

**DISEÑO METODOLÓGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL *LEAN*
MANUFACTURING EN UN ÁREA DE UNA EMPRESA DE CONFECCIÓN DE LA
CIUDAD DE PALMIRA, VALLE DEL CAUCA**

ELIANA CASTILLO LLANO

JOAN JAVIER RAMÍREZ RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PALMIRA, VALLE DEL CAUCA

2012

**DISEÑO METODOLÓGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL *LEAN*
MANUFACTURING EN UN ÁREA DE UNA EMPRESA DE CONFECCIÓN DE LA
CIUDAD DE PALMIRA, VALLE DEL CAUCA**

ELIANA CASTILLO LLANO

JOAN JAVIER RAMÍREZ RODRÍGUEZ

**Trabajo de Grado Presentado como Requisito para Optar al Título de
Ingeniero Industrial**

WILSON ELIECER ORREGO CHANSI

INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PALMIRA, VALLE DEL CAUCA

2012

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Palmira, Junio 8 de 2012

DEDICATORIA

A Dios por darme todo lo que tengo y guiar cada paso de mi vida, a mi madre Roció del Socorro por ser un apoyo incondicional a lo largo de mi vida, a mi familia Miriam, Agustín, Magnolia, Esther, Joice, Kevin, Kelly, Karen Y Carlos Andrés por apoyarme a lo largo de este recorrido. A mis amigas Katherine, Ángela y Jessica con quienes compartí momentos inolvidables llenos de alegrías, tristezas y demás. Por último pero no menos importante a Ana María Montero por ser la persona más especial que he podido conocer a lo largo de estos cinco años de estudio y con quien espero contar por el resto de mi vida; con todo el cariño para todos y cada uno de los que mencione.

Joan Javier Ramírez Rodríguez

Este proyecto representa la culminación de un ciclo muy importante de mi vida, es el fruto del esfuerzo de todos estos años y lo dedico a Dios y a mi familia. A Dios por haberme bendecido con una maravillosa familia y con tantos dones y capacidades para superar esta prueba de conocimiento; a mis padres Ruby Stella y Orlando porque me dieron la oportunidad de estudiar y prepararme para ser profesional, además porque siempre han tenido para mí una palabra de apoyo y aliento; sé cuán orgullosos se sienten de mi y éste es un triunfo compartido. Y por supuesto también es para mis hermanas Julieth y Jessica por su incondicionalidad y porque siempre han creído en mis capacidades y han manifestado su orgullo y admiración ante cada peldaño que he escalado. Gracias a ustedes por apoyarme en todo momento, por no dejarme abandonar el camino, y por ser mi bastón para ayudarme a levantar las veces que he caído.

Eliana Castillo Llano

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme estudiar esta carrera en la cual he descubierto que lo más importante que tiene un ser humano es el espíritu de constancia y que las ganas de nunca rendirse hacen que logremos grandes cosas. Al Ingeniero Wilson Eliecer Orrego Chansi por que con su colaboración y sabios consejos pudimos sacar adelante este maravilloso proyecto. Al Ingeniero Cristiam Andrés Gil Gonzales nuestro coordinador por sus constantes palabras de ánimo y su invaluable colaboración. A todos y cada uno de mis maestros en esta institución porque con su sabiduría ayudaron a formar personas que contribuyan con el desarrollo sostenible del país. A mi familia y amigos por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida. A mi compañera de tesis por todo lo que vivimos durante la realización de este proyecto, que creo firmemente afianzo mucho nuestro gran lazo de amistad. Por último agradezco a la Universidad del Valle por permitirme el gran privilegio de estudiar en sus hermosas instalaciones y poder decir ¡Soy orgullosamente Univalluno!

Joan Javier Ramírez Rodríguez

Es esta la oportunidad propicia para agradecer a todos aquellos que hicieron parte de este arduo proceso de cinco años de formación académica y crecimiento personal. Agradezco principalmente a Dios que con su luz ha guiado siempre mi camino y por supuesto a mi familia que han sido los principales testigos de mi esfuerzo, mis mejores consejeros, mi pilar y fortaleza para no desistir.

Mis más sinceros agradecimientos también a todos los docentes que compartieron conmigo sus conocimientos y permitieron formar en mí una profesional competente, en especial el Ingeniero Wilson Orrego que con su asesoría, apoyo y disposición permitió llevar a feliz término este proyecto. No puedo pasar por alto a la Universidad del Valle que me abrió sus puertas en el 2007 para permitirme lograr una de las metas más importantes en mi proyecto de vida, y tampoco puedo ser ingrata con todos los amigos y compañeros que estuvieron conmigo durante este tiempo y aportaron de una u otra forma a mi formación.

¡Mil gracias a todos!

Eliana Castillo Llano

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
GLOSARIO.....	16
RESUMEN.....	18
ABSTRACT	20
1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
2. OBJETIVOS	25
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	25
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
3. JUSTIFICACIÓN.....	27
4. ESTADO DEL ARTE.....	29
5. MARCO REFERENCIAL	36
5.1. MARCO TEÓRICO	36
5.1.1. ¿Qué es Lean Manufacturing?	36
5.1.2. Objetivos.....	36
5.1.3. Pensamiento esbelto.....	36
5.1.4. Cinco Principios del Pensamiento Esbelto.....	37
5.1.5. Beneficios de la Implementación del Lean Manufacturing	37
5.1.6. Las 3 M`s	39
5.1.7. Herramientas de Lean Manufacturing.....	39
5.1.8. Value Stream Mapping.....	44
6. DESARROLLO.....	46

6.1	PLAN DE INCLUSIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING.	46
6.2	ANÁLISIS INICIAL	50
6.2.1	Identificación de la Cadena de Valor (ValueStream) actual del proceso	66
6.2.2.	Análisis de los 7 Desperdicios	71
6.2.3.	Selección del área	87
6.3	SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS	89
6.3.1.	Descripción física del área de Calidad.....	90
6.3.2.	5´s.....	92
6.3.3.	Standard Work..	100
6.4	METODOLOGÍA PARA CUANTIFICAR LOS BENEFICIOS ASOCIADOS CON LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	105
6.5	SIMULACIÓN DE HERRAMIENTAS	108
6.5.1	Identificación de la Cadena de Valor (ValueStream) Futura o Propuesta del proceso	109
6.5.2	Ejecución de la Simulación.....	116
7	CONCLUSIONES	133
8	RECOMENDACIONES	136
9	BIBLIOGRAFÍA	138
	ANEXOS	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de las tres principales familias de productos.	51
Tabla 2. Demanda mensual de camisetas.	52
Tabla 3. Tiempos de Operaciones ValueStream.	67
Tabla 4. Tiempo destinado a actividades ajenas al proceso.	69
Tabla 5. Porcentaje (%) de desperdicio representado por los Inventarios.	73
Tabla 6. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Transportes.	75
Tabla 7. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Esperas.	79
Tabla 8. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Movimientos.	81
Tabla 9. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Sobreprocesos.	82
Tabla 10. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Correcciones.	85
Tabla 11. Tipos de desperdicios por áreas.	85
Tabla 12. Frecuencia de los tipos de desperdicios en la empresa.	86
Tabla 13. Cantidad de desperdicios por área.	87
Tabla 14. Porcentaje (%) consolidado de desperdicios por área.	88
Tabla 15. Cantidad de veces que se presenta un tipo de desperdicio en el área de Calidad.	89
Tabla 16. Indicador Porcentaje de devoluciones del producto por parte del cliente	104
Tabla 17. Indicador porcentaje de reproceso	104
Tabla 18. Indicador cantidad de defectos en una prenda.	105
Tabla 19. Porcentaje (%) de desperdicio representado por los Inventarios propuesto.	112
Tabla 20. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Transportes Propuesto.	112
Tabla 21. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Esperas Propuesto.	113
Tabla 22. Tabla 7. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Movimientos Propuesto.	113

Tabla 23. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Sobreprocesos Procesos.	113
Tabla 24. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Correcciones Propuesto.	114
Tabla 25. Comparación porcentaje (%) de desperdicios globales sobre el takt time actualmente y con la propuesta.	114
Tabla 26. Porcentaje de camisetas para reproceso.	121
Tabla 27. Resultados Simulación Estado Actual	125
Tabla 28. Resultados proceso propuesto.....	129
Tabla 29. Estudio de Tiempos de Calidad	149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Pareto de Producción Anual.	51
Ilustración 2. Promedio Simple Camisetas.....	53
Ilustración 3. Gráfica de pronóstico para promedio simple Camisetas	53
Ilustración 4. Promedio móvil simple camisetas	54
Ilustración 5. Gráfico para promedio móvil simple camisetas.....	54
Ilustración 6. Promedio Móvil Ponderado camisetas	55
Ilustración 7. Gráfica promedio móvil ponderado camisetas	55
Ilustración 8. Promedio Simple sudaderas.....	56
Ilustración 9. Gráfica promedio simple sudaderas	56
Ilustración 10. Promedio Móvil simple sudaderas	57
Ilustración 11. Gráfica promedio móvil simple sudaderas	57
Ilustración 12. Promedio Móvil Ponderado sudaderas	58
Ilustración 13. Gráfica Promedio Móvil Ponderado sudaderas	58
Ilustración 14. Promedio Simple guayaberas	59
Ilustración 15. Gráfica de promedio simple guayaberas.....	59
Ilustración 16. Promedio Móvil Simple Guayaberas	60
Ilustración 17. Grafica Promedio Móvil Simple Guayaberas.....	60
Ilustración 18. Promedio Móvil Ponderado guayaberas	61
Ilustración 19. Grafica Promedio Móvil Ponderado guayaberas	61
Ilustración 20. Diagrama de Flujo del Proceso.....	63
Ilustración 21. (Continuación ilustración 20)	64
Ilustración 22. VSM Actual.....	66
Ilustración 23. Esquema de la bodega de insumos	72
Ilustración 24. Esquema área de calidad	73
Ilustración 25. Esquema transportes innecesarios en el área de confección	74
Ilustración 26. Esquema de transporte innecesario en el área de calidad	75
Ilustración 27. Esquema de espera innecesaria en el área de calidad	76

