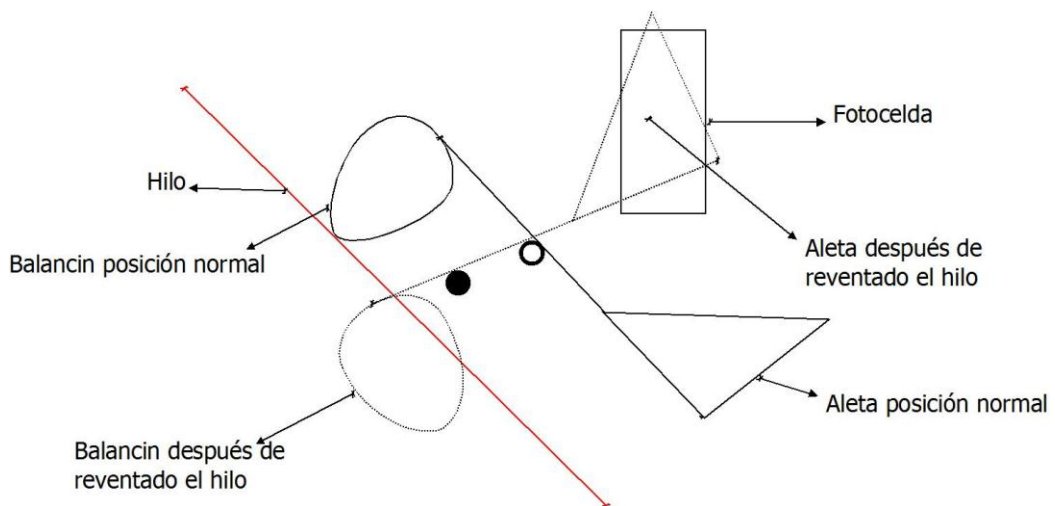
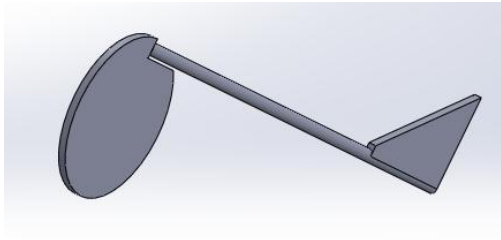
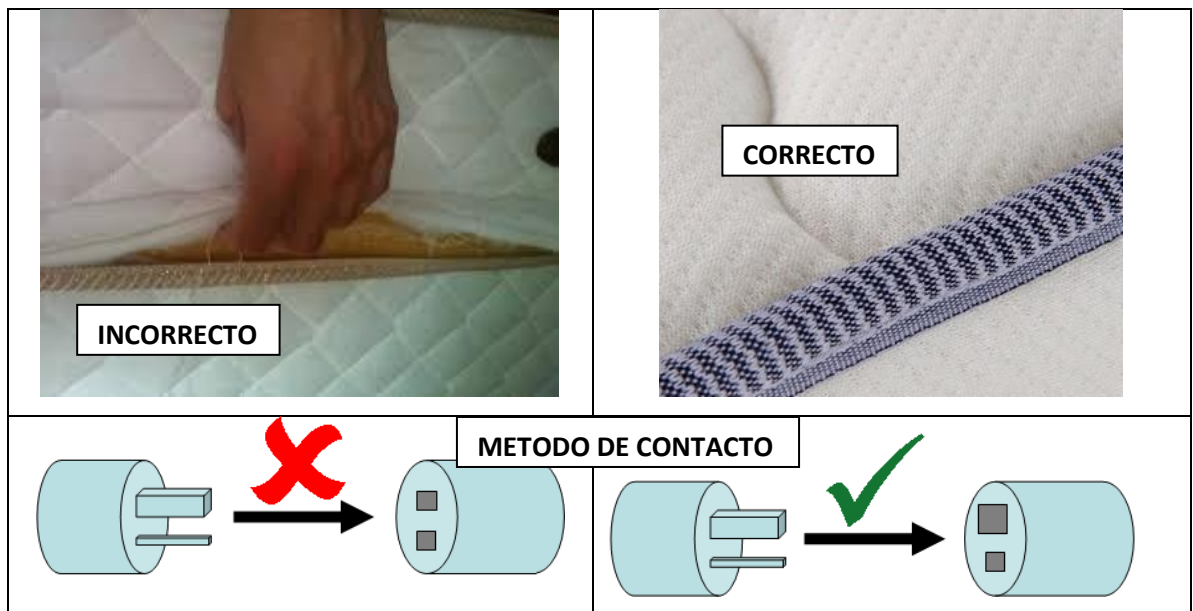


Figura 47. Modelo 3D del sistema Poka Yoke



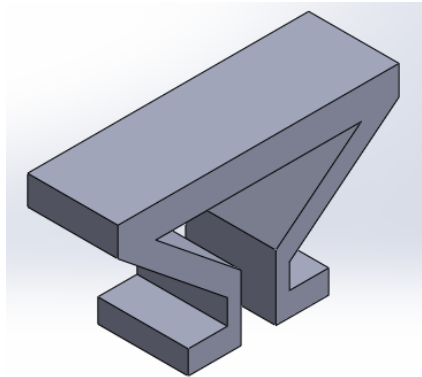
6.1. POKA YOKE PARA EL COSIDO DE LOS RIBETES

La solución base que se busca para éste problema es lograr un mecanismo que al detectar que se han cosido mal las tapas advierta al operario para que corrija el error antes de continuar la operación. La propuesta del POKA YOKE para éste sistema tiene el siguiente modelo conceptual:



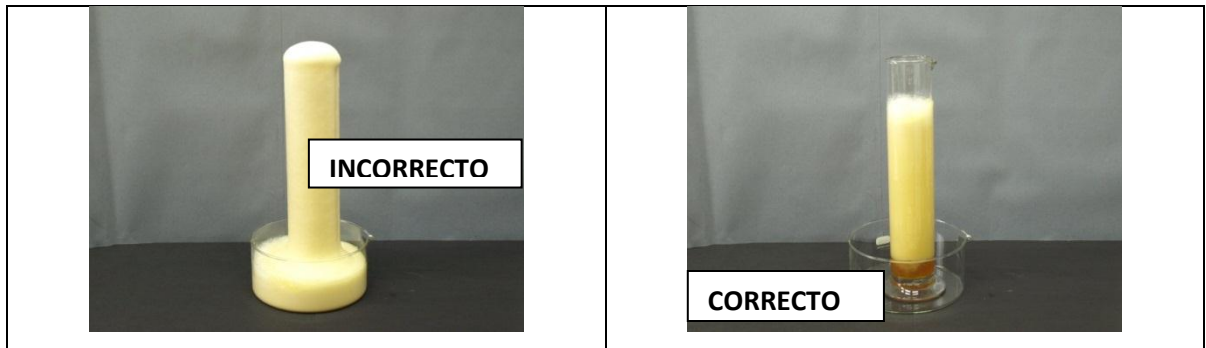
Para solucionar ésta situación se diseña un mecanismo en forma de grapa que se desliza sobre el borde del ribete, de manera que si el cosido se realiza de manera correcta se desplace sin inconvenientes, pero en caso de haber un error, se enganche en el ribete evitando que el operario pueda seguirlo desplazando.

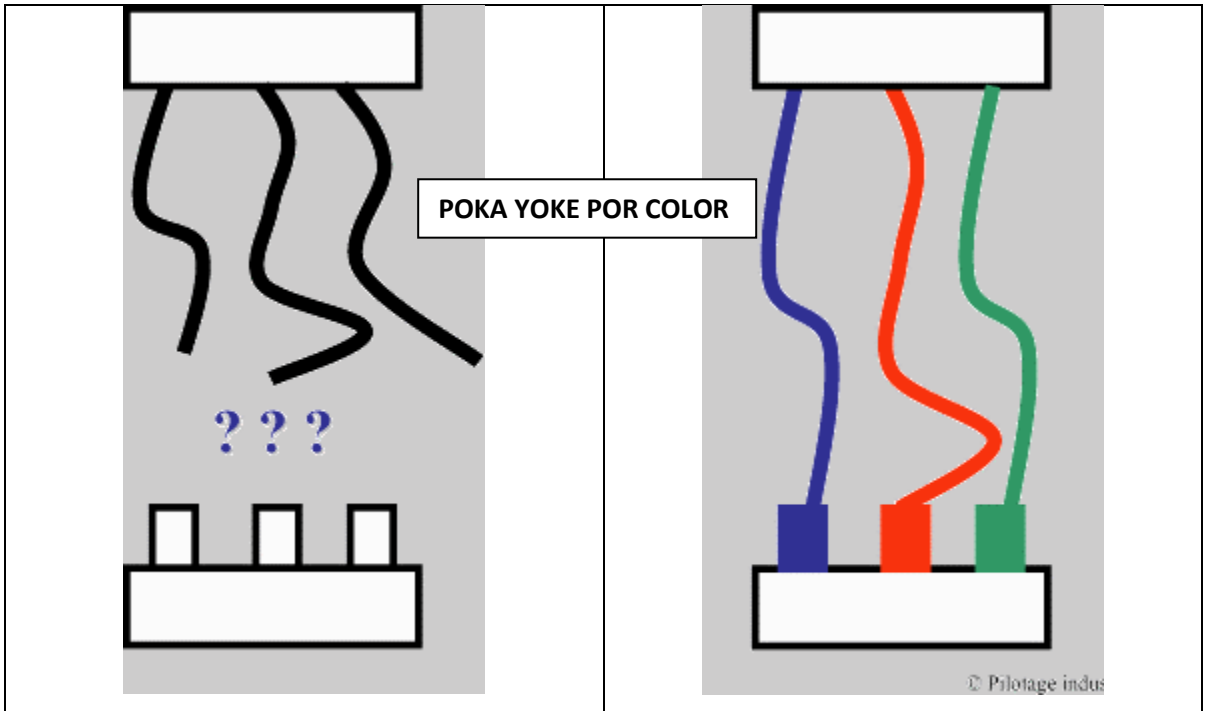
Figura 48. Modelo Poka Yoke para ribetes



6.2. POKA YOKE PARA LOS FALLOS AL MEDIR LOS QUÍMICOS

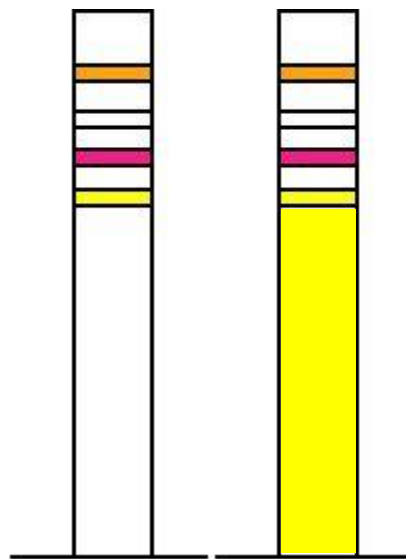
La propuesta del POKA YOKE para éste sistema tiene el siguiente modelo conceptual:





Para solucionar éste problema se optó por identificar los niveles necesarios para cada densidad en las probetas de medición con una cinta del color con el que se identifica cada densidad.