Ilustración 28. Esquema de espera innecesaria desde corte a confección	77
Ilustración 29. Esquema esperas innecesarias en el área de corte.....	78
Ilustración 30. Esquema esperas innecesarias en el área de empaque.....	79
Ilustración 31. Esquema de movimientos innecesarios en el área de calidad	80
Ilustración 32. Esquema sobreproceso en el área de calidad	81
Ilustración 33. Esquema reprocesos por orificio en las prendas	83
Ilustración 34. Esquema reprocesos por errores de costura	83
Ilustración 35. Esquema reprocesos en el área de calidad por segunda inspección	84
Ilustración 36. Frecuencia de desperdicios en la empresa de confección	86
Ilustración 37. Cantidad de desperdicio por área	87
Ilustración 38. Pareto cantidad de veces que se presenta un tipo de desperdicio en el área de Calidad.....	90
Ilustración 39. Esquema área de Calidad	92
Ilustración 40. Formato para estandarización de 5´s.....	95
Ilustración 41. Formato auditoría de 5´s.....	96
Ilustración 42. Gráfico de Control Mensual Auditoria 5´s	98
Ilustración 43. Esquema del área de calidad con la implementación de 5´s.....	99
Ilustración 44. Estudio de Tiempos del proceso de confección	100
Ilustración 45. Formato para realizar el diagrama de proceso.....	103
Ilustración 46. Diagrama de simulación del proceso	108
Ilustración 47. VSM Futuro	115
Ilustración 48. ProModel 7.5	116
Ilustración 49. Locaciones estado actual	118
Ilustración 50. Entidades estado actual.....	119
Ilustración 51. Llegadas estado actual	120
Ilustración 52. Procesos estado actual.....	121
Ilustración 53. Estado Actual	122
Ilustración 54. Definición tiempo de simulación.....	123
Ilustración 55. Simulación del proceso.....	124

Ilustración 56. Locaciones propuestas	126
Ilustración 57. Entidades propuestas	126
Ilustración 58. Llegadas propuestas	127
Ilustración 59. Procesos de la propuesta	128
Ilustración 60. Simulación proceso propuesto	128
Ilustración 61. Resultados modelo propuesto	129
Ilustración 62. Disposición al cambio	144
Ilustración 63. Razón de abstinencia al cambio	145
Ilustración 64. Oportunidades de mejora	146
Ilustración 65. Principales desperdicios de las empresas	147
Ilustración 66. Disposición a implementación.....	148
Ilustración 67. Posibles razones para no implementar	148

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del tiempo de operación actual	68
Ecuación 2. Cálculo del Lead time actual	68
Ecuación 3. Cálculo del Valor Agregado Actual	69
Ecuación 4. Fórmula del Takt time.....	69
Ecuación 5. Cálculo del tiempo disponible para operación actual	70
Ecuación 6. Cálculo demanda diaria de camisetas actuales	70
Ecuación 7. Cálculo del Takt time actual	70
Ecuación 8. Cálculo tiempo total de ciclo actual	70
Ecuación 9. Cálculo del pitch actual	70
Ecuación 10. Fórmula del tiempo tipo	102
Ecuación 11. Cálculo del tiempo tipo	102
Ecuación 12. Fórmula para calcular el costo de mano de obra por minuto en calidad	106
Ecuación 13. Cálculo tiempo operativo en minutos.....	107
Ecuación 14. Fórmula para calcular el costo total de calidad por pieza	107
Ecuación 15. Fórmula para determinar el número de camisetas revisadas en el día	107
Ecuación 16. Cálculo del tiempo total operativo diario	107
Ecuación 17. Cálculo del tiempo disponible para revisión al mes	109
Ecuación 18. Cálculo del tiempo disponible de revisión de camisetas al mes.....	109
Ecuación 19. Cálculo del tiempo de operaciones propuesto	110
Ecuación 20. Cálculo del lead time propuesto	110
Ecuación 21. Cálculo del tiempo total de ciclo propuesto	110
Ecuación 22. Fórmula para calcular el Takt time	111
Ecuación 23. Calculo del tiempo disponible para operación diaria propuesta	111
Ecuación 24. Calculo del Takt time propuesto	111
Ecuación 25. Calculo del pitch propuesto	111
Ecuación 26. Calculo del porcentaje de valor agregado propuesto	115

Ecuación 27. Fórmula para calcular el intervalo de confianza.....	117
Ecuación 28. Calculo del Intervalo de Confianza	130
Ecuación 29. Cálculo del costo de mano de obra de calidad actual y propuesto	131
Ecuación 30. Cálculo del costo total de calidad por pieza actual	131
Ecuación 31. Cálculo del número de camisetas revisadas en el día actual.....	132
Ecuación 32. Cálculo del costo total de calidad por pieza propuesto	132
Ecuación 33. Cálculo del número de camisetas revisadas en el día propuesta ..	132

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enfoca en el planteamiento de un diseño metodológico para una eventual implementación del modelo gerencial Lean Manufacturing dentro de un área de una empresa de confección de la ciudad de Palmira. La metodología para medir los beneficios de las herramientas que serían implementadas para hacer posible la manufactura esbelta en la empresa se desarrolla también dentro de este proyecto.

Se pretende determinar como primera medida cuál es el área de la empresa en estudio que presenta mayor cantidad de desperdicios asociados a sobreproducción, tiempos, esperas, movimientos, transportes, inventarios, y sobreoperaciones; con lo anterior se hace posible identificar aquella área piloto que necesita de la implementación de herramientas del Lean Manufacturing propicias para mejorar su desempeño y productividad.

Al realizar un análisis de cada área las necesidades surgen luego de mapear el estado de la cadena de flujo de valor e identificar los desperdicios del área o línea de producción en cuestión. En una área específica, se procede a la elección de las herramientas que ayudarán a mejorar la condición inicial del área y teniendo en cuenta esa metodología y los recursos necesarios para cumplir con ella, se procede a realizar el análisis que le permitirá a la empresa saber cuáles son los beneficios relacionados con la implementación de Lean Manufacturing en el área piloto.

GLOSARIO

Lead Time: Lead time es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente.

Pitch: Una pequeña cantidad de carga de producción (entre 5 a 60 minutos) que se libera para el proceso marcapasos y de manera simultánea se retira una carga similar de producto terminado. Esto se conoce como “**Pitch**”(paso), que normalmente se calcula multiplicando la cantidad de piezas que caben en el contenedor (o una fracción) por el Takt time del proceso.

Suplementos: Como el operario no puede estar trabajando todo el tiempo de presencia en el taller, por ser humano, es preciso que realice algunas pausas que le permitan recuperarse de la fatiga producida por el propio trabajo y para atender sus necesidades personales. Estos períodos de inactividad, calculados según un K% del tiempo normal se valoran según las características propias del trabajador y de las dificultades que presenta la ejecución de la tarea.

Takt Time: Es una palabra germana que significa “ritmo” o “golpe”. EL Takt-time es el paso al cual el consumidor adquiere un artículo o servicio en particular; este se calcula dividiendo el tiempo disponible de trabajo entre la demanda en ese mismo periodo de tiempo.

Tiempo Ciclo: Tiempo requerido para completar un ciclo de una operación. Se busca igualar al "takt time" para poder tener "flujo de una sola pieza".

Tiempo Normal: Es el tiempo de reloj que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a un ritmo «normal», emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio.

Tiempo Standard: Es el promedio aritmético de los tiempos normales en un estudio de tiempos, es la suma de los tiempos normales de cada uno de las observaciones realizadas dividido el número total de observaciones.

Tiempo Tipo: Es el tiempo necesario para que un trabajador capacitado y conocedor de la tarea, la realice a ritmo normal más los suplementos de interrupción necesarios, para que el citado operario descanse de la fatiga producida por el propio trabajo y pueda atender sus necesidades personales.

Valoración: Es el procedimiento mediante el cual el cronometrador compara la actuación del operario que está observando, con el concepto que tiene formado como de actuación normal, del operario medio.

RESUMEN

El lean manufacturing es un modelo de gestión que busca la eliminación de las actividades dentro del proceso productivo que no agregan valor al producto; esto a través de la estabilización, estandarización, y simplificación del proceso realizando actividades de mejora en las operaciones, basándose siempre en el respeto por el trabajador.

Después de un riguroso análisis bibliográfico se pudo inferir que la implementación del *Lean Manufacturing* ayuda a mejorar el desempeño, la productividad y la competitividad de las empresas; a pesar de todos los beneficios que podría traer la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing muchas empresas se abstienen de ejecutarla porque los empresarios creen que hay poca garantía al momento de invertir.

La propuesta de investigación plantea el diseño metodológico para la implementación y posterior análisis de beneficios de Lean Manufacturing, con esto la empresa podrá saber cuánto tiempo deberá emplear, qué herramientas deberá aplicar y qué recursos deberá utilizar. Teniendo las bases claras sobre los aspectos anteriores será decisión de la empresa realizar o no la inversión en la ejecución del plan de implementación del Lean Manufacturing.

Dentro del contenido de este proyecto se han planteado etapas para la consecución del objetivo general y de los objetivos específicos que comprenden como primera medida la realización de un análisis sobre las condiciones generales actuales de la empresa, que facilite la identificación del área crítica de

la organización en la que se necesita la implementación del modelo de *Lean Manufacturing*.

Apoyándose en la etapa inicial de identificación y en el estudio, sobre el estado del arte en el proceso de implementación y evaluación de Lean Manufacturing será posible la selección de la herramienta o las herramientas que sean útiles como medida de corrección para las actividades en las que se detectaron fallas, en el área de estudio o piloto. Posterior a la selección de la herramienta(s) debe continuarse con la definición de los pasos necesarios para la Implementación de la(s) misma(s) que permitan la corrección de las fallas encontradas en el área crítica de la empresa.

Una vez identificados los pasos para la implementación de la(s) herramienta(s) se prosigue con el diseño de la etapa de seguimiento de su funcionamiento, así se logrará verificar cual ha sido el nivel de mejora que se ha logrado en caso de que se implemente *Lean Manufacturing* en el área piloto de la empresa de modo que se acerque al modelo Lean.

Lo que se plantea como última etapa es el análisis de los beneficios de la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* en el área de estudio de la empresa.

ABSTRACT

The Lean manufacturing is a management model that seeks the elimination of activities within the production process that do not add value to the product; this through stabilization, standardization, and simplification of process improvement activities carried out on operations, always based on respect for the worker.

After a thorough literature review could infer that the implementation of Lean Manufacturing helps improve performance, productivity and competitiveness of enterprises, despite all the benefits it could bring the implementation of Lean Manufacturing tools many companies refrain from executing because employers believe there is little guarantee when investing.

The research proposal presents the methodology used for the implementation and subsequent analysis of benefits of Lean Manufacturing, with this the company will know how long to use, what tools should be applied and what resources should be used. With the bases clear on the above aspects will be business decision making or not investment in implementing the plan of implementation of Lean Manufacturing.

Within the content of this project have been raised stage for the overall purpose and specific objectives as a first step comprising performing an analysis of the present general conditions of the company, to facilitate the identification of the critical area of the organization is needed in implementing the Lean model.

Based on the early identification and in the initial study on the state of the art in the process of implementation and evaluation of Lean Manufacturing will be able to

select the tool or tools that are useful as a measure of correction for activities the failure was detected in the study area or pilot. After selection of the tool should be continued with the definition of the steps required for the Implementation of the it permitting the correction of faults found in the critical area of the company.

Once identified for implementing the steps of tool is continued with the design stage of performance monitoring and verification will be achieved which has been the level of improvement has been achieved in case Lean Manufacturing is implemented in the pilot area of the company so as to approach the Lean model.

What is being proposed as the last step is the analysis of the benefits of implementing Lean Manufacturing tools in the study area of the company.

.

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Al realizar una rigurosa consulta bibliográfica referente al tema de Lean Manufacturing se pudo inferir que para las empresas de hoy, es importante realizar inversiones que representan la mayor utilidad posible y que sean fácilmente recuperables en el tiempo; la idea de implementación de Lean Manufacturing en las empresas es muy atractiva, sin embargo la abstinencia a este tipo de implementación es amplia debido a la falta de resultados garantizados.

Con el fin de afianzar la afirmación anterior, que resultó como conclusión de la consulta bibliográfica realizada, se diseñó, aplicó y analizó una encuesta a 35¹ propietarios y gerentes de pequeñas y medianas empresas manufactureras de la ciudad de Palmira. (Ver la encuesta y el análisis realizados en el Anexo A)

Luego de analizar los resultados se concluye que las dos principales razones para que los empresarios se abstengan de realizar inversiones de capital en la implementación de modelos gerenciales para sus empresas son: primero la falta de claridad sobre los beneficios que les traerá dicha implementación; falta de claridad traducida para ellos en Estados Financieros en los que se visualice económicamente el porcentaje de retorno sobre la inversión que están realizando, como Mipymes no pueden darse el lujo de arriesgarse a perder, buscan inversiones seguras y prácticamente en las que se garantice una ganancia considerable que justifique la puesta en marcha de un nuevo modelo gerencial; la

¹ Una muestra es representativa a partir de 33 datos, Taha, Investigación de Operaciones, Editorial Pearson, Séptima Edición, Ciudad de México, 2004, ISBN. 970-260-4982. Dada la disposición de los microempresarios de la ciudad se realizó esta encuesta a 35 de una población de 116 microempresas registradas en la base de datos facilitada por la Cámara de Comercio de Palmira.

segunda razón apunta hacia la falta de capital suficiente para invertir; esto es entendible ya que las empresas a las que se aplicó la encuesta son pequeñas y medianas y no cuentan con la liquidez suficiente para realizar la inyección de capital requerido a la hora de ejecutar implementaciones de modelos de gestión que implican costos y tiempo. Adicional a las razones anteriores también se encuentra la falta de conocimiento de casos de implementación exitosa de modelos gerenciales como el Lean Manufacturing en empresas pequeñas lo que genera desconfianza y poca credibilidad.

Teniendo como referencia el análisis anterior se puede afirmar con mayor certeza que los gerentes de hoy son conscientes de que existen modelos gerenciales o herramientas que ayudan a mejorar el desempeño, la productividad y la competitividad de las empresas, pero al no tener datos precisos acerca de cuáles serán los beneficios integrales de la implementación de dichos modelos gerenciales o herramientas antes de llevarlos a la práctica se abstienen de acoger dentro de sus empresas modelos útiles como lo es el Lean Manufacturing.

No obstante, los resultados que arrojan la encuesta son contrarios a los que se presenta en las empresas de clase mundial; esto se puede explicar debido al contexto socioeconómico y cultural de la mayoría de las empresas Colombianas, la mayoría son micro, pequeñas y medianas empresas de las cuales gran parte son empresas familiares que se interesan más en producir que en eliminar desperdicios o montar programas de mantenimiento; los modelos gerenciales como el Lean manufacturing no son muy populares o conocidos en las Mipymes Colombianas. Por otro lado las pocas empresas que conocen el modelo no lo implementan de forma correcta, porque no siguen una metodología adecuada de modo que los resultados obtenidos se sostengan en el tiempo, esto precisamente involucra la participación del recurso humano, las estandarizaciones y la mejora continua.

Por todo lo anteriormente concluido, se define como relevante la propuesta de un diseño metodológico para la implementación del Lean Manufacturing dentro de una empresa que permita pre-visualizar los resultados de una eventual implementación de este modelo gerencial.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un diseño metodológico para la implementación del *Lean Manufacturing* en un área piloto de una empresa de confección de la ciudad de Palmira.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis sobre las condiciones generales actuales de la empresa, para identificar el área crítica de la organización en la que se podrá implementar el modelo de *Lean Manufacturing*.
- Elegir las herramientas y técnicas que se pueden implementar en el área crítica de la empresa para tratar de solucionar los problemas de dicha área.
- Establecer una metodología para poder cuantificar los beneficios asociados con la propuesta de implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing*.

- Simular la implementación de las herramientas seleccionadas como pertinentes para lograr la solución de los problemas presentados en el área crítica de la empresa.

3. JUSTIFICACIÓN

Dentro de las nuevas tendencias en modelos de gestión se encuentra el Lean Manufacturing que permite disminuir desperdicios y eliminar las actividades que no generan valor al producto final dentro de un proceso productivo; es por esta razón que se ve en este modelo gerencial la respuesta a muchos de los problemas que enfrentan hoy en día las empresas Colombianas.

Es posible, como se ha manifestado con anterioridad, que la implementación del Lean Manufacturing aporte en gran medida soluciones para los problemas de las empresas Colombianas, pero ¿cómo lograr implementarlo si éstas se abstienen? He ahí la importancia y la justificación de este proyecto; la empresa podrá pre visualizar beneficios derivados de una implementación del modelo gerencial, a través de una simulación de las herramientas propicias.

Al realizar un diseño metodológico para la implementación del Lean Manufacturing se espera contribuir en la mejora de los niveles de productividad de la empresa de confección y permitirle a esta tomar una decisión basada en hechos y datos y no en suposiciones.

Para realizar el desarrollo de la propuesta se plantea una metodología adaptada por los autores denominada CAPS(Chequear, Analizar, Planear, Simular), que tiene sus bases en la conocida metodología CAPDo (Chequear, Analizar, Planear, Hacer).

Lo primero que se lleva a cabo es el chequeo (C) de las condiciones generales de la organización; tomando como base el chequeo anterior se realiza un análisis (A) de los datos encontrados y se procede a elegir un área de la empresa y las

herramientas de Lean Manufacturing que se ajustan a las necesidades del área. Como tercera medida se desarrolla una planeación (P) del paso a paso que debe seguir la empresa para implementar las herramientas en el área seleccionada y por último se ejecuta una simulación (S) para tratar de predecir los beneficios para la empresa si se llegan a implementar las herramientas del Lean Manufacturing propuestas.

4. ESTADO DEL ARTE

El tema que se aborda en este trabajo de investigación hace referencia a dos ejes temáticos generales empleados en la ingeniería industrial para el mejoramiento de las condiciones de funcionamiento y del desempeño de las empresas; estos ejes temáticos pertenecen específicamente al área de administración de operaciones y de análisis económico de decisiones. En cuanto a administración de operaciones se hace referencia a la aplicación del *Lean Manufacturing* y en cuanto al área de análisis económico de decisiones se habla de los beneficios de la implementación de la herramienta antes mencionada.

Al hacer un recorrido bibliográfico fue posible determinar el valor y aporte de esta investigación pues hay ausencia de material de estudio y fuentes fidedignas de información en esta temática, principalmente en Colombia y Latinoamérica.

En cuanto al lean manufacturing podemos decir que es una modelo de gestión que se enfoca en la eliminación de las actividades que no agregan valor al proceso, al igual que la eliminación de los desperdicios del proceso y la minimización de los inventarios, para esto utiliza varios conceptos como las 3 M`s, la calidad total, el justo a tiempo, entre otros.

Las tres M`s hacen referencia a términos que ayudan a identificar los desperdicios a ser eliminados, las tres M`s:

Muda. Se refiere a las actividades que consumen recursos sin crear valor al cliente.

Mura. Hace referencia a la desigualdad en la operación.

Muri. Hace referencia a sobrecargar equipos u operarios solicitándoles que corran a un nivel más alto del cual este puede trabajar.

Dentro del lean manufacturing se habla de siete tipos de desperdicios:

- Sobreproducción. Que es fabricar más de lo que el cliente ha solicitado.
- Inventario. Se refiere a tener más inventario a la mano del que el cliente necesita.
- Transportación. Es mover el producto más de lo que es necesario.
- Espera. Es cualquier momento en el que no se puede agregar valor por un retraso.
- Movimiento. Se refiere a los movimientos innecesarios que puede realizar el operador mientras esté realizando su tarea.
- Sobreprocesamiento. Es hacerle más cosas al producto de las que el cliente en realidad pidió.
- Corrección. Cualquier cosa que tenga que incurrir un trabajo adicional o una inspección, por haber hecho algo mal durante el proceso.

Entre los artículos encontrados, el artículo “Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta en empresas Colombianas” habla de que en la aplicación de la manufactura esbelta se requiere de tres niveles.

- Demanda del cliente
- Flujo Continuo
- Nivelación

El artículo plantea que la manufactura esbelta depende mucho del sentido común y por eso en el momento de su aplicación se requiere una adecuada preparación en la cultura organizacional, donde todas las personas de la organización este comprometidas a cambiar sus tradicionales formas de pensar, se requiere un pensamiento que permita realizar lo más con lo menos, o sea agregar el mayor

valor posible a un producto con la menor inversión en materiales y costos de fabricación.

Una de las conclusiones de los autores plantea que para implementar esta filosofía en las empresas Colombianas se requiere más que buenas intenciones y propósitos de los trabajadores, es muy importante que la alta dirección este comprometida con el cambio, ya que con sentido común y con los suficientes recursos para invertir en tecnologías y capacitaciones se pueden respaldar esta clase de proyectos.

Con relación al análisis costo-beneficio de la implementación de las herramientas de *Lean manufacturing* entre varios artículos los autores destacan el artículo “reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program” de Browning y Heath en el cual se aborda una problemática similar a la que se intenta tratar en esta investigación, pero con un estudio de caso fundamentado en el programa F-22 sobre la incertidumbre e inestabilidad.

Estos autores basan su estudio en la reformulación de una parte del principio central de la teoría del *Lean Manufacturing* que defiende la reducción de los residuos en los procesos desarrollados en la empresa independientemente del entorno que la afecte y por ende la disminución de los costos asociados con dichos procesos.

Al parecer, el efecto del *Lean Manufacturing* está afectado por varios aspectos que hasta el momento no han sido considerados y de los cuales depende en gran medida la efectividad de la implementación. Una de las conclusiones de este estudio es el hallazgo de limitaciones clave para el diseño y desarrollo de la metodología de implementación como por ejemplo el medio ambiente y el contexto de organización o de contingencias, factores que pueden afectar la relación entre la práctica y la reducción de costos con el *Lean Manufacturing*.

Se han identificado aspectos importantes que afectan la reducción de los costos, como los encontrados por *White* (1999) y *Shan y Ward* (2003) que consideraron el efecto significativo del tamaño de la planta donde se tenga pensada la implementación de Lean Manufacturing.

Como es natural dentro de cualquier implementación en el programa F-22 también se discuten de unos costos que lógicamente son vistos como una inversión en la producción y se espera que sean compensados por los beneficios de la reducción de residuos y de los inventarios, esto hace parte de lo que conocemos comúnmente como el retorno de la inversión. Sin embargo en el momento de realización del programa del F-22 la obtención de los resultados esperados se vio entorpecida por dos aspectos, sustentados cada uno con una proposición teórica.