Figura 49. Probeta con marcas de colores.



7. MANTENIMIENTO AUTONOMO

El mantenimiento autónomo al ser realizado por el operario hace necesario que éste pueda disponer de la información necesaria para el mantenimiento y operación del equipo en cualquier momento, por lo tanto se utilizará los formatos LUP's o lecciones de un punto. Los LUP's son formatos en forma de ficha que describen los procesos a realizar en ciertas situaciones. Antes de poder implementar esto se hace necesario recopilar la información que se va a indexar en éstos, y para lograr éste objetivo se utiliza la metodología del *mantenimiento autónomo en siete pasos* para cada equipo.

7.1. SIETE PASOS PARA LAS MÁQUINAS DE COSER

Figura 50. Máquina de coser



7.1.1. Limpieza inicial

Para las máquinas de coser es necesario limpiar la mesa de trabajo para eliminar residuos de hilo, ribete o cualquier suciedad u objeto extraño que pueda entorpecer la operación. Esto comprende las pelusas, hilo suelto o polvo que se acumula en el porta agujas, las bobinas y el canillero. Igualmente se debe limpiar todas las zonas por dónde pasa la aguja, desenganchar el prensa telas también es necesario porque en ésta zona se puede acumular polvo y suciedad.

Por último abrir la tapa dónde se aloja la canilla y también repasarlo con un pincel o brocha para eliminar pelusa y residuos.

7.1.2. Proponer medidas y señalar las causas y efectos de la basura y el polvo

Se aconseja que al momento de cortar el hilo y el ribete se haga lo más cerca posible de la aguja de la máquina para evitar que queden puntas sueltas, además los residuos deben colocarse inmediatamente en un depósito adecuado para evitar que queden en lugares inconvenientes.

En caso de que la aguja éste torcida o que la guía del ribete éste desalineada el cosido no se hará correctamente por lo tanto es importante revisar éstas características.

7.1.3. Estándares de limpieza y lubricación

Es necesario que el porta canillas esté bien aceitado, después de destapado aplicar unas gotas de aceite en el mecanismo lo mantendrá en buen estado. El equipo debe mantenerse sin polvo ni suciedad todo el tiempo.

Igualmente la tijera para posicionar la máquina debe estar correctamente aceitada para que no se trabe y no debe presentar óxidos ni abolladuras para que no tenga problemas al manipularse.

7.1.4. Inspección general

La máquina funciona correctamente, los cables eléctricos están en buen estado y tanto la aguja como el mecanismo de cosido están en buen estado, no hay vibraciones ni desajustes que se presenten inesperadamente.

7.1.5. Inspección autónoma

En el apartado de inspección autónoma se recopila la información para detallar el manual con el que el operario mantendrá la máquina, a continuación se enumeran los pasos a seguir:

1. Limpiar la superficie de la mesa y de la máquina.
2. Revisar la aguja buscando que no esté torcida ni agrietada.
3. Revisar el prensatelas asegurándose de que el tornillo de sujeción esté fijo.
4. Destapar el alojamiento de la canilla y limpiarla.
5. Desmontar la canilla y la lanzadera y limpiarlas. Cuando estén limpias aplicar aceite.
6. Desmontar la placa inferior al prensa telas removiendo los tornillos que la sujetan y limpiar la suciedad que pueda estar presente.

7.1.6. Organización y ordenamiento

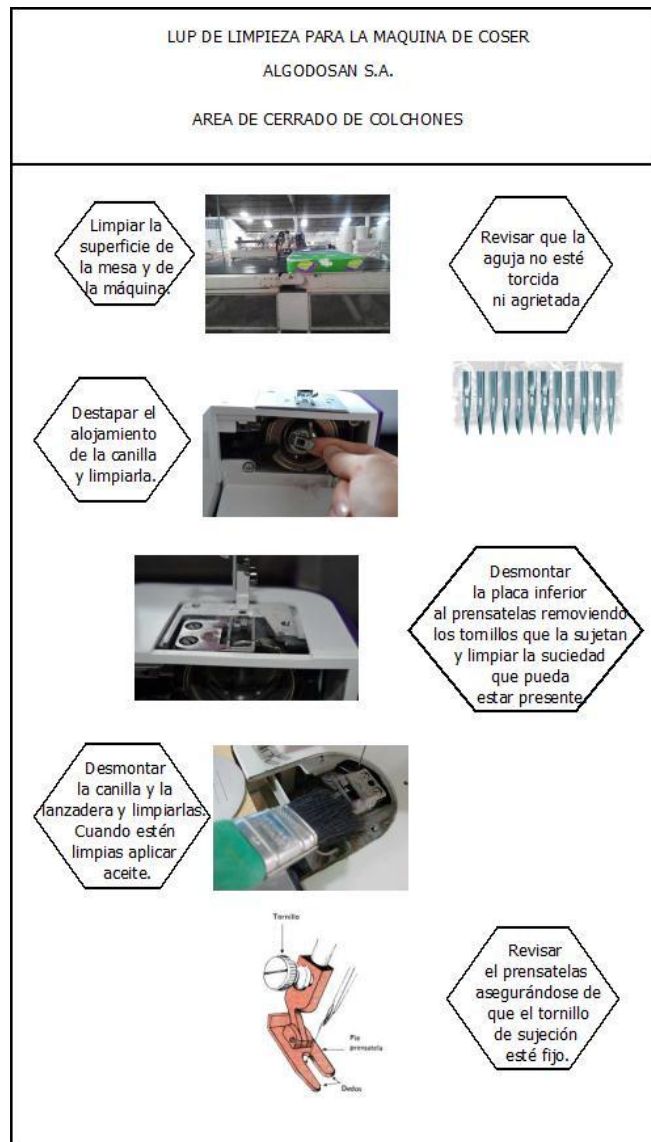
Es importante mantener los elementos de mantenimiento cerca de la estación de manera que permita su manutención rápida pero de igual manera no deben interferir con la operación normal, en función de su uso deben poder ser accesibles al operario.

7.1.7. Término de implantación

Después de haber ejecutado todas las acciones recopiladas, sobre todo en el aparte 7.1.5. el operario será capaz de manejar la manutención básica de su

equipo pudiendo mejorar su desempeño y alargando su vida útil. Para esto se presenta un LUP que permita realizar seguimiento de las labores de mantenimiento de éste equipo.

Figura 51. LUP Máquina de coser



7.2. SIETE PASOS PARA EL CARRUSEL DE CORTE

Figura 52. Carrusel de corte



7.2.1. Limpieza inicial

Antes de empezar el proceso de implantación del mantenimiento autónomo es necesario limpiar la estación de trabajo, eliminar los residuos de los cortes de espuma de la plataforma y de la cuchilla, igualmente se debe barrer el suelo y los alrededores ya que la espuma al ser tan liviana puede volver a ingresar a la máquina.

También es importante limpiar las poleas del mecanismo de corte, pueden acumular polvo y dificultar la operación. La rueda de fricción, ubicada al lateral de la plataforma, no debe acumular suciedad y por lo tanto debe ser limpiada con un

cepillo, conjuntamente con lo anterior el motor que realiza el movimiento de la plataforma debe estar limpio.

7.2.2. Proponer medidas y señalar las causas y efectos de la basura y el polvo

Al ser una máquina que trabaja constantemente con espuma recién producida la suciedad mas común que puede acumularse en este equipo son residuos de este material por lo tanto es de especial cuidado eliminar las motas y recortes que puedan ser sobrantes, si llegan entrar al sistema de bandas harían resbalar el sistema haciendo saltos en el corte. De igual manera si entran entre la rueda de fricción y la plataforma dificultarían el proceso de corte

7.2.3. Estándares de limpieza y lubricación

La zona de poleas del mecanismo de corte debe estar limpia y libre de residuos de espuma, además aplicar aceite sobre los rodamientos servirá para mejorar su movimiento y que le equipo no presente fallas prematuras. Igualmente se hace necesario aceitar los rodamientos de la rueda de fricción y de los rodillos de la plataforma, se debe prestar atención a no aplicar demasiado aceite de tal forma que pueda caer en los bordes de la plataforma dificultando su movimiento.

7.2.4. Inspección general

Al revisar el funcionamiento de la máquina no se detectan vibraciones anormales ni movimientos incorrectos, tanto de la plataforma como de la cuchilla de corte pero ésta última si tiende a desajustarse por lo que se debe controlar su ajuste periódicamente.

7.2.5. Inspección autónoma

A continuación se listan las acciones necesarias para realizar el mantenimiento autónomo del carrusel de corte:

1. Limpiar la superficie de motores, plataforma y cuchilla usando una brocha y un trapo limpio.
2. Abrir el compartimiento del mecanismo de corte para eliminar la suciedad y de las poleas y la banda.
3. Revisar los tornillos del desplazamiento vertical de la cuchilla para determinar su estado y aceitarlos.
4. Revisar la tensión de la cuchilla y en caso de ser necesario ajustarla, esto se realiza apretando el tornillo que se encuentra a la derecha de la cuchilla con la llave especializada.
5. Limpiar los rodillos ubicados en la parte inferior de la plataforma para eliminar el polvo que pudiese acumularse, igualmente aceitar los rodamientos de cada uno.
6. Revisar los bordes de la plataforma para conocer su estado, no debe estar sucio ni presentar grietas.
7. Para la rueda de fricción se recomienda realizar el procedimiento anterior.

7.2.6. Organización y ordenamiento

Debido a que en este caso no se necesitan gran cantidad de implementos para realizar el mantenimiento no se hace necesario mantener varios implementos cerca de la estación, a excepción de la llave para el templado de cuchilla


7.2.7. Término de implantación

Se debe prestar atención a seguir las recomendaciones planteadas para el mantenimiento de la estación con la regularidad requerida, las limpiezas y revisiones deben ser rigurosas y disciplinadas para así obtener los mejores resultados de este proceso. En LUP de revisión del equipo se puede observar la puesta a punto de su mantenimiento.

Figura 53. LUP Carrusel de corte.


LUP DE LIMPIEZA PARA LA MAQUINA CARRUSEL
ALGODOSAN S.A.
AREA DE CORTE DE COLCHONES

Limpiar la superficie de motores, plataforma y cuchilla usando una brocha y un trapo limpio y aceitar los rodamientos.




Revisar los tornillos del desplazamiento vertical de la cuchilla para determinar su estado y aceitarlos.


Revisar la tensión de la cuchilla y en caso de ser necesario ajustarla, esto se realiza apretando el tornillo que se encuentra a la derecha de la cuchilla con la llave especializada.



Abrir el compartimiento del mecanismo de corte para eliminar la suciedad de las poleas y la banda.



Para la rueda de fricción revisar que no hayan partículas extrañas ni resquebrajaduras.



7.3. SIETE PASOS PARA LA PRENSA DE CASSATA

Figura 54. Prensa de cassata



7.3.1. Limpieza inicial

Es necesario realizar una limpieza extendida en el área antes de poder determinar las acciones de mantenimiento, esta limpieza comprende mangueras, cilindro, tablero, depósitos y alrededores de la estación. Para las mangueras y el depósito de aceite se aconseja usar una tela limpia para repasar las conexiones y la superficies del tanque, de esta manera se pueden detectar quiebres o fugas que puedan afectar el funcionamiento del mecanismo.

El cilindro también debe ser limpiado para conocer si se encuentran fallas en esta zona además durante la limpieza se busca conocer la integridad del elemento.

Al ser una estación que trabaja con recortes de espuma y con variedad de químicos es importante mantener el suelo y los alrededores de la estación limpios para asegurar el buen funcionamiento de la zona de trabajo, esto especialmente enfocado en los rines de desplazamiento de los moldes.

7.3.2. Proponer medidas y señalar las causas y efectos de la basura y el polvo

Durante el llenado de la tolva, a su vez en el vertido de la espuma mezclada con los químicos en el interior del molde los recortes de espuma se pueden esparcir por el área, en caso de caer en los rines en donde se desplazan los moldes dificultarían su movilidad y la operación en general.

7.3.3. Estándares de limpieza y lubricación

Como se ha venido recalando es importante mantener la estación de trabajo libre de partículas que puedan dificultar la producción, esto por parte de la parte de manufactura directa de los bloques, pero en el área de prensado se hace necesario revisar cuidadosamente que las válvulas direccionales así como las de alivio del sistema estén correctamente lubricadas.

7.3.4. Inspección general

A la hora de revisar el sistema en general, los componentes hidráulicos son los que deben tener una mayor atención, al revisar el equipo no se detectaron fugas ni en la bomba ni mangueras ni válvulas, así como se evidenció el buen funcionamiento del molde al sellarse y desplazarse por la estación.

Es importante recalcar que se deben mantener los niveles de presión para el prensado en no por debajo de los 60 PSI y el nivel de aceite en el depósito en los niveles adecuados demarcados en el medidor.

7.3.5. Inspección autónoma

A continuación se listan las acciones necesarias para realizar el mantenimiento autónomo de la prensa de cassata:

1. Barrer el suelo y limpiar mangueras, depósito de aceite y conexiones.
2. Revisar el nivel de aceite del depósito. En caso de estar bajo llenarlo con el aceite recomendado.
3. Revisar las conexiones eléctricas, cables y control de accionamiento.
4. Determinar que el manómetro esté funcionando correctamente.
5. Cerciorarse que el cilindro realice la carrera completa y se desplace verticalmente.

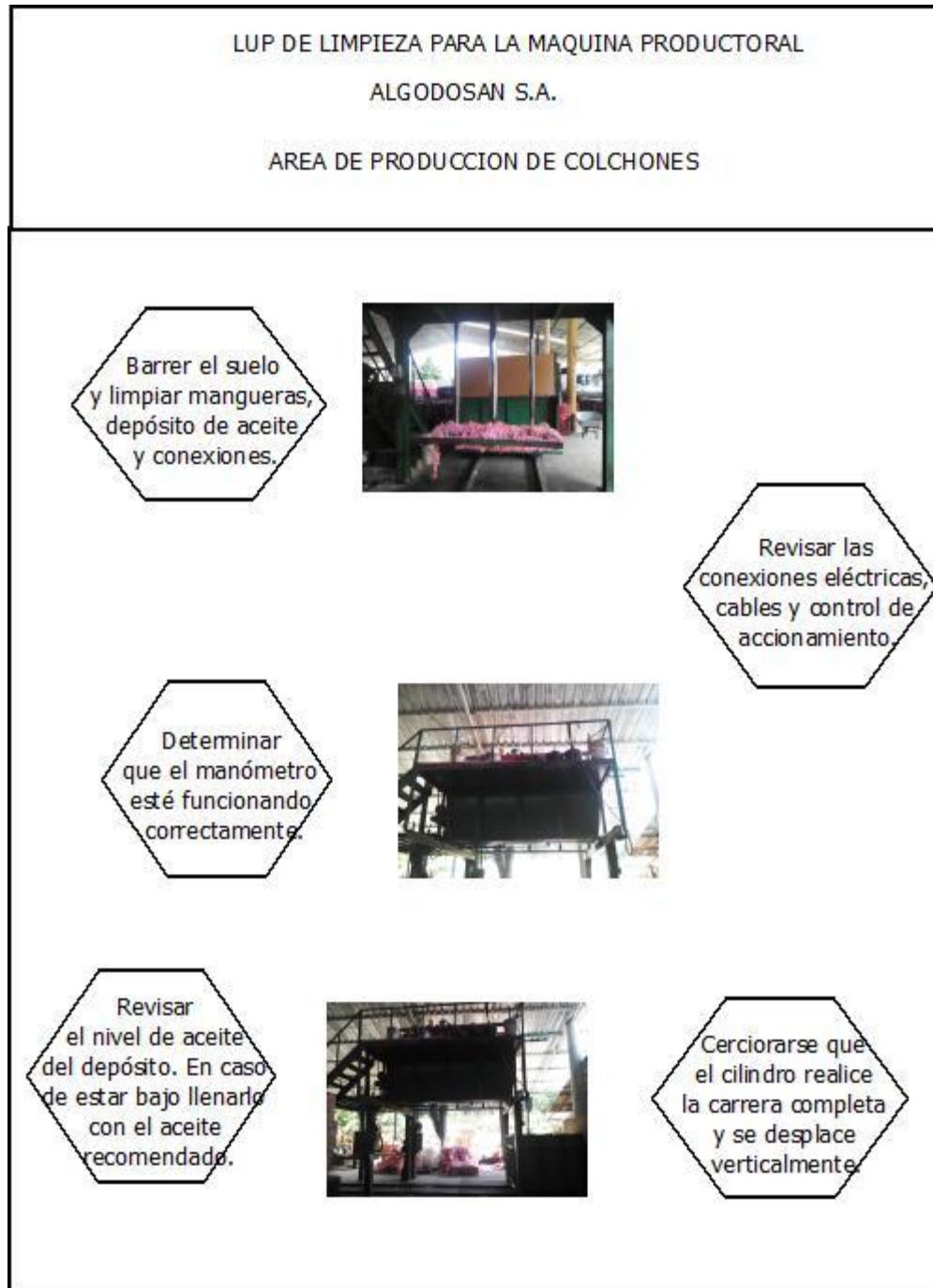
7.3.6. Organización y ordenamiento

Para esta estación no se necesitan elementos especiales para su mantenimiento, pero se recomienda tener cerca de la estación arena u otro elemento absorbente en caso de presentarse fugas.

7.3.7. Término de implantación

Al ser una máquina con sistemas tan precisos se recomienda que se preste especial atención a su mantenimiento, en caso de presentarse fugas debe ser apagada y reportado su fallo, de igual manera la revisión de las válvulas debe hacerse periódicamente con el fin de evitar accidentes o malfuncionamientos. El LUP a continuación muestra las medidas de mantenimiento necesarias para poner a punto la productora de cassata.

Figura 55. LUP cassata.



8. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

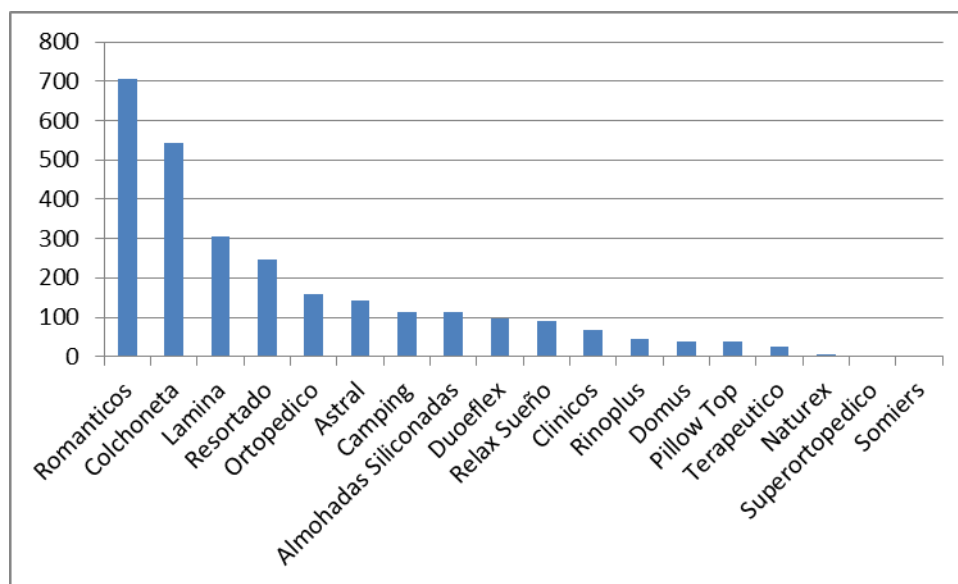
Existen diferentes metodologías que permiten realizar distribuciones de los puestos de trabajo, cada una toma un enfoque diferente a la hora de abordar el tipo de conexión entre estaciones, para este proyecto se utilizarán dos modelos distintos, el método de los pasos o etapas de Immer y el modelo de Buffa con el fin de contar con dos aproximaciones distintas a la solución.