En primer lugar, la visión que se tuvo del éxito del programa fue sobreestimado y en el momento del análisis los datos no fueron congruentes con lo programado. En algunas áreas el *Lean Manufacturing* tuvo el efecto deseado en cambio en otras se tuvo demasiada expectativa y los rendimientos se establecieron como negativos. Por lo tanto debió hallarse una forma útil de identificar los puntos en los que los rendimientos fueron negativos.

En segundo lugar, para el programa F-22 se mostró un fuerte apoyo de la alta dirección y otras partes interesadas. Para apoyar la implementación y el mantenimiento del proceso de mejoras; muchas obras² de *Lean*, *Six Sigma*, TQM, reingeniería y gestión del cambio han señalado la importancia de ese apoyo.

Como conclusión la investigación del programa F-22 parte de la proposición central de la teoría de *Lean Manufacturing* y explora el efecto de otras variables en la relación entre la aplicación de sus principios y prácticas y la reducción de los costos de producción. El caso de estudio del programa F-22 - un caso ejemplar de la incertidumbre y la inestabilidad impulsado por la novedad y la complejidad

²Por ejemplo, *Flynn 1994; Leonard y Sasser 1982*.

- desempeña un papel revelador, que se añade a las pocas investigaciones que refutan varias creencias muy extendidas sobre Lean Manufacturing"(Stuart et al., 2002).

El número de factores y relaciones en el marco revisado sugieren que la aplicación del Lean Manufacturing no es simple y puede ayudar a explicar los resultados desiguales en algunas organizaciones. Evidentemente, las propuestas presentadas en la investigación apuntan a la necesidad de estudios y análisis empíricos, los cuales a su vez pueden dar lugar a mejoras adicionales.

Por otro lado hay quienes piensan que la implementación de *Lean Manufacturing* constituye un éxito total siempre y cuando se utilicen las herramientas adecuadas, tal es el caso de una investigación desarrollada en España por el Centro Español de Logística, La Universidad Carlos III de Madrid y el Grupo consultor Galgano en el 2008. En este estudio desarrollado con y para empresas Españolas se plantea cuál debe ser la visualización financiera que debe tenerse antes de la implementación e incluso se especifica el retorno sobre la inversión que debería surgir después de la implementación de Lean Manufacturing.

Los beneficios económicos –financieros aparecen planteados como: *Ahorros directos*, que comprenden la reducción de errores, reducción de costes de inspección, y la disminución de mermas; *Ahorros financieros*, referentes a la reducción de costos en líneas de crédito, costos de financiación, seguros e impuestos; *Reducción de la necesidad de inversión*, aumento de capacidad de líneas sin costo, cancelación de inversiones en activo inmovilizado, entre otros.

En lo referente al retorno sobre la inversión, la investigación plantea a partir de los resultados obtenidos con la implementación de Lean Manufacturing en varias empresas Españolas una proyección de retorno sobre la inversión con una relación 1:10 entre los euros invertidos y los euros generados antes, durante y después de la implementación del proyecto de *Lean Manufacturing*.

El porcentaje de reducción de los costos también presenta estrecha relación con la(s) herramienta(s) que se considere pertinente aplicar y con qué otras herramientas de apoyo puede armonizarse para una mayor efectividad; este el caso presentado en una investigación enfocada en la utilización del Mapeo de la cadena de valor³ presentado por Abdulmalek y Rajgopal. En su investigación se realiza la aplicación de 7 (siete) herramientas clásicas de Lean Manufacturing: *Celular manufacturing, Just in time, Kanban, Total preventive maintenance, Setup time reduction, Total quality management y 5's* y se realiza la interacción con los elementos de la cadena de valor para generar un efecto mucho más positivo.

Existen además otra serie de beneficios que tal vez no logran ser considerados una vez se implementa el Lean Manufacturing y las herramientas se han adaptado al funcionamiento de la organización; podría ser éste el caso de los beneficios ambientales, como lo plantea la Ingeniera *Marise Keller Dos Santos* en un artículo⁴ de su autoría. En ese trabajo se presenta la relación entre la aplicación de los principios de Lean Manufacturing en procesos industriales y los beneficios ambientales adicionales que se generan. De acuerdo con EPA (2001), "*Lean Manufacturing se concentra en la eliminación de todos los residuos generados por las actividades de una empresa*". Normalmente, no se toman en consideración los residuos cuando se analizan las pérdidas organizacionales en un proceso; una de las causas es el hecho de que muchas empresas administran la gestión de residuos con un enfoque puramente legal, es decir solo al cumplimiento de la legislaciones ambientales, prevaleciendo un enfoque de remediación, en lugar de preventivo, para los residuos generados en un proceso.

El aporte interesante de este artículo con relación al tema de costos-beneficios, radica en la importancia de evitar costos de reparación de daño ambiental y

³Fawaz A. Abdulmalek; Jayant Rajgopal. "*Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study*"

⁴Ing. Marise Keller Dos Santos. "*Beneficios ambientales derivados de Lean Production*"

enfocarse en la prevención, aspecto en el que es inmensamente útil el Lean Manufacturing. Esta reducción de costos es con frecuencia pasada por alto, por la mayoría de quienes implementan Lean Manufacturing, pues se consideran beneficios intangibles.

En lo referente al cálculo de Costos existen herramientas llamadas “calculadoras” que permiten como su nombre lo indica, realizar el cálculo de los beneficios obtenidos con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing. A pesar de ser alternativas novedosas que representen utilidad en algún momento tienen grandes limitaciones.

Específicamente hablando existe un portal en la web ⁵ que suministra herramientas que permiten el cálculo del retorno sobre la inversión en una implementación de Lean Manufacturing e incluso permite el diseño de una estrategia de implementación. Esta podría ser una opción salvadora para muchos empresarios que necesiten y decidan adoptar el Lean Manufacturing, sin embargo este comprende una serie muy amplia de herramientas que están influenciadas por el entorno y por factores en su mayoría variables. Las llamadas “calculadoras” tan solo pueden calcular el beneficio de una herramienta aplicada más no el beneficio de la interacción de varias herramientas, adicional a esto, hace falta la consideración de los factores variables y las condiciones específicas que se convierten en únicas para cada empresa que decida implementar Lean Manufacturing.

⁵<http://world-class-manufacturing.com/es/>

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO TEÓRICO

5.1.1. ¿Qué es Lean Manufacturing? Es un modelo de gestión que busca la eliminación de las actividades dentro del proceso productivo que no agregan valor al producto, servicio o el proceso; aumentando así el valor de cada actividad realizada. Reducir los desperdicios y mejorar cada una de las operaciones, basándose siempre en el respeto por el trabajador.

Surgió de la compañía japonesa Toyota como *una forma de producir, con la cual se buscaba tener una menor cantidad de desperdicio y una competitividad igual a la de las compañías automotrices americanas.*(Villaseñor Contreras, 2008)

5.1.2. Objetivos.Desarrollar una filosofía que le permita a la organización mejorar continuamente eliminando el desperdicio en todas las áreas, reduciendo los costos y mejorando los procesos lo que permitirá una mejora en la satisfacción del cliente para mantener un margen de utilidad.

5.1.3. Pensamiento esbelto.La parte esencial en el proceso de desarrollo de una estrategia esbelta es la que corresponde al personal, ya que muchas veces implica cambios radicales en la manera de trabajar, algo que por naturaleza causa suspicacia y recelo. En el pasado se ha desperdiciado

la inteligencia y creatividad del trabajador, a quien se le trata como si fuera una máquina. Es muy común que, cuando un empleado de los niveles bajos del organigrama se presenta con una idea o propuesta, se le critique o no se le tenga confianza. A veces los directores no comprenden que, cada vez que limitan a un trabajador, están desperdiciando dinero. El concepto de Manufactura Esbelta implica la abolición de los mandos y su reemplazo por el liderazgo.

5.1.4. Cinco Principios del Pensamiento Esbelto.

1. Definir el Valor desde el punto de vista del cliente: La mayoría de los clientes quieren obtener una solución, no un producto o servicio.
2. Identificar su Flujo de Valor: Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
3. Crear Flujo: Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor
4. Producir el “Jale” del Cliente: Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo
5. Perseguir la perfección: Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro que añadir eficiencia siempre es posible.

5.1.5. Beneficios de la Implementación del Lean Manufacturing.⁶La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas,

⁶<http://ingenieriametodos.blogspot.com/2008/04/beneficios-de-la-manufactura-esbelta.html>

puesto que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de los costos de producción
- Reducción de inventarios
- Reducción del tiempo de entrega (lead time) Mejor Calidad
- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo Disminución de los desperdicios Sobreproducción
- Tiempo de espera (los retrasos)
- Reducción en costos y tiempo de transporte.
- Mejoras en el proceso de inventario
- Reducción de movimientos
- Aumento de la calidad

Teniendo en cuenta el estudio del arte planteado para la realización de este proyecto también es pertinente mencionar que los beneficios obtenidos al implementar Lean Manufacturing dependen en gran medida de la metodología de implementación llevada a cabo y de algunos factores externos; el éxito del modelo Lean va ligado a la pertinencia de las herramientas seleccionadas para cada empresa y para cada caso.

Cabe anotar también que los beneficios pueden ser tangibles e intangibles, o pueden ser evidentes o no tan evidentes; se pueden obtener beneficios asociados a reducciones en los 7 tipos de desperdicios, pero también se pueden manifestar mejoras derivadas de otras áreas que no son tomadas en cuenta; por ejemplo el incurrir en una disminución de residuos que repercute también en la disminución de los costos de manejo de los mismos.

5.1.6. Las 3 M's⁷. Son tres términos utilizados en *Lean Manufacturing* que ayudan a identificar los desperdicios a ser eliminados, las tres palabras se refieren a anomalías en el *gemba* o lugar de trabajo.

5.1.6.1. Muda. Es cualquier actividad que consume recursos sin crear valor para el cliente, hay dos tipos unas son las actividades que no pueden ser eliminadas inmediatamente y las otras son las actividades de fácil eliminación.

5.1.6.2. Mura. Es un suceso en el que se interrumpe el flujo normal de trabajo en la tarea de un operario, el flujo de partes o máquinas o el programa de producción.

5.1.6.3. Muri. Se utiliza para referirse a tener condiciones estresantes para trabajadores y máquinas o para los procesos de trabajo.

5.1.7. Herramientas de Lean Manufacturing. Existen muchas herramientas que se pueden usar durante la implementación de la manufactura esbelta, aquí está una descripción de las principales herramientas de la manufactura esbelta:

⁷Alberto Villaseñor Contreras y Edber Galindo Cota. Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing. Segunda Edición. 2008.

5.1.7.1. KANBAN⁸

5.1.7.1.1. ¿Qué es? Es una señal o un dispositivo que da autorización o instrucciones ya sea para producir algo o para retirarlo en un sistema.

5.1.7.1.2. Funciones Principales

- **Kanban de Producción:** autoriza al proceso a producir artículos y especifica la cantidad y el tipo.
- **Kanban de Retiro:** Autoriza el movimiento de partes al siguiente proceso.