8.1. MODELO DE BUFFA

8.1.1. Paso 1. Flujo de material

El primer paso del modelo de BUFFA consiste en determinar la cantidad de flujo de material que hay entre estaciones de trabajo, ésta información se obtuvo de las ordenes de trabajo para el año 2015.

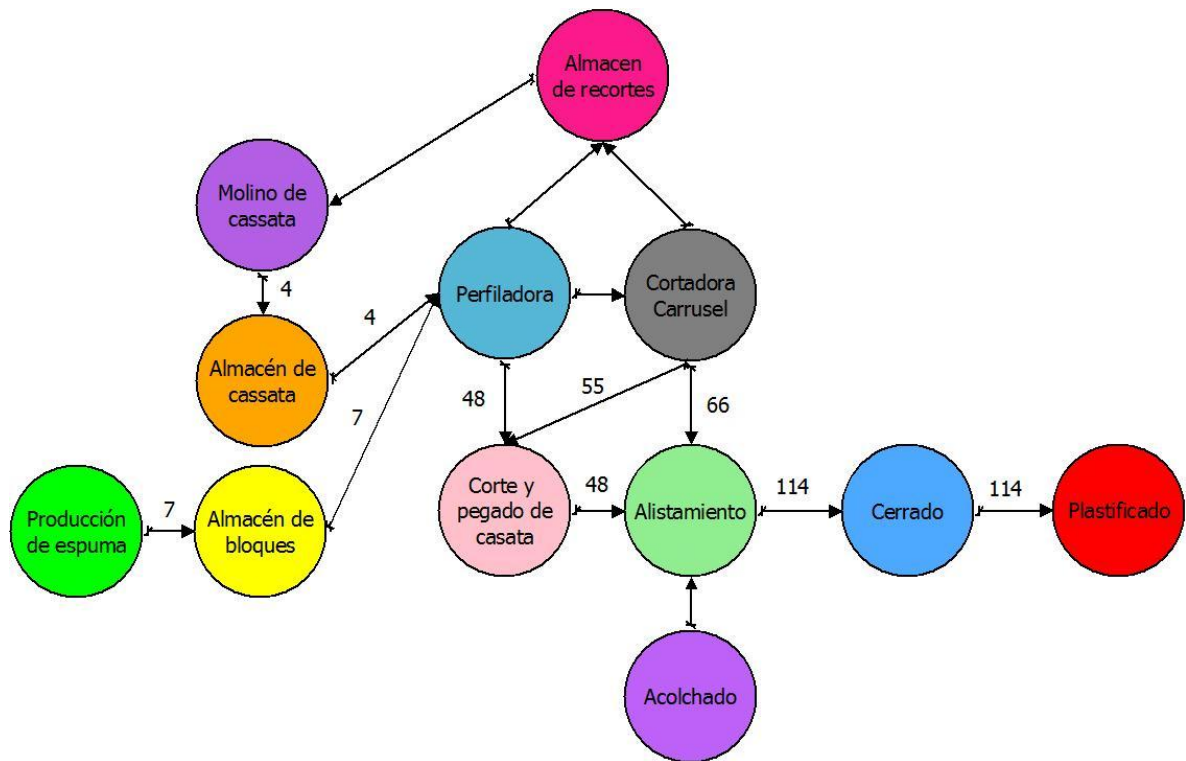
Figura 56. Producción diaria de colchones



8.1.2. Paso 2. Relación entre actividades

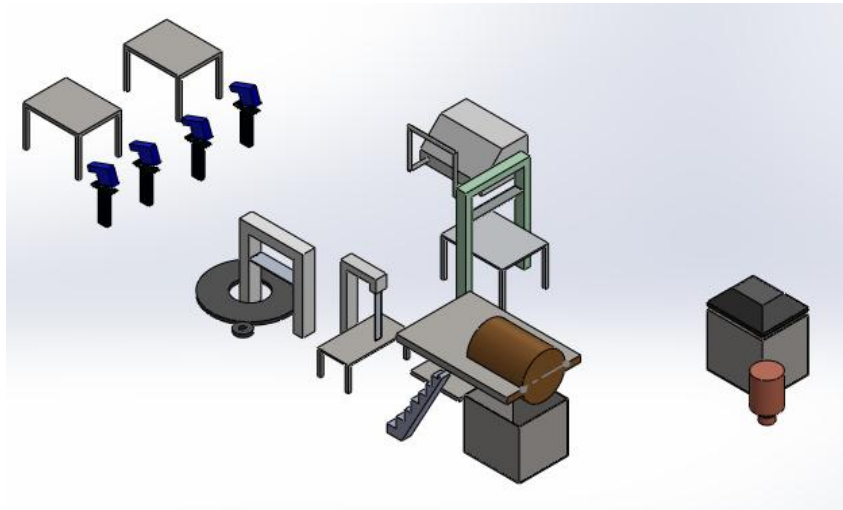
En este paso se detallan las líneas que conectan las estaciones de trabajo, sobre cada línea se detalla la cantidad de unidades de material que van de estación en estación.

Figura 57. Relación entre actividades de Buffa



8.1.3. Paso 3. Ubicación de las estaciones

Después de tener la relación de actividades se integran en el área de la planta buscando la mayor cercanía entre actividades.



8.2. MODELO MUTHER

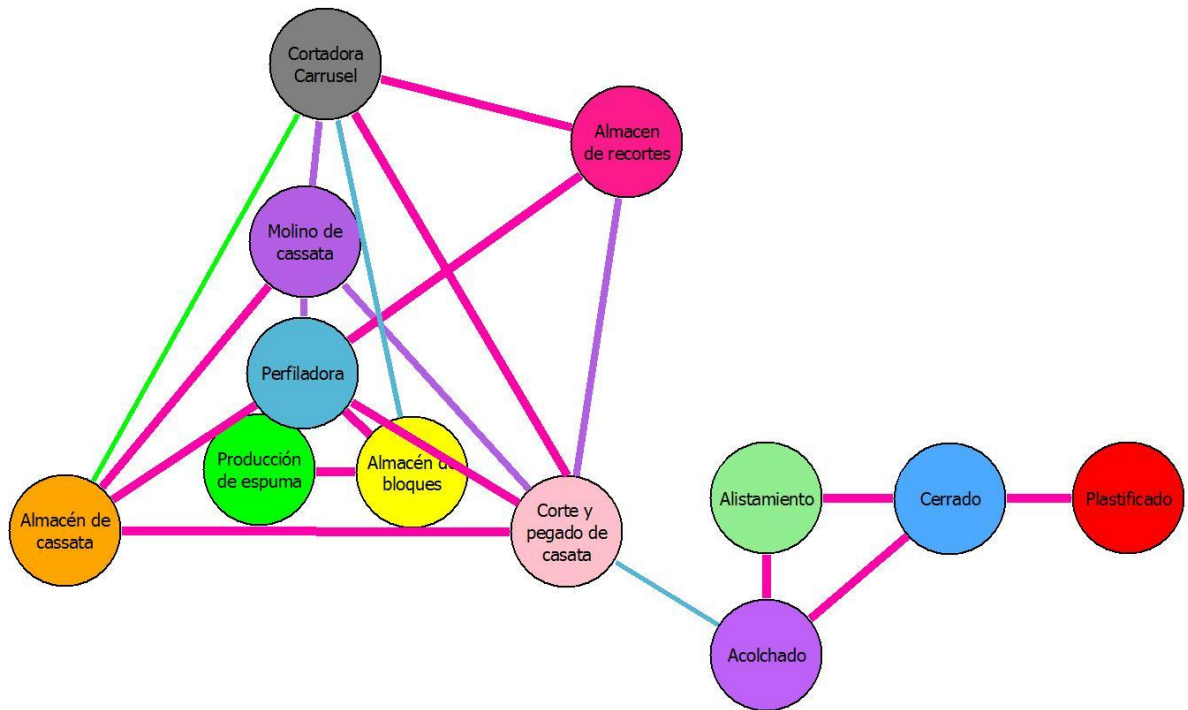
8.2.1. Paso 1. Análisis de relaciones entre actividades

El primer paso del modelo de MUTHER busca relacionar cada actividad con las demás de manera que se conozca cuales son fundamentales entre sí y por ende se busca que puedan estar mas cerca en la distribución de planta.

Figura 60. Guía para aplicación de importancia de Muther

<u>Código</u>	<u>Relación</u>
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	Rechazable

Figura 62. Relación de líneas de importancia de Muther



Como se puede ver en comparación de los métodos de Buffa y Muther éste último presenta muchísimos mas cruces que su contraparte, por la tanto pude descartarse como opción aplicable debido a su ineficiencia.

9. ANALISIS COSTO BENEFICIO

Para comprobar la efectividad de la implementación de las distintas propuestas contenidas en este documento, es importante conocer los requisitos económicos que aplican a cada una y la rentabilidad que ofrecen. Esta rentabilidad se refiere a los ahorros que puede hacer la compañía frente a la forma en que lleva su manufactura actualmente con un horizonte de inversión de cinco años.

9.1. PRESUPUESTO DE INVERSIONES

En este apartado se busca determinar la inversión que se requiere para ejecutar cada una de las propuestas planteadas.

9.1.1. Niveles de inventario

ALGODOSAN S.A. al ser una empresa con un volumen de producción bastante alto (114 unidades diarias) cuenta con un recurso humano suficiente para poder abarcar los nuevos niveles de producción sin tener que adquirir mano de obra adicional ni incrementar las horas laborales. Además al tener un nivel de producción considerable, las materias primas son pedidas al por mayor por lo tanto pueden cubrir también la variación en el modo de producción.

9.1.2. Programa de mantenimiento autónomo

Aunque este aparte no requiere inversión física de material si necesita que los operarios sean capacitados en el manejo de las LUP y de la metodología del mantenimiento autónomo, y ésta capacitación debe darse fuera de la jornada laboral para evitar que la planta deba parar su producción.