5.1.7.2. ANDON (Sistema de Control)⁹

5.1.7.2.1. ¿Qué es? Es una herramienta de control visual que indica el estado en tiempo real de las operaciones en un área. De igual manera sirve para indicar qué acciones se deben tomar en relación con el mantenimiento y los cambios de secuencias. Un ANDON típico puede ser un tablero en la parte alta de la compañía con indicadores de áreas o de estaciones de trabajo, cuando alguna luz se enciende indica problemas en esa área; esta señal permite que se brinde atención inmediata.

⁸Alberto Villaseñor Contreras y Edber Galindo Cota. Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing. Segunda Edición. 2008.

⁹Alberto Villaseñor Contreras y Edber Galindo Cota. Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing. Segunda Edición. 2008.

5.1.7.3. SMED¹⁰

5.1.7.3.1. ¿Qué es? Es un sistema que se utiliza para minimizar los contratiempos que trae consigo el cambio de un número de partes a otro en una máquina o serie de máquinas en el área de producción.

Cualquier Set-up se puede realizar en menos de 3 minutos si se siguen los seis pasos básicos que se mencionan a continuación:

- Primero se debe medir el tiempo total del set-up actual
- A continuación se identifican los elementos internos y externos o sea conocer los tiempos individuales de cada uno de estos elementos
- El siguiente paso es convertir la mayor cantidad de elementos internos en externos
- Luego se trata de reducir al máximo los tiempos de los elementos internos
- Seguido de tratar de minimizar al máximo el tiempo de los elementos externos
- Y por último se estandariza el nuevo procedimiento con un tiempo total de set-up menor al inicial.

5.1.7.4. Heijunka¹¹

5.1.7.4.1. ¿Qué es? Es una herramienta utilizada para nivelar la cantidad y el tipo de artículos producidos en un determinado periodo de tiempo, asegura el cumplimiento con la demanda de los clientes, evitando la producción

¹⁰Alberto Villaseñor Contreras y Edber Galindo Cota. Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing. Segunda Edición. 2008.

¹¹Alberto Villaseñor Contreras y Edber Galindo Cota. Conceptos y Reglas de Lean Manufacturing. Segunda Edición. 2008.

por lotes y minimizando el inventario, lo que me permite reducir los costos de producción y los tiempos de entrega que al final se ve reflejado en una mayor satisfacción del cliente.

5.1.7.4.2. ¿Cómo Funciona? En la caja *heijunkase* programan en los renglones, el tipo o número de partes a producir y en las columnas se coloca la hora a la cual se debe iniciar la producción; esto hace parte de un programa de control visual que incluye *ANDON*, lo que busca el *heijunka* es permitir que todo el personal del área esté enterado sobre el programa y las horas de producción.

El mayor beneficio de esta herramienta es que permite que cualquier persona del área o de la empresa pueda darse cuenta en cualquier momento cómo va el logro de la meta de producción diaria.

5.1.7.5. Standard Work. El trabajo Estándar o estandarizado, es un importante, pero mal entendido concepto Lean. Este es esencial para producir productos de calidad, pero no se encarga de garantizar en si la calidad. Y este tiene mucho más que ver con el comportamiento que con las instrucciones publicadas en una pared¹².

El Trabajo estandarizado es una de las herramientas Lean más potentes pero menos utilizada. Al documentar las mejores prácticas actuales, el trabajo estandarizado constituye la base para el kaizen o mejora continua. A medida que el estándar se mejora, la nueva norma se convierte en la línea de base para

¹²Traducido de: Visual Tools, collected practices and cases. 2006 por ProductivityPress, una division de KrausProductivityOrganization, Ltd. p 35.

mejoras adicionales, y así sucesivamente. La mejora del trabajo estandarizado es un proceso que nunca termina.

Básicamente, el trabajo normalizado consta de tres elementos:

- Tiempo de procesamiento o Takt Time, que es la velocidad a la que los productos deben ser realizados en un proceso para satisfacer la demanda del cliente.
- La secuencia de trabajo en el que un operador realiza las tareas en el tiempo de procesamiento.
- El inventario estándar, incluyendo las unidades de máquinas, necesarias para mantener el proceso funcionando sin problemas.

El establecimiento del trabajo estandarizado se basa en la recopilación y registro de datos en algunos formatos. Estos formularios son utilizados por los ingenieros y supervisores de primera línea para diseñar el proceso y por los operadores para realizar mejoras en sus propios puestos de trabajo.

Los beneficios de la estandarización del trabajo incluyen la documentación del proceso actual para todos los turnos, la reducción en la variabilidad, mayor facilidad para la formación o entrenamiento de nuevos operadores, la reducción en las lesiones y la tensión, y una línea de base para las actividades de mejora.

La estandarización del trabajo añade disciplina a la cultura de la organización, un elemento que con frecuencia se descuida, pero esencial para el crecimiento de la empresa. Adicional a lo anterior el trabajo estandarizado es también una herramienta de aprendizaje que apoya a las auditorías, promueve la resolución de problemas, e involucra a los miembros del equipo en el desarrollo de poka-yokes¹³.

¹³Traducido de: <http://www.lean.org/workshops/WorkshopDescription.cfm?WorkshopId=20>

5.1.7.6. 5's¹⁴. Es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden y limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual/grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de las personas y equipos y la productividad.

Las 5's son cinco principios japoneses cuyos nombres comienzan por S y que van todos en la dirección de conseguir una fábrica limpia y ordenada. Estos nombres son:

Seiri : Clasificación

Seiton: Organización

Seiso: Limpieza

Seiketsu: Higiene

Shitsuke: Disciplina

5.1.8. Value Stream Mapping. El Value Stream Mapping o mapeo de la cadena de valor es una herramienta visual de Lean Manufacturing que permite identificar todas las actividades en la planeación y la fabricación de un producto, con el fin de encontrar oportunidades de mejoramiento que tengan un impacto sobre toda la cadena y no en procesos aislados.

Esta herramienta se fundamenta en la diagramación de dos mapas de la cadena de valor, uno presente y uno futuro, que harán posible documentar y visualizar el estado actual y real del proceso que se va a mejorar, y el estado posterior, ideal o que se quiere alcanzar una vez se hayan realizado las actividades de mejoramiento.

¹⁴ Rey Sacristán, Francisco. Las 5's. Orden y limpieza en el puesto de trabajo. 2005

El VSM (mapa de la cadena de valor) es un gráfico compuesto de iconos y símbolos simples y que describen principalmente 2 tipos de flujo: el flujo de información (planeación), que comprende las actividades realizadas desde que el cliente realiza la orden hasta que una orden de trabajo o producción es generada. El otro flujo es el de materiales (fabricación), en el que se tienen en cuenta todos los procesos necesarios para producir el bien, hasta que es entregado al cliente.

A cada una de las operaciones o procesos se le asignan indicadores o medidas de desempeño que permitan conocer y visualizar el estado actual del proceso y que generalmente son: tiempo de ciclo, tiempo de alistamiento y cambio de referencia, número de operaciones por equipo, porcentaje de rechazos, disponibilidad del equipo, tiempo de paradas, eficiencia, entre otros.

Una vez se han asignado los indicadores y dibujado a el VSM (Value Stream Map), se identifican las oportunidades de mejoramiento y se priorizan de acuerdo al impacto que tengan en la reducción del costo, aumento de la flexibilidad y mejoramiento de la productividad y la calidad. Finalmente se dibuja el mapa futuro que ayudará a visualizar el estado del proceso después de la ejecución de las oportunidades encontradas.

6. DESARROLLO

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se realizó un análisis general en la empresa que permitió diagnosticar áreas críticas del proceso, direccionando la propuesta hacia la identificación de los problemas más representativos, permitiendo la elección de herramientas del Lean Manufacturing propicias para el futuro mejoramiento de las condiciones de la empresa, esto evidenciado a través de su simulación.

Cabe anotar que como el nombre del proyecto lo indica debe tenerse como base una metodología que guíe a la empresa para convertir sus procesos en procesos Lean; esta metodología incluye la motivación e inclusión del personal, el análisis de la empresa, la elección del área propicia para comenzar a desarrollar procesos Lean, la definición de las herramientas Lean pertinentes y la metodología para llevar a cabo la implementación y seguimiento del funcionamiento y evolución de las mismas.

6.1 PLAN DE INCLUSIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING.

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta para la implementación de un sistema Lean es el factor humano; es fundamental que la gerencia y los empleados estén enterados y sean partícipes de lo que comprende el sistema a implementar. Conforme con lo dicho anteriormente se plantean nueve (9) pasos importantes para la inclusión del personal y el acogimiento de la cultura Lean a la organización:

Paso 1. Motivación de la gerencia

Se busca motivar a la gerencia con el fin de crear conciencia sobre la necesidad y la importancia del desarrollo de un modelo que mejore los procesos dentro de la empresa; además ellos deben ser líderes con la capacidad de involucrar y comprometer al personal.

A continuación se definen las actividades propuestas para llevarse a cabo con el fin de desarrollar con éxito esta fase:

- Convocar a la gerencia para establecer la necesidad de implementar un sistema de mejoramiento de los procesos dentro de la empresa.
- Motivación del nivel gerencial, con lo que se pretende desarrollar algunos aspectos que contribuyen a motivar a la gerencia para implementar el sistema.

Paso 2. Elaboración de un plan piloto para la implementación del modelo Lean

En este paso se busca realizar un programa que permita establecer los requerimientos necesarios para la puesta en marcha del modelo Lean.

Es necesario tener presentes diversos aspectos que juegan un papel importante como lo son:

- Trabajo en equipo
- Nuevos estilos de liderazgo
- Visión a futuro

Paso 3. Seleccionar el líder de implementación del modelo Lean

Es importante seleccionar a la persona adecuada que se haga cargo de la planeación y desarrollo del modelo de mejoramiento Lean.

La persona seleccionada será la encargada de formar los equipos de trabajo pilotos quienes serán los responsables de impulsar y desarrollar el sistema en toda la organización.

Paso 4. Capacitación del líder de implementación del modelo Lean

Es fundamental orientar a la persona seleccionada como líder sobre los conceptos, la filosofía y las herramientas del Lean Manufacturing que la empresa desea poner en práctica.

De igual manera se pretende lograr que esta persona sea un líder que promueva la participación del personal en el mejoramiento continuo, el cual otorgue responsabilidad, autoridad, orientación, retroalimentación y motivación para controlar y mejorar continuamente su trabajo.

El líder de implementación de Lean Manufacturing debe recibir una capacitación especializada en diversas áreas relacionadas con Lean y al mismo tiempo, deben ser capacitados los miembros de los grupos de trabajo piloto; para que ellos posteriormente sean los encargados de motivar y capacitar al resto de los miembros de la empresa.

Paso 5. Desarrollo del plan maestro de implementación del modelo Lean

Con el fin de establecer los lineamientos estratégicos en función de la misión y visión de la empresa, de manera que se pueda desarrollar un sistema Lean que resulte efectivo.

Esta fase implica el establecimiento de los objetivos estratégicos y las metas que se quieren lograr a través del sistema, estas deben ir acorde a la misión y visión de la empresa.

Paso 6. Motivación del resto de la empresa

Se debe desarrollar el plan de capacitación de tal manera que contenga todos los elementos necesarios y pueda ser impartido en todos los niveles de la

organización. Es necesario que la empresa estructure adecuadamente su plan de capacitación; los objetivos de esta capacitación deben ser:

- Explicar qué es y en qué consiste el Lean Manufacturing.
- Promover la adopción de valores de cultura de mejoramiento continuo.
- Desarrollar en los miembros de la organización habilidades de liderazgo y habilidades para reconocer oportunidades de mejoramiento.
- Otro de los propósitos de esta capacitación es establecer la mentalidad de la eliminación total de los defectos, la identificación de los desperdicios y de las actividades que no le agregan valor al producto. Finalmente los empleados deben estar en capacidad de identificar y evitar todo tipo de desperdicios en inventarios, movimientos, operaciones, transportes, reprocesos, entre otros.

Paso 7. Creación del ambiente apropiado

Esto con la intención de Implementar en el lugar de trabajo las condiciones que proporcionen a los miembros de la organización, un ambiente favorable y adecuado que les permita llevar a cabo su trabajo de una manera eficiente.

Es necesario crear las condiciones que eviten la desmotivación y que sean las adecuadas para la realización de su trabajo. De ser necesario se debe mejorar físicamente en el ambiente de trabajo aplicando técnicas como las 5s.

Paso 8. Implementación de mejoras

Este paso se trata de realizar todas aquellas actividades que lleven a la organización a la obtención de productos con las características adecuadas y bajo las especificaciones establecidas a través de procesos optimizados.

Para la implementación de las mejoras identificadas son necesarias una serie de actividades, procesos y procedimientos, encaminados a lograr que las

características de los productos sean las idóneas y que cumplan con los estándares de calidad establecidos por la empresa.

Paso 9. Consolidación del sistema

Básicamente en este paso se trata de realizar un análisis y retroalimentación sobre los logros obtenidos dentro de la organización con la implementación del modelo Lean.

En esta fase se tiene el propósito de continuar desarrollando los procesos de mejora y se continuará la capacitación; al mismo tiempo se debe seguir con un análisis de experiencias y logros obtenidos realizando continuamente evaluaciones y acciones correctivas.

También es muy importante definir un espacio para que los trabajadores aporten ideas de mejora para el sistema, y que se cuente con incentivos de forma que estos se involucren en mayor medida con el proceso de mejoramiento continuo de la empresa y sus procesos.

6.2 ANÁLISIS INICIAL

Para la realización de este proyecto se tuvo como objeto de estudio una empresa de confección de la ciudad de Palmira¹⁵, que cuenta con aproximadamente 800 (ochocientas) referencias de producto.

Para sintetizar el estudio de las actividades productivas se tomó una familia representativa de referencias, teniendo en cuenta el Pareto de producción de los

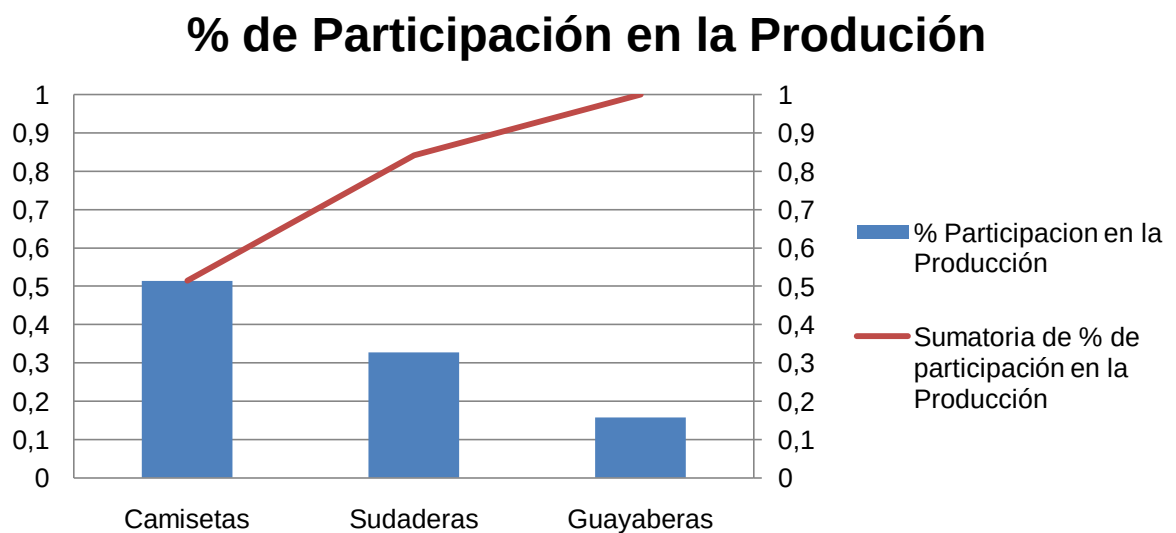
¹⁵Se omite la razón social, por solicitud de la empresa y motivos de confidencialidad.

últimos 8 (ocho) meses del año 2011 y los tres primeros meses del año en curso 2012 (enero, febrero y marzo) de las familias de productos.

Tabla 1. Producción de las tres principales familias de productos.

	Cantidad	Frecuencia	Acumulada
Camisetas	25498	51.39%	51.39%
Sudaderas	16278	32.81%	84.19%
Guayaberas	7843	15.81%	100.00%
Total	49619	100.00%	
Fuente: Departamento de Producción			

Ilustración 1. Pareto de Producción Anual.



Fuente: Los autores

Dado que el análisis PQ arroja un resultado de aproximadamente 60:40 en lugar de 80:20, se procede a realizar una proyección de demanda para el mes de Abril, para realizar este procedimiento se recurre a una herramienta muy utilizada en la ingeniería industrial: el pronóstico de demanda, se realizó el pronóstico con tres

modelos, promedio simple, promedio móvil simple y promedio móvil ponderado haciendo uso del software winQSB.

Los datos para la demanda de camisetas para cada uno de los meses son los siguientes:

Tabla 2. Demanda mensual de camisetas.

	Camisetas	Sudaderas	Guayaberas
Abr-11	2200	1546	735
May-11	2103	1414	703
Jun-11	2294	1654	687
Jul-11	2612	1565	712
Ago-11	1442	1211	586
Sep-11	1012	1109	576
Oct-11	2094	1110	585
Nov-11	2434	1354	623
Dic-11	2862	1325	654
Ene-12	2764	1165	653
Feb-12	2653	1469	681
Mar-12	1028	1356	648
Fuente: Departamento de Producción			

La primera familia que se analizó fue el de las camisetas:

El primer pronóstico que se realizó fue el de promedio simple,

Ilustración 2. Promedio Simple Camisetas

Linear Regression									
s Window Help									
0.00									
TESIS									
05-31-2012 Month	Actual Data	Forecast by SA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	2200								
2	2103	2200	-97	-97	97	9409	4,612458	-1	
3	2294	2151,5	142,5	45,5	119,75	14857,63	5,412158	0,3799582	0,1212275
4	2612	2199	413	458,5	217,5	66761,41	8,878652	2,108046	0,5415657
5	1442	2302,25	-860,25	-401,75	378,1875	235078,6	21,57317	-1,062304	0,0716613
6	1012	2130,2	-1118,2	-1519,95	526,19	438137,1	39,35735	-2,888595	0,2819239
7	2094	1943,833	150,1666	-1369,783	463,5194	368872,6	33,993	-2,95518	0,221054
8	2434	1965,286	468,7142	-901,0691	464,2616	347561,2	31,88785	-1,940865	0,1111937
9	2862	2023,875	838,125	-62,94409	510,9945	391922,8	31,56245	-0,1231796	4,271467E-02
10	2764	2117	647	584,0559	526,1062	394887,9	30,65641	1,110148	4,973386E-02
11	2653	2181,7	471,3	1055,356	520,6256	377611,5	29,36725	2,027092	7,085945E-02
12	1028	2224,545	-1196,545	-141,1895	582,0728	473439,6	37,2789	-0,2425632	2,808894E-02
13		2124,833							
CFE		-141,1895							
MAD		582,0728							
MSE		473439,6							
MAPE		37,2789							
Trk.Signal		-0,2425632							
R-square		2,808894E-02							