Para una mayor facilidad se asume que se va a capacitar a todos los operarios en una misma sesión^{*}, y que la capacitación durará alrededor de dos horas. Por lo tanto con una hora extra con recargo del 25% a la hora nominal (\$4.500/hora) se

^{*} Se busca capacitar a todos lo operarios y no solo a los de las áreas especificadas para el mantenimiento autónomo, debido a que los operarios rotan por las estaciones.

obtiene un valor de \$5.650 el costo de capacitar a los operarios es de \$226.000. Además el costo de producir las LUP's se acerca a los \$200.000 por cada una, siendo tres el costo asciende a \$600.000 y sumándole el proceso de creación intelectual de las mismas (\$400.000) se puede redondear a \$1.226.000.

9.1.3. Rediseño de layout

Para determinar la inversión requerida para poder rediseñar el layout de la empresa es necesario estimar el costo de desplazar las estaciones de trabajo en la que están involucradas máquinas, según estimaciones se determinaron los costos incluidos en la tabla 20.

Tabla 20. Estimación de costos de reubicación

Equipo	Coste por traslado
Carrusel de corte	\$ 1.200.000
Molino de cassata	\$ 2.600.000
Corte y pegado de cassata	\$ 1.700.000
Producción de espuma	\$ 2.400.000
Perfiladora	\$ 1.800.000
Acolchadora	\$ 2.200.000
Total	\$ 11.900.000

Independientemente de su reubicación final, desde que sea dentro de la misma compañía se puede tomar \$11.900.000 como el valor estimado de trasladar todos los equipos mencionados.

9.1.4. Implementación de las 5's operativas

Así mismo como en el programa de mantenimiento autónomo para la implementación de las 5's se hace necesario capacitar a los operarios abarcando un costo similar de \$226.000. Además de éste costo es necesario tomar en cuenta los costos de los implementos de organización como lo son estantes y repisas.

Tabla 21. Costes de implementación de las 5s

Coste	Valor
Capacitación	\$ 226.000
Estantes y montaje	\$ 3.200.000
Repisas	\$ 1.900.000
Total	\$ 5.326.000

9.1.5. Implementación Poka Yoke

Una de las ideas de los Poka Yoke es que sean sencillos y no tengan un costo relevante. Pero aun así su diseño e implementación puede ordenarse de la forma descrita en la tabla 22.

Tabla 22. Costos Poka Yoke

Error a corregir	Unidades	Coste por unidad	Total
Acolchado	12	\$ 25.000	\$ 300.000
Ribete	4	\$ 17.000	\$ 68.000
Espuma	4	\$ 7.000	\$ 28.000
		Total	\$ 396.000

En total para la implementación de todas las recomendaciones es necesario invertir alrededor de \$396.000 en total.

9.2. ESTADO DE COSTOS

Para continuar con el análisis, se busca estimar los beneficios de implementar las medidas descritas con anterioridad e igual que con la inversión inicial se analiza cada propuesta individualmente.

9.2.1. Niveles de inventario

Para determinar el beneficio de implementar niveles de inventario optimizados se puede recurrir al análisis del costo por mantener inventario, y comparar los costos

del nivel de producción mensual, tal como lo maneja ALGODOSAN S.A. actualmente, con la propuesta descrita en el capítulo 5.

Por medio de la fórmula $TC = \frac{D}{Q} * S + \frac{Q}{2} * H$ y con los datos de la tabla 20 se puede

Tabla 23. Información cálculos inventario

REFERENCIA	D	H	Precio de venta	S	Q	Q Mensual	
ASTRAL	100x18	435,00	\$ 105.000,00	\$ 350.000,00	9.715.643,88	283,73	36,25
	120x18	311,00	\$ 112.500,00	\$ 375.000,00	10.409.618,45	239,90	25,92
	140x18	459,00	\$ 123.600,00	\$ 412.000,00	11.436.700,80	291,45	38,25
	140x25	50,00	\$ 180.000,00	\$ 450.000,00	10.054.833,28	74,74	4,17
RELAX SUEÑO	100x15	423,00	\$ 96.000,00	\$ 320.000,00	10.120.567,80	298,64	35,25
	100x17	317,00	\$ 100.500,00	\$ 335.000,00	9.680.350,40	247,12	26,42
	140x17	398,00	\$ 127.500,00	\$ 425.000,00	12.281.041,55	276,90	33,17

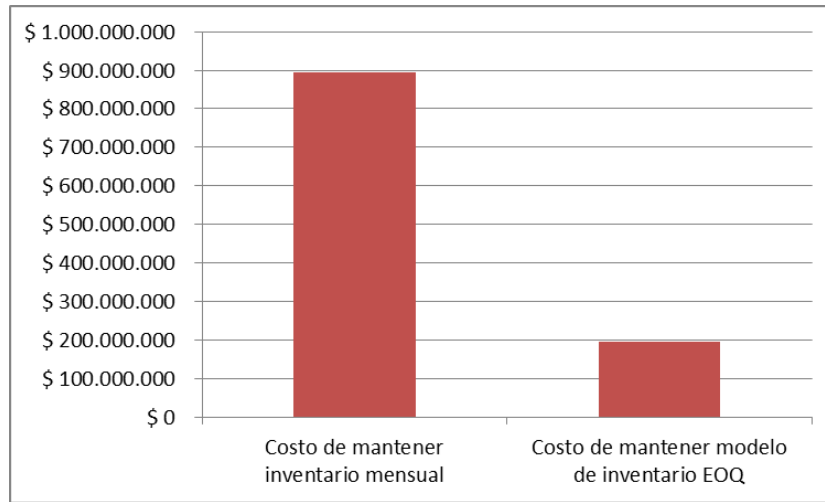
determinar el costo de mantener inventario en ambos modelos, como se ve en la tabla 24, en dónde el costo de mantener inventario optimizado es un 22% del costo actual de mantener stock mensualmente.

Tabla 24. Costos de mantener inventario

	Tc	Tc Mensual	Porcentaje del inventario total
	\$ 29.791.342,18	\$ 118.490.851,60	74,86
	\$ 26.989.128,38	\$ 126.373.233,86	78,64
	\$ 36.023.089,39	\$ 139.604.259,60	74,20
	\$ 13.453.140,86	\$ 121.032.999,30	88,88
	\$ 28.669.705,86	\$ 123.138.813,57	76,72
	\$ 24.835.516,63	\$ 117.491.642,31	78,86
	\$ 35.304.431,84	\$ 149.486.873,64	76,38
Total	\$ 195.066.355,14	\$ 895.618.673,88	78,22

Implementando las nuevas políticas de mantenimiento de inventario se logran ahorrar \$700.552.318 anualmente, un 78,22% menos.

Figura 63. Ahorro en los costos de mantener inventario.



9.2.2. Programa de mantenimiento autónomo

Con el programa de mantenimiento autónomo se busca aumentar la disponibilidad de los equipos involucrados, en dónde según la empresa, pasan hasta 3 horas a la semana detenidos por cuestiones de mantenimiento o revisiones. Según la producción mensual, en una hora genera una pérdida de \$9.723.594 mensualmente.

Tabla 25. Calculo de perdidas por mantenimiento

Referencia	Precio por unidad	Unidades por hora	Precio por hora	Por tres horas
Romanticos	\$ 470.000	3,68	\$ 1.728.229	\$ 5.184.688
Resortado	\$ 520.000	1,29	\$ 668.958	\$ 2.006.875
Ortopedico	\$ 418.000	0,82	\$ 343.979	\$ 1.031.938
Astral	\$ 130.000	0,74	\$ 96.823	\$ 290.469
Duoeflex	\$ 170.000	0,51	\$ 85.885	\$ 257.656
Relax Sueño	\$ 108.000	0,47	\$ 50.625	\$ 151.875
Clinicos	\$ 213.000	0,35	\$ 75.438	\$ 226.313
Rinoplus	\$ 112.000	0,24	\$ 26.833	\$ 80.500
Domus	\$ 360.000	0,21	\$ 75.000	\$ 225.000
Pillow Top	\$ 274.000	0,19	\$ 52.802	\$ 158.406
Terapeutico	\$ 134.000	0,13	\$ 17.448	\$ 52.344
Naturex	\$ 220.000	0,04	\$ 8.021	\$ 24.063
Superortope	\$ 388.000	0,02	\$ 8.083	\$ 24.250
Somiers	\$ 295.000	0,01	\$ 3.073	\$ 9.219
		Total	\$ 3.241.198	\$ 9.723.594

9.2.3. Rediseño layout

Con la modificación de la distribución de los puestos de trabajo, se busca reducir el tiempo que pasa el producto entre estaciones. Actualmente, con la distribución actual y con el desplazamiento normal de los operarios, el transporte de la unidad entre estaciones tiene que recorrer cerca de los 16 metros para pasar por la zona de producción hasta el final de la línea de ensamblaje y con una velocidad promedio humana de 0,7 m/s la unidad pasa 23 segundos en transporte y si la producción diaria es de 114 unidades (en un turno de 8 horas) se puede estimar que por minuto se producen 0,3 colchones o lo que es lo mismo 3.33 minutos en la manufactura de cada colchón.

Así que con ésta información se puede deducir que en el tiempo destinado a transporte se deja de producir 0.1 colchones lo que representa 274 colchones de la producción mensual.

Usando la cantidad de colchones que se fabrican de cada referencia se puede determinar que el monto dejado de percibir por transporte en ésta situación es de \$62.231.000.

Utilizando la propuesta de organización se reduce la distancia que debe recorrer cada colchón a 7 metros, usando la metodología anterior el monto que se deja de obtener por transporte es de \$31.115.500.

9.2.4. Implementación 5's y Poka Yoke

ALGODOSAN S.A. al tener un nivel de manufactura de cerca de 2743 unidades mensuales puede constatar que se presenta cierta cantidad de fallos de calidad, y que a pesar de no tener registros fijos de control acerca de dichos fallos pueden estimarse en los siguientes datos:

Tabla 26. Porcentaje de fallas en los colchones

Fallo de calidad	Porcentaje de la producción
Mal cosido del acolchado	60%
Bocado en el ribete	35%
Huecos en la espuma	87%

Es necesario comentar el por qué a pesar de los niveles de fallos tan altos, no hay seguimiento estricto de estos ni un mejoramiento anterior, al ser una empresa integral ALGODOSAN S.A. busca reducir al mínimo el impacto de los fallos de calidad, por lo tanto en la misma estación busca aprovechar la materia prima defectuosa, especialmente en el cosido del acolchado y los huecos de la espuma, sobre todo éste último defecto se presta para esta situación, debido a que presenta la posibilidad de recortar la zona afectada y completarla con otra parte de espuma, o en el peor caso convertirlo en cassata y utilizarlo en este proceso. Para el análisis costo-beneficio es importante tener en consideración ésta práctica debido a que cada vez que hay un fallo de calidad no debe tomarse como una total pérdida sino una disminución en su valor pronosticado, debido a que una lamina de cassata tiene un valor comercial menor a su equivalente en cualquier espuma.