El pronóstico para el mes de abril es de 2125 camisetas

Ilustración 3. Gráfica de pronóstico para promedio simple Camisetas

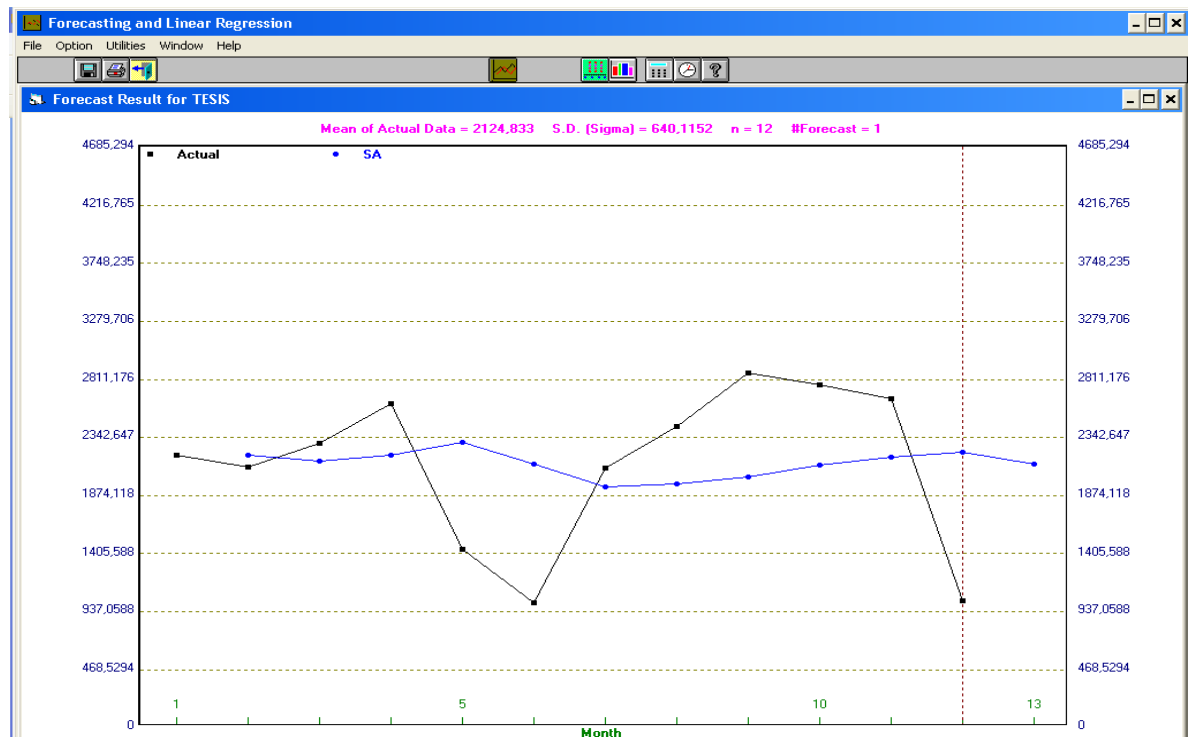


Ilustración 4. Promedio móvil simple camisetas

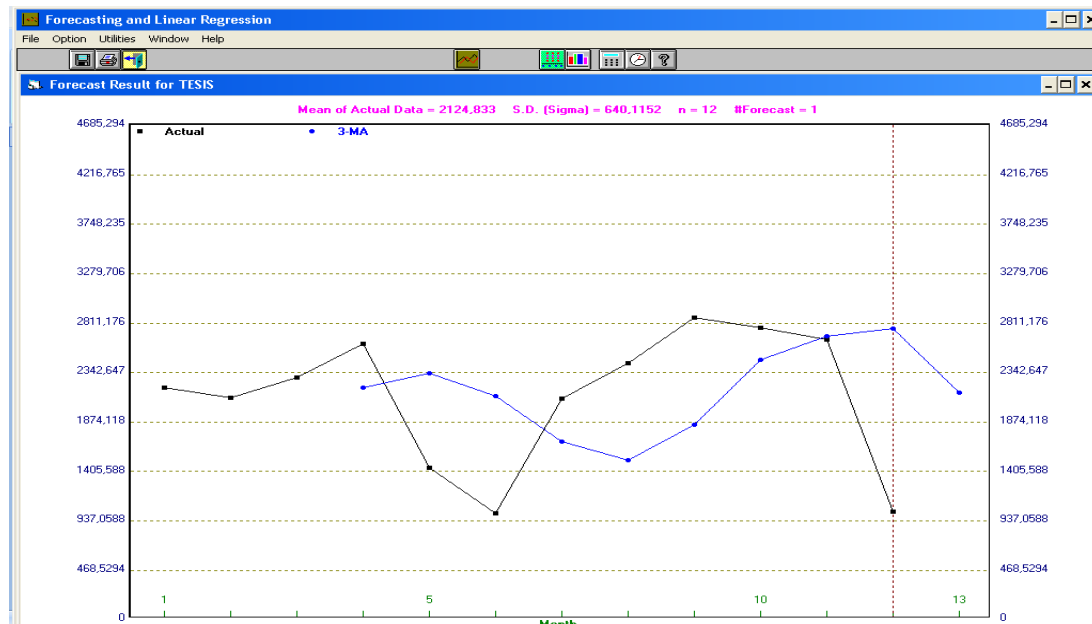
Regression Analysis

Window Help

0.00                                 

El pronóstico para el mes de abril es de 2148 camisetas.

Ilustración 5. Gráfico para promedio móvil simple camisetas



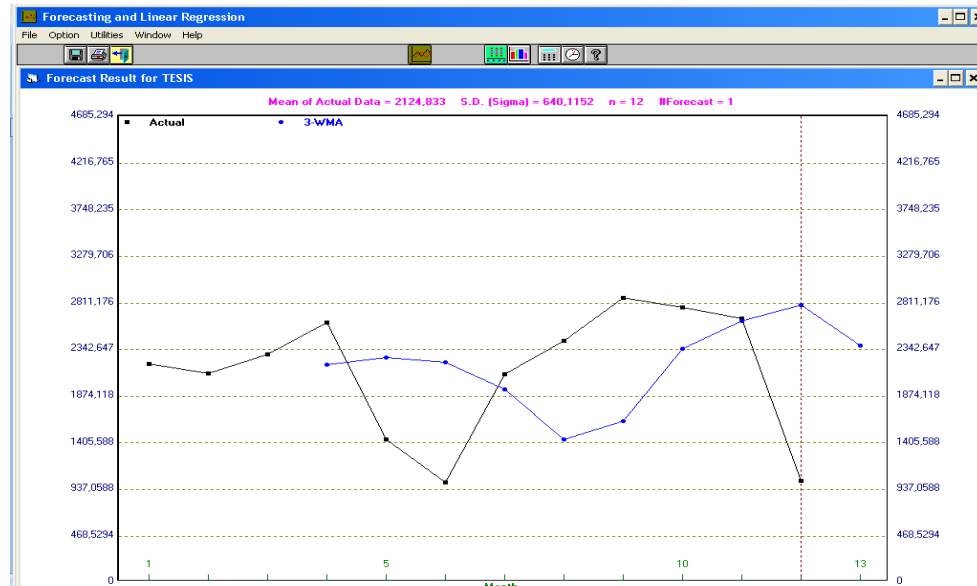
El siguiente pronóstico es el promedio móvil ponderado, los porcentajes de ponderación son 50% para el mes inmediatamente anterior, 30% para el mes anterior a este y por ultimo 20% para tres meses antes del pronóstico,

Ilustración 6. Promedio Móvil Ponderado camisetas

Near Regression									
TESIS									
05-31-2012 Month	Actual Data	Forecast by 3-WMA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	2200,0000								
2	2103,0000								
3	2294,0000								
4	2612,0000	2189,7000	422,3000	422,3000	422,3000	178337,3000	16,1677	1,0000	
5	1442,0000	2262,1000	-820,1001	-397,8000	621,2001	425450,8000	36,5201	-0,6404	0,1194
6	1012,0000	2219,0000	-1207,0000	-1604,8000	816,4667	769250,2000	64,1030	-1,9655	0,6280
7	2094,0000	1941,0000	153,0000	-1451,8000	650,6000	582789,9000	49,9039	-2,2315	0,3944
8	2434,0000	1443,4000	990,6000	-461,2001	718,6000	662489,6000	48,0628	-0,6418	0,2781
9	2862,0000	1621,0000	1241,0000	779,7999	805,6667	808754,8000	47,2792	0,9679	0,2701
10	2764,0000	2349,6000	414,3999	1194,2000	749,7714	717750,9000	42,6669	1,5928	0,3146
11	2653,0000	2628,4000	24,6001	1218,8000	659,1250	628107,7000	37,4494	1,8491	0,3966
12	1028,0000	2790,8000	-1762,8000	-544,0001	781,7556	903591,7000	52,3415	-0,6959	0,3476
13		2383,5000							
CFE		-544,0001							
MAD		781,7556							
MSE		903591,7000							
MAPE		52,3415							
Trk.Signal		-0,6959							
R-square		0,3476							
		m=3							
		W(1)=50,0000							
		W(2)=30,0000							
		W(3)=20,0000							

El pronóstico para el mes de abril es de 2383 camisetas

Ilustración 7. Gráfica promedio móvil ponderado camisetas



La siguiente familia es la de las sudaderas:

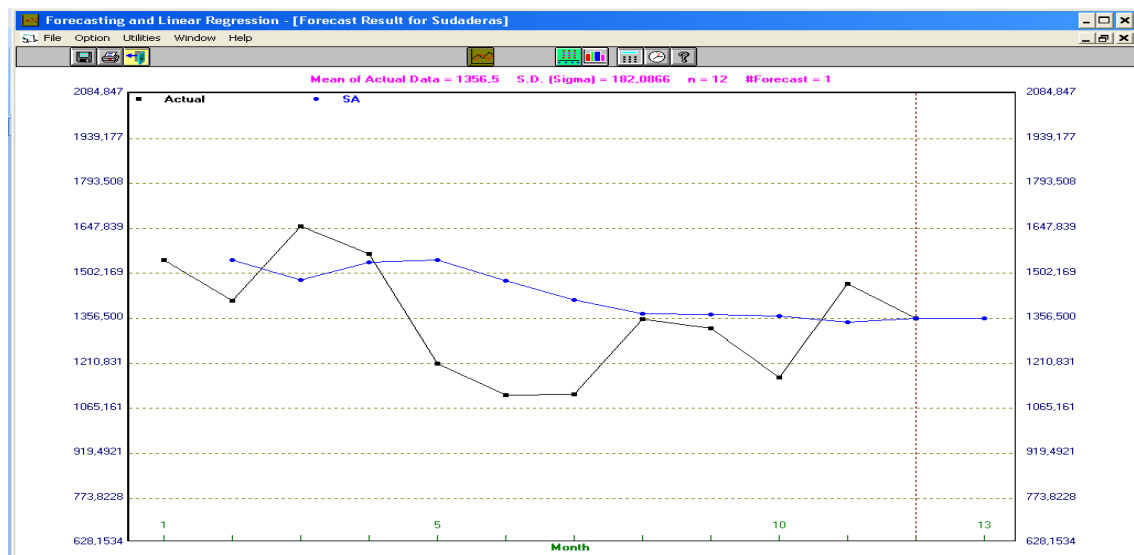
El primer pronóstico que se realizó fue el promedio simple,

Ilustración 8. Promedio Simple sudaderas

Regression									
Window Help									
0.00 A [Icons]									
Sudaderas									
06-03-2012 Month	Actual Data	Forecast by SA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	1546								
2	1414	1546	-132	-132	132	17424	9.335219	-1	
3	1654	1480	174	42	153	23850	9.927586	0.2745098	0.10625
4	1565	1538	27	69	111	16143	7.19347	0.6216216	0.1420373
5	1211	1544.75	-333.75	-264.75	166.6875	39954.52	12.28507	-1.588301	0.1820372
6	1109	1478	-369	-633.75	207.15	59195.81	16.4827	-3.059377	0.4024088
7	1110	1416.5	-306.5	-940.25	223.7083	64986.89	18.33768	-4.203017	0.5792999
8	1354	1372.714	-18.71423	-958.9642	194.4235	55753.08	15.91546	-4.932348	0.572032
9	1325	1370.375	-45.375	-1004.339	175.7924	49041.3	14.3541	-5.713212	0.5916952
10	1165	1365.333	-200.3334	-1204.673	178.5192	48051.54	14.66986	-6.748141	0.683076
11	1469	1345.3	123.7	-1080.973	173.0373	44776.55	14.04495	-6.247051	0.5407053
12	1356	1356.545	-0.5454102	-1081.518	157.3562	40705.99	12.77179	-6.873057	0.5300874
13		1356.5							
CFE		-1081.518							
MAD		157.3562							
MSE		40705.99							
MAPE		12.77179							
Trk. Signal		-6.873057							
R-square		0.5300874							

El pronóstico para abril es de 1357 sudaderas.