Lo dicho anteriormente sólo aplica para los dos fallos mencionados, para los bocados en el cosido de los ribetes, en caso de producirse, éste fallo iría hasta la siguiente estación, o en el peor de los casos al consumidor final, acarreando el costo de la garantía total o en caso de lograr detectarse el fallo en la sección de cerrado haría necesario soltar todo el cosido y repetir la operación con los costos que esto signifique.

Después de conocer las estadísticas de los fallos más comunes se necesita determinar económicamente como repercuten en la empresa y se analizará por aparte cada uno.

9.2.4.1. Mal cosido del acolchado

En caso de detectarse en la línea, el costo representativo de arreglar la sección de tela afectada por el fallo depende de la extensión del mismo, en casos pequeños sólo se recorte el hilo sobrante y se deja el colchón sin ningún reparo adicional. Ésta operación representa mas que recursos en sí tiempo perdido por la corrección del defecto, que se calculo para diversas ocasiones como se muestra en la tabla 18. Como se puede observar el tiempo que conlleva corregir el fallo es de cerca del 25% del tiempo total del proceso, por lo tanto por cada cuatro colchones de determinada referencia se deja de fabricar uno.

Tabla 27. Tiempos de ejecución y de corrección de fallas.

	Tiempo de cerrado	Tiempo detenido
Colchón 1	03:25	00:58
Colchón 2	03:02	00:50
Colchón 3	03:28	01:02
Colchón 4	03:16	00:47
Colchón 5	04:02	00:44
Colchón 6	03:23	00:53
Promedio	03:26	00:52

Por lo tanto si alrededor del 60% de producto producido presenta estos fallos mensualmente, en base a la demanda pronosticada para éste trabajo, se dejan de percibir \$ 136.140.000.

Estos datos corresponde sólo a la parada de la línea en busca de arreglar el defecto, en caso de que el producto salga así de la línea de producción y llegue a manos del consumidor se expone a que el 60% de la producción sea devuelta y los costos sean muchísimo mayores, sobre todo porque el defecto es evidente, por lo tanto la garantía puede cobrarse de inmediato.

9.2.4.2. Bocado en el ribete

Como se explicó anteriormente éste defecto es radical en el proceso, debido a que no puede ser reparado sin representar gastos adicionales reales (en referencia a que su corrección emplea recursos) como lo son el hilo extra para coser el boquete. Igual que en la situación anterior, se asume que el fallo se detecta en la línea y no llega al consumidor final.

Para calcular los costos de que se producen cuando ocurre un bocado se hace necesario conocer la acción correctiva, aunque en ciertas ocasiones es necesario soltar todo el ribete y volver a coser la tapa, normalmente solo se corta el hilo en la zona afectada y se vuelve a coser con el fin de cerrar la zona. Para ésta situación se hace un cálculo similar que en el caso anterior, en dónde se compara el tiempo de cosido de un colchón con el necesario para corregir un bocado.

Tabla 28. Tiempos de ejecución y de corrección de fallas. (Bocado en ribete)

	Tiempo de cerrado	Tiempo Corrigiendo un bocado
Colchón 1	03:22	01:02
Colchón 2	03:20	01:05
Colchón 3	03:12	00:58
Colchón 4	03:45	01:12
Colchón 5	02:54	01:14
Colchón 6	03:18	01:08
Promedio	03:18	01:06

Cuando ocurre un bocado cerca del 33% del tiempo de producción es corrigiendo el error, por lo tanto en base a los pronósticos mensuales, para la producción completa mensual se dejan de percibir \$102.861.333, además del tiempo empleado en corregir el defecto también se debe tener en cuenta que se emplea material en dicha corrección. Aproximadamente unos 4 centímetros de hilo son necesarios para volver a coser la sección afectada, según la demanda mensual y el porcentaje de productos que sufren ésta situación, alrededor de 258 unidades van a tener que ser reparadas, por lo tanto se necesitaran 10.32 metros de hilo

para ésta acción. Un carrete de 100 metros cuesta cerca de \$60.000, lo que quiere decir que el metro de hilo costaría \$600 y los 10.32 metros de hilo necesario para reparar los colchones \$6.192, lo que puede ser despreciable frente al monto mensual que representa lo dejado de percibir por corregir la falla.

9.2.4.3. Huecos en la espuma

La manera de analizar éste aparte es un poco diferente a la metodología usada anteriormente ya que en vez de buscar corregir el error sobre el producto se utiliza la materia prima para otro proceso, cada vez que una lámina de espuma, que iba a ser utilizada para fabricar un colchón, presenta boquetes o vacíos en su estructura, se utiliza para fabricar cassata, por lo tanto se debe comparar las ganancias obtenidas de un bloque de cassata frente a un bloque de cualquier otra densidad de espuma. Según información de la empresa, un bloque de éste tipo costaría cerca del \$1.250.000, por lo tanto su relación con los otros bloques de espuma de la misma medida se da de la forma que se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. Relación bloque de cassata/bloque de espuma

Bloque de espuma	Precio	Relación Cassata/espuma
Naranja	\$ 2.300.000	1,84
Blanca	\$ 1.900.000	1,52
Rosada	\$ 2.600.000	2,08
Amarilla	\$ 1.300.000	1,04

Por lo tanto si el 87% de los bloques deben ser convertidos en cassata y tomando que no se convierte la totalidad del bloque en cassata sino la mitad, quiere decir que se puede reducir en la mitad la conversión del bloque.

Con una fabricación diaria de cerca de 7 bloques y siendo el bloque de mayor fabricación el de espuma rosada, el costo de convertir en cassata el bloque de espuma es de \$4.050.000.

9.3. EVALUACION MEDIANTE CRITERIOS ECONOMICOS

9.3.1. Valor presente neto

El valor presente neto permite evaluar proyectos a largo plazo, determinando si al cumplimiento del tiempo planteado se generaran ganancias o se recuperará la inversión.

En este caso se planteara el plazo a cinco años debido a que lo que se busca es corregir procesos en producción con un impacto inmediato. A continuación la formula general para el VPN:

$$VPN = I - \sum \frac{F}{(1 - Tr)^2}$$

Dónde:

I = Inversion inicial; F = Flujo de caja para ese año; Tr = Tasa de descuento

En la tabla 30 se pueden observar las inversiones y los beneficios operativos de implementar cada uno de los modelos.

Tabla 30. Inversión y beneficio de aplicación de modelos

	Inversión	Beneficio
Nivel de inventario	0	\$ 700.552.318
Mantenimiento Autonomo	\$ 1.226.000	\$ 9.723.594
Rediseño Layout	\$ 11.900.000	\$ 31.115.500
5's Operativas	\$ 5.326.000	\$ 243.051.333
Implementación Poka Yoke	\$ 396.000	
Total	\$ 18.848.000	\$ 984.442.745

Y mediante un crecimiento del ahorro del 3% anual se puede estimar a cinco años los balances después de implementadas las recomendaciones.

Tabla 31. Crecimiento 5 años después de implementados los modelos

	Crecimiento año 1	Crecimiento año 2	Crecimiento año 3	Crecimiento año 4	Crecimiento año 5
	\$ 721.568.887,54	\$ 743.215.954,17	\$ 765.512.432,79	\$ 788.477.805,77	\$ 812.132.139,95
	\$ 10.015.301,82	\$ 10.315.760,87	\$ 10.625.233,70	\$ 10.943.990,71	\$ 11.272.310,43
	\$ 32.048.965,00	\$ 33.010.433,95	\$ 34.000.746,97	\$ 35.020.769,38	\$ 36.071.392,46
	\$ 250.342.872,99	\$ 257.853.159,18	\$ 265.588.753,96	\$ 273.556.416,57	\$ 281.763.109,07
TOTAL	\$ 1.013.976.027	\$ 1.044.395.308	\$ 1.075.727.167	\$ 1.107.998.982	\$ 1.141.238.952

$$\begin{aligned}
 VPN = & -\$18.848.000 + \frac{\$1.013.976.027}{1,03^1} + \frac{\$1.044.395.308}{1,03^2} + \frac{\$1.075.727.167}{1,03^3} \\
 & + \frac{\$1.107.998.982}{1,03^4} + \frac{\$1.141.238.952}{1,03^5}
 \end{aligned}$$

$$VPN = \$ 4.903.365.725$$

EL VPN da mayor que cero lo que significa que el proyecto es rentable, además pronostica el valor que se puede obtener con la implementación de las políticas.

10. CONCLUSIONES

- Después de implementar en ALGODOSAN S.A. las filosofías mas importantes de la manufactura esbelta, como lo son las 5's, el mantenimiento autónomo, los sistemas Poka Yoke, la distribución en planta y además el control del nivel de inventario; en las áreas de corte y pegado de cassata, de producción de espuma, de cosido y acolchado, se pudo comprobar la eficacia de éste tipo de modelo para el mejoramiento de los procesos manufactureros. Esto se evidencia sobre todo en el mejoramiento del proceso de control de inventario, de medición de químicos para evitar los huecos en la espuma y de los protocolos de limpieza en el área de producción de espuma, que fueron los ítems que tuvieron las mejoras más evidentes, reduciendo tiempos de producción y aumentando los estándares de calidad.
- Al realizar el análisis de inventario, se determinó que el modelo EOQ es una herramienta sumamente útil para generar una disminución en los costos mediante un inventario óptimo, esto dicho con respecto a que en el análisis de la propuesta, con su implementación se lograría ahorrar cerca de 800 millones de pesos anuales en mantenimiento de inventario, respecto al modelo de producción mensual usado hasta el momento.
- El mantenimiento autónomo representó una herramienta muy atractiva tanto para el ahorro de tiempo usado para el mantenimiento de los equipos, como para involucrar a los operarios en las operaciones de puesta a punto, generando beneficios económicos por una parte, como mejoramiento en el ambiente laboral y en el compromiso con la empresa.
- Al implementar una nueva propuesta de layout se demostró que las unidades pueden pasar un menor tiempo en la línea de manufactura, conduciendo a un ahorro en los costos de producción, además de facilitar el trabajo de los operarios en el transporte de materia prima y de productos en proceso.
- Las cinco eses, específicamente las operativas, demostraron ser indispensables para poder realizar un cambio a fondo en las políticas y

procedimientos de producción, en busca de generar un verdadero cambio que conlleve un mejoramiento y un ahorro en la producción. Además de ser la base de cualquier otro proceso de mejoramiento la aplicación de éstas políticas en las áreas designadas pudieron mejorar el proceso productivo directamente, corrigiendo errores y generando un alto beneficio respecto a un costo muy bajo.

- Los principios de autonomización (automatización con un toque humano) representados por los sistemas Poka Yoke, demostraron ser sumamente efectivos a la hora de desvincular los errores por obra humana del proceso de manufactura. Tanto los Poka Yoke de advertencia, como los de corrección, según el estudio realizado en éste trabajo, permitieron reducir costes significativamente con una inversión mínima frente a los beneficios recibidos, además de que permitieron que el operario pudiera disponer de más tiempo para dedicarse directamente a su estación.
- El análisis costo beneficio permitió demostrar las ventajas de implementar las recomendaciones consignadas en éste trabajo en la empresa ALGODOSAN S.A. pudiendo poner en perspectiva las inversiones frente a los frutos que se espera que se obtengan de estos modelos.
- La bibliografía especializada, registrado en el ANEXO B, en éste tema permite que futuros consultores de éste trabajo puedan acceder a metodologías de información específica sobre la manufactura esbelta y que facilite la aplicación de ésta filosofía para solucionar futuros inconvenientes en la industria que se puedan abordar desde éste punto de vista.

BIBLIOGRAFÍA

Capitulo II Mantenimiento Productivo Total [consultado el 17 de enero de 2016] disponible en <http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_44_176_10_295.pdf>

Conceptos Poka Yoke [consultado 10 de Diciembre de 2015] Disponible en <<http://www.pdcahome.com/poka-yoke/>>

Especial de las 5's [consultado 9 de Diciembre de 2015] Disponible en <http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm>

HERNANDEZ MATIAS, Juan Carlos; VIZAN IDOPE, Antonio. Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación. Madrid. 2013. 178 p.

INFOTEP. Manual para la Implementación Sostenible de las 5 S. Republica Dominicana. 2010. 56p.

Poka Yoke para prevenir errores [consultado 10 de Diciembre de 2015] Disponible en <<http://www.gestiopolis.com/poka-yoke-tecnicas-prevenir-errores-defectos/>>

Principios de método de las 5's [consultado 9 de Diciembre de 2015] Disponible en <<http://www.gestion.org/rsc/30816/principios-del-metodo-de-las-5s/>>

RENDER, Barry; HEIZER Jay. Administración de la producción. México. PERASON PRENTICE HALL. 2007. 474 p.

RINCON CAPERA, Daniel Fernando; RIVERA MURILLO, Martin Eduardo. Implementación del mantenimiento autónomo para la cervecería BAVARIA en el área de servicios industriales. Trabajo de grado ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. 2014. p.226.

SEGURA MARIN, Antonio. Layout Aplicación a un Despacho de Administración de Fincas. Trabajo de Fin de Máster en Organización Industrial y Gestión de

Empresas. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas, 2006. 73p.

Técnica de calidad para la mejora continua [consultado 10 de Diciembre de 2015]
Disponibile en <<http://www.gestiopolis.com/poka-yoke-tecnica-de-calidad-para-la-mejora-continua/>>

Técnica de las 5's [consultado 9 de Diciembre de 2015] Disponible en
<<http://html.rincondelvago.com/tecnica-de-las-5s.html>>

WILSON, Lonnie. How to implement lean manufactuirng. Nueva York. 2008. 335 p.

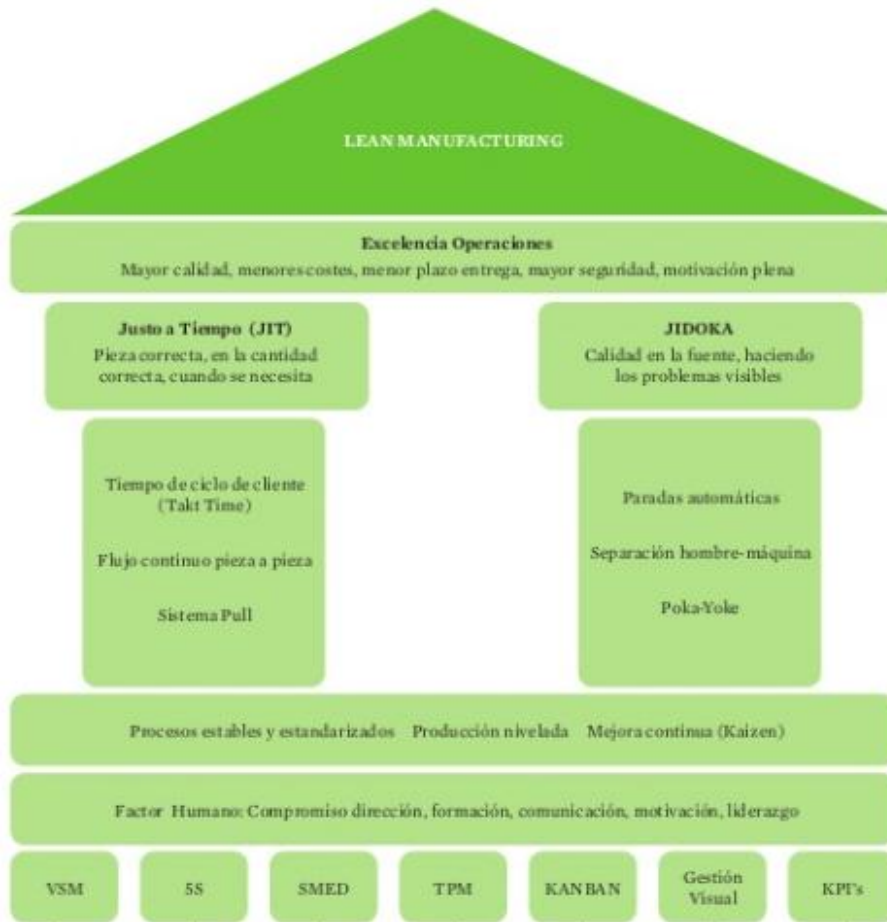
ANEXOS

ANEXO A

CONCEPTOS BÁSICOS DE MANUFACTURA ESBELTA

La casa de la manufactura esbelta está dividida según la importancia del orden de su implementación

Figura 64. Casa de la manufactura esbelta



Fuente: HERNANDEZ MATIAS, Juan Carlos; VIZAN IDOIBE, Antonio. Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación. Madrid. 2013. 178 p.

1. BASES

SMED: Es el acrónimo de *Single-Minute Exchange of Die*: cambio de herramienta en un sólo dígito de minutos. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase *single minute*. Se entiende por cambio de herramientas el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie

hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.

TPM: Es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo.

Es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal de operadores hasta la alta dirección, y orientado a sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

Los procesos fundamentales han sido llamados los pilares. Éstos sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Para el proyecto se hará referencia al mantenimiento autónomo.

Figura 65. Casa TPM



El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, esto es, mecanismos aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo averías, etc. con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.⁷

KANBAN: Es un sistema que controla el flujo de recursos en procesos de producción a través de tarjetas, las cuales son utilizadas para indicar abastecimiento de material o producción de piezas, esta basada en la demanda y consumo del cliente, y no en la planeación de la demanda. Puede entenderse también, como un sistema de producción que determina el flujo de materiales a través de señales que indican cuando debe producirse un bien o producto y cuando debe reabastecerse de materias primas entre dos centros de trabajo que son consecutivos.

Las columnas de dicha casa determinan en gran medida la gestión de la calidad, y la manera en que la producción fluye en la planta.

2. COLUMNAS

JIDOKA: Es una palabra japonesa que en los propios libros de Taiichi Ohno (Fundador del Lean Manufacturing) se traduce como “autonomación”, que significa “automatización con un toque humano”. La idea es que los trabajadores no tengan que supervisar constantemente el funcionamiento de las máquinas, sino dotar de mecanismos que hagan este control automático y que el trabajador sólo tenga que intervenir cuando algo va mal, disponiendo de medios para solucionar los

⁷ Capitulo II Mantenimiento Productivo Total [consultado el 17 de enero de 2016] disponible en <http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_44_176_10_295.pdf>

problemas en el momento que se producen y evitando que los defectos se propaguen aguas abajo del proceso productivo.

TAKT TIME: Se refiere a determinar que tiempo se debe emplear para manufacturar cierto tipo de producto en base a la demanda del cliente, de ésta manera se puede determinar si al ritmo que trabaja la planta se podrá cumplir con la demanda necesaria.

HEIJUNKA: Designa el alisamiento del programa de producción por el volumen y el mix de productos fabricados durante un tiempo dado. Permite amortiguar las variaciones de la demanda comercial produciendo, por pequeños lotes, varios modelos diferentes en la misma línea de producción.

Con este sistema, los productos no se fabrican directamente según las necesidades de los clientes. La cartera de pedidos de un periodo dado esta alisada para poder fabricar cada día la misma cantidad y el mismo mix de productos.

JUST IN TIME: Se basa en la filosofía de “la cantidad exacta, del producto exacto, en el momento exacto” desde las áreas de la planta hasta los proveedores deben estar integrados de manera que los procesos no deban detenerse nunca y que sea el siguiente punto de la cadena el que “tire” (pull) el producto de estación en estación, eliminando el cuello de botella.

Después de tener las bases y las columnas se posicionan los últimos detalles para completar el proceso de implementación de *lean*, los que pasarían a formar el techo de la casa *lean*.

3. TECHO LEAN

CONTROL ESTADISTICO: Determina técnicas como Pareto, ISHIKAWA, etc. para determinar la cantidad de fallos de calidad en ciertos periodos determinados

y sus razones para poder mantener un control sobre las variaciones en los procesos.

CALIDAD EN FUENTE: Los mismos operarios son sus evaluadores, determinan la calidad de su trabajo y si es aceptable o no, para evitar que fallos de calidad avancen sobre la línea productiva.

Con la información aquí expuesta podemos ver lo completo del sistema, y que cubre gran cantidad de aspectos que ayudan a solucionar las situaciones planteadas en el proyecto.

ANEXO B

BIBLIOGRAFIA RELACIONADA

1. LAYOUT APLICACIÓN A UN DESPACHO DE ADMINISTRACIÓN DE FINCAS.

Figura 66. Portada de layout aplicación a un despacho de administración de fincas



En este documento se abarca toda la información relacionada a la distribución de planta, plantea desde le comienzo los tipos de distribución que se pueden implementar, dependiendo de si es la pieza, la maquinaria o el operario el que debe moverse. Después de la información preliminar, describe las principales razones por las que surge un problema de distribución de planta con las distintas sugerencias para abordarlo asociándolo directamente a los tipos de distribución.

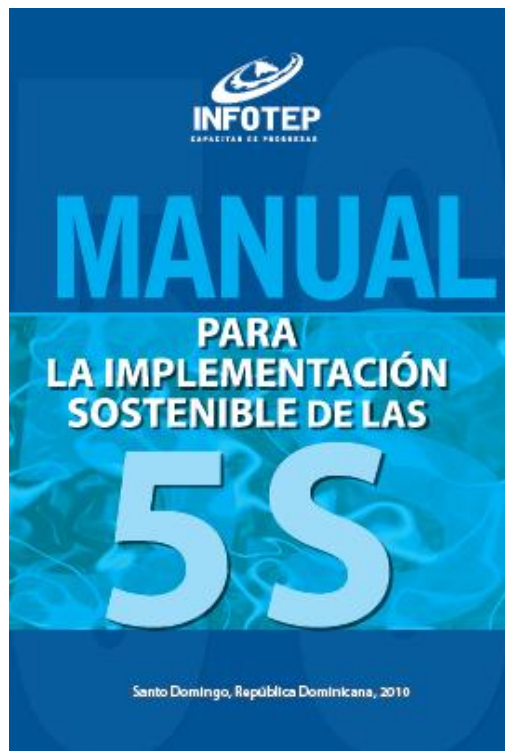
Por ultimo muestra diferentes aplicaciones técnicas para la solución de un problema de distribución de planta, abordando la teoría de BUFFA, NETHER y MUTHER, demostrando ejemplos de la resolución desde éstas metodologías,

además de mostrar cálculos y ejemplos gráficos cuidadosamente detallados para una mejor comprensión.

La principal característica de éste documento es la sencillez con la que aborda la teoría y metodologías dejando sumamente claros los conceptos y la manera de aplicarlos.

2. MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN SOSTENIBLE DE LAS 5'S

Figura 67. Portada manual para la implementación sostenible de las 5's



Este manual es una herramienta indispensable para poder plantear un modelo para aplicar las 5's en cualquier industria. Presenta los conceptos básicos de la filosofía además de una metodología clara y concisa para su aplicación, presentando ejemplos y aplicaciones practicas para ilustrar los procedimientos. Explora cada una de las 5's individualmente y se extiende en su implementación, haciendo énfasis en el beneficio de cada una y las necesidades para su control durante su implementación.

Aborda los componentes de las 5's de un punto de vista del usuario que va a implantar el modelo, haciendo preguntas que faciliten decisiones como ¿dónde ubicar? O ¿qué tirar? éste método facilita la adaptación a las necesidades individuales de cada industria.

Por último éste manual facilita en gran manera la aplicación de las 5's, debido a que es conciso en los conceptos enfocándose en la parte práctica, para así poder pasar directamente a la implementación.

3. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA LA CERVECERÍA BAVARIA EN EL ÁREA DE SERVICIOS INDUSTRIALES

Figura 68. Portada implementación del mantenimiento autónomo para la cervecería BAVARIA en el área de servicios industriales

IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO PARA LA
CERVECERIA BAVARIA EN EL AREA DE SERVICIOS INDUSTRIALES

DANIEL FERNANDO RINCON CAPERA
MARTIN EDUARDO RIVERA MURILLO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
BUCARAMANGA
2014

Éste documento proporciona información valiosa acerca del mantenimiento autónomo, enfocado en la generación de LUP's (lecciones de un punto) mostrando

la metodología y los ejemplos para su creación, así cómo los enfoques a tener en cuenta para implantar el mantenimiento autónomo en la industria.

Describe mediante la aplicación a un proyecto de grado las teorías alrededor del mantenimiento autónomo, presentando ejemplos reales de su aplicación, además de métodos de mejoramiento y de aplicación del mismo.

Mostrando como conclusión las medidas necesarias para implementar y realizar de manera sostenida éste tipo de mantenimiento, junto con los elemento como manuales y LUP's necesarios para su aplicación.

4. LEAN MANUFACTURING, CONCEPTOS, TÉCNICAS E IMPLANTACIÓN

Figura 69. Portada de Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación

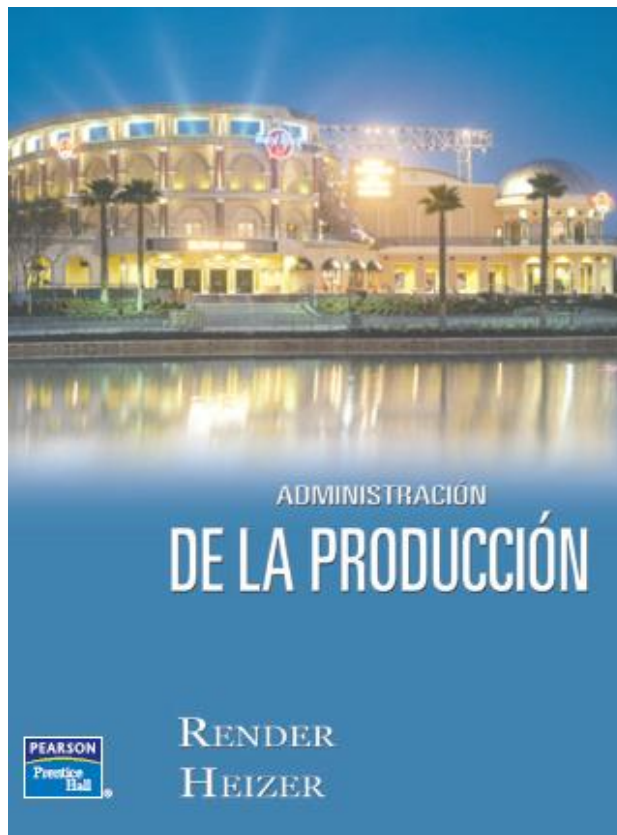


Este documento es fundamental a la hora de abordar cualquier metodología asociada a la manufactura esbelta. Describe claramente cada uno de los componentes de ésta filosofía, detallando su modo de implementación, beneficios y requerimientos.

Detalla ejemplos claros sobre la manera que la manufactura esbelta influye en la industria y la manera que ah beneficiado a industrias específicas. Además detallas la interconexión de cada una de las diferentes filosofías y la manera en que se complementan entre sí, describiendo cuales son los resultados finales a esperar y el orden de como abordar cada metodología con el fin de obtener los mejores resultados.

5. ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Figura 70. Portada Administración de la producción



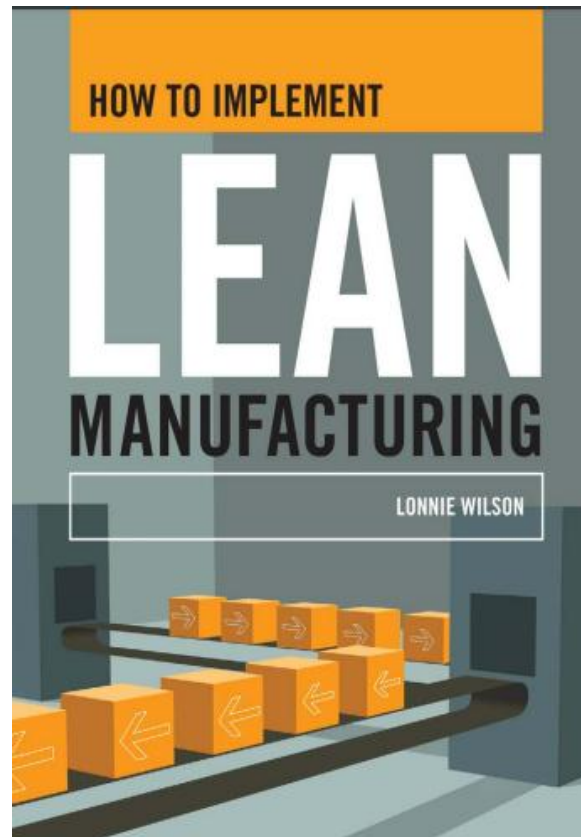
En el capítulo que cubre la metodología sobre niveles de inventario, se obtiene un explicación clara y eficaz de la manera de implementar el modelo de inventario EOQ, con ejemplos claro y los requerimientos para este tipo de modelo.

Además presenta otros modelos para tener a consideración a la hora de establecer niveles de inventario, en caso de presentarse situaciones diferentes a las planteadas.

Además ejemplifica con situaciones cercanas a las reales la manera de implementar los modelos de inventarios, en especial el EOQ, mostrando detalladamente las características del modelo junto con las características de cálculo para su implantación.

6. HOW TO IMPLEMENT LEAN MANUFACTURING

Figura 71. Portada de how to implement lean manufacturing



Este documento brinda el punto de vista de un consultor para la aplicación del modelo de *lean manufactuirng*, enfocándose en la ingeniería de los procesos y aplicaciones prácticas de los mismos, para así poner en funcionamiento las filosofías lo más pronto posible con alteraciones mínimas al normal funcionamiento de la planta, reduciendo así el impacto hasta el momento que llegue la hora de poner en funcionamiento las recomendaciones.

Propone situaciones reales con su solución propuesta para que de ésta manera el lector pueda usarla como referencia en una situación real, adaptando los ejemplos lo más posible a sus necesidades.

Además brinda un contexto social de la empresa cubriendo situaciones por parte del personal que afecte el correcto funcionamiento de la implantación del *lean manufacturing*.