Ilustración 9. Gráfica promedio simple sudaderas



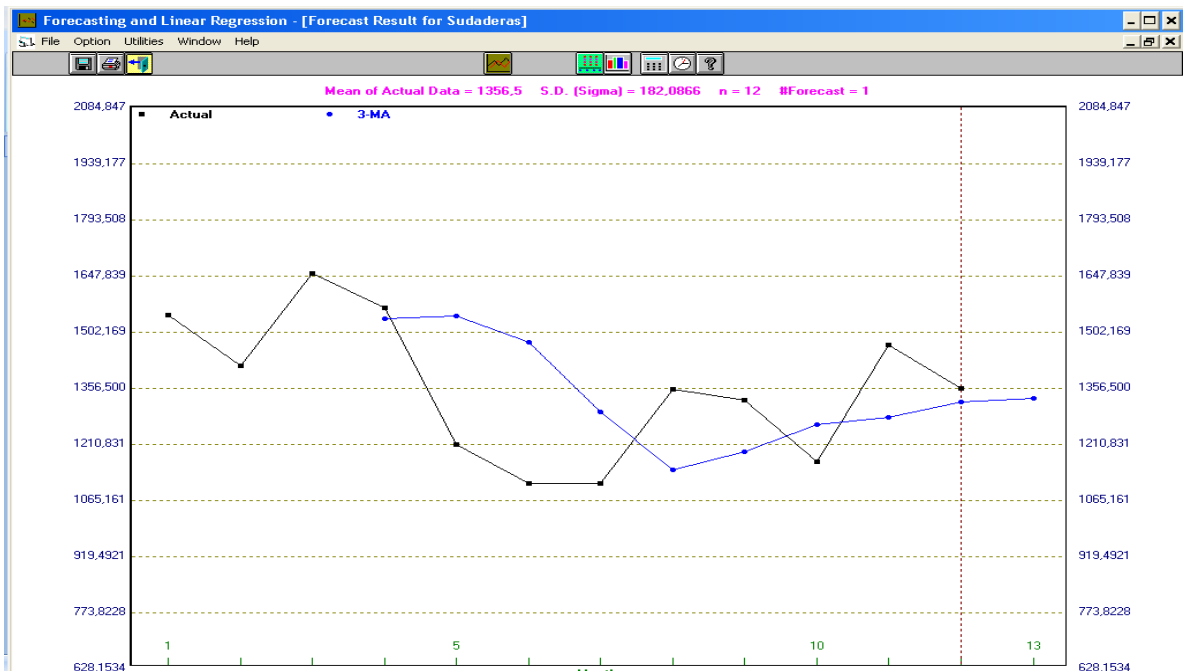
Luego se procedió a pronosticar por medio del método de promedio móvil simple, para esto se toma como meses a promediar tres,

Ilustración 10. Promedio Móvil simple sudaderas

Regression - [Forecast Result for Sudaderas]									
06-03-2012	Actual Data	Forecast by 3-MA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
Month									
1	1546								
2	1414								
3	1654								
4	1565	1538	27	27	27	729	1,72524	1	
5	1211	1544,333	-333,3334	-306,3334	180,1667	55920,07	14,62535	-1,700278	0,7491481
6	1109	1476,667	-367,6666	-674	242,6667	82339,63	20,80123	-2,777472	
7	1110	1295	-185	-859	228,25	70310,97	19,76759	-3,763417	
8	1354	1143,333	210,6666	-648,3334	224,7333	65124,86	18,92584	-2,884901	
9	1325	1191	134	-514,3334	209,6111	57263,39	17,45707	-2,453751	
10	1165	1263	-98	-612,3334	193,6667	50454,9	16,16492	-3,16179	
11	1469	1281,333	187,6666	-424,6667	192,9167	48550,38	15,74119	-2,201296	0,9721749
12	1356	1319,667	36,33337	-388,3334	175,5185	43302,58	14,28989	-2,212492	0,9266107
13		1330							
CFE		-388,3334							
MAD		175,5185							
MSE		43302,58							
MAPE		14,28989							
Trk.Signal		-2,212492							
R-square		0,9266107							
		m=3							

El pronóstico para el mes de abril es de 1330 sudaderas

Ilustración 11. Gráfica promedio móvil simple sudaderas



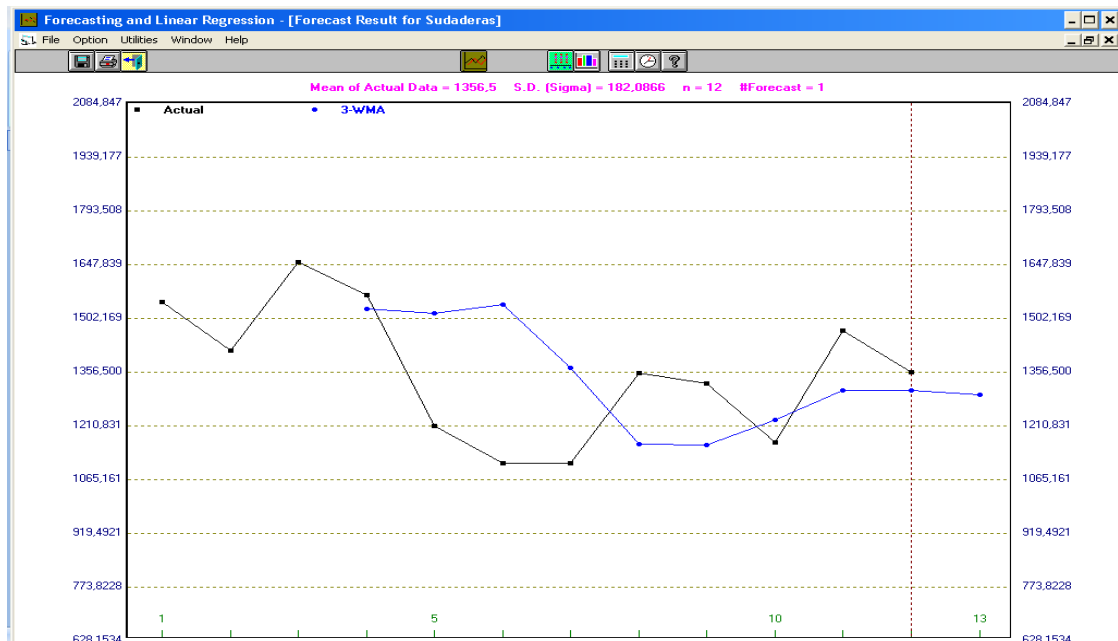
El siguiente pronóstico es el promedio móvil ponderado, los porcentajes de ponderación son 50% para el mes inmediatamente anterior, 30% para el mes anterior a este y por ultimo 20% para tres meses antes del pronóstico,

Ilustración 12. Promedio Móvil Ponderado sudaderas

Regression - [Forecast Result for Sudaderas]									
06-03-2012	Actual Data	Forecast by 3-WMA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	1546								
2	1414								
3	1654								
4	1565	1528	37	37	37	1369	2,364217	1	
5	1211	1516,2	-305,2	-268,2	171,1	47258	13,78326	-1,567504	0,5751097
6	1109	1538,7	-429,7	-697,8999	257,3	93052,69	22,10438	-2,712398	
7	1110	1367,6	-257,6	-955,4999	257,375	86378,95	22,38009	-3,712482	
8	1354	1160,2	193,8	-761,6998	244,66	76614,85	20,7667	-3,1133	
9	1325	1158,3	166,7	-594,9999	231,6666	68477,19	19,40244	-2,568345	
10	1165	1226,2	-61,19995	-656,1998	207,3143	59229,8	17,38112	-3,165242	
11	1469	1307,5	161,5	-494,6998	201,5875	55086,35	16,58271	-2,454021	
12	1356	1305,8	50,19995	-444,4999	184,7666	49245,65	15,15153	-2,405736	
13		1294,4							
CFE		-444,4999							
MAD		184,7666							
MSE		49245,65							
MAPE		15,15153							
Trk. Signal		-2,405736							
R-square		1,02352							
		m=3							

El pronóstico para el mes de abril es de 1294 sudaderas.

Ilustración 13. Gráfica Promedio Móvil Ponderado sudaderas



La última familia es la de las guayaberas:

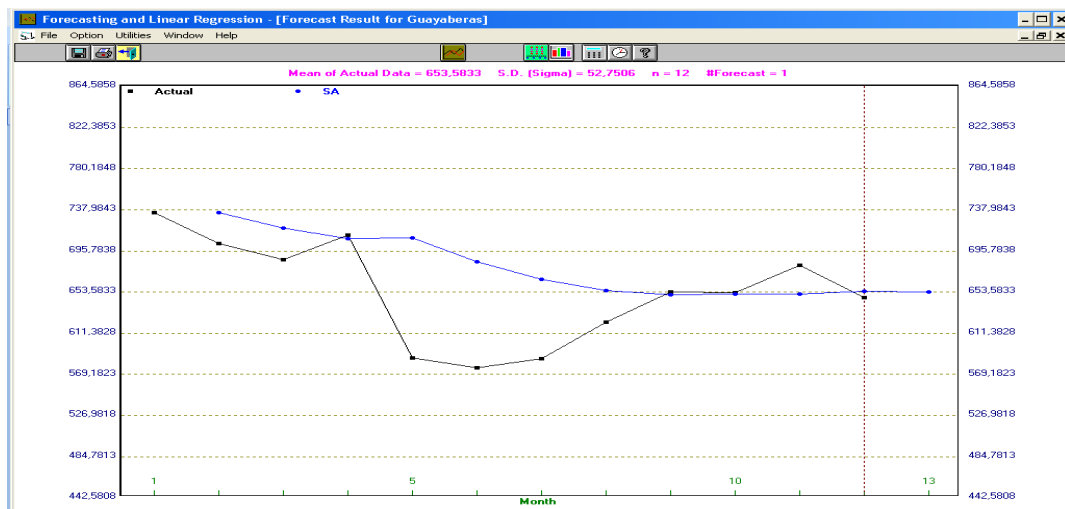
El primer pronóstico que se realizó fue el promedio simple,

Ilustración 14. Promedio Simple guayaberas

Regression									
Window Help									
yaberas									
06-03-2012 Month	Actual Data	Forecast by SA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	735								
2	703	735	-32	-32	32	1024	4,55192	-1	
3	687	719	-32	-64	32	1024	4,604927	-2	
4	712	708,3333	3,666687	-60,33331	22,55556	687,1482	3,241612	-2,674875	
5	586	709,25	-123,25	-183,5833	47,72917	4313,002	7,689315	-3,846354	0,8726844
6	576	684,6	-108,6	-292,1833	59,90333	5809,192	9,922285	-4,87758	
7	585	666,5	-81,5	-373,6833	63,50278	5948,035	10,59051	-5,884519	
8	623	654,8571	-31,85712	-405,5404	58,98197	5243,298	9,808078	-6,875668	
9	654	650,875	3,125	-402,4154	51,99985	4589,106	8,641797	-7,73878	
10	653	651,2222	1,777771	-400,6376	46,41962	4079,557	7,711847	-8,630783	
11	681	651,4	29,59998	-371,0377	44,73765	3759,217	7,375317	-8,293633	0,9927637
12	648	654,0909	-6,090881	-377,1285	41,22431	3420,843	6,790283	-9,148208	0,9895276
13		653,5833							
CFE		-377,1285							
MAD		41,22431							
MSE		3420,843							
MAPE		6,790283							
Trk.Signal		-9,148208							
R-square		0,9895276							

El pronóstico para el mes de abril es de 654 guayaberas.

Ilustración 15. Gráfica de promedio simple guayaberas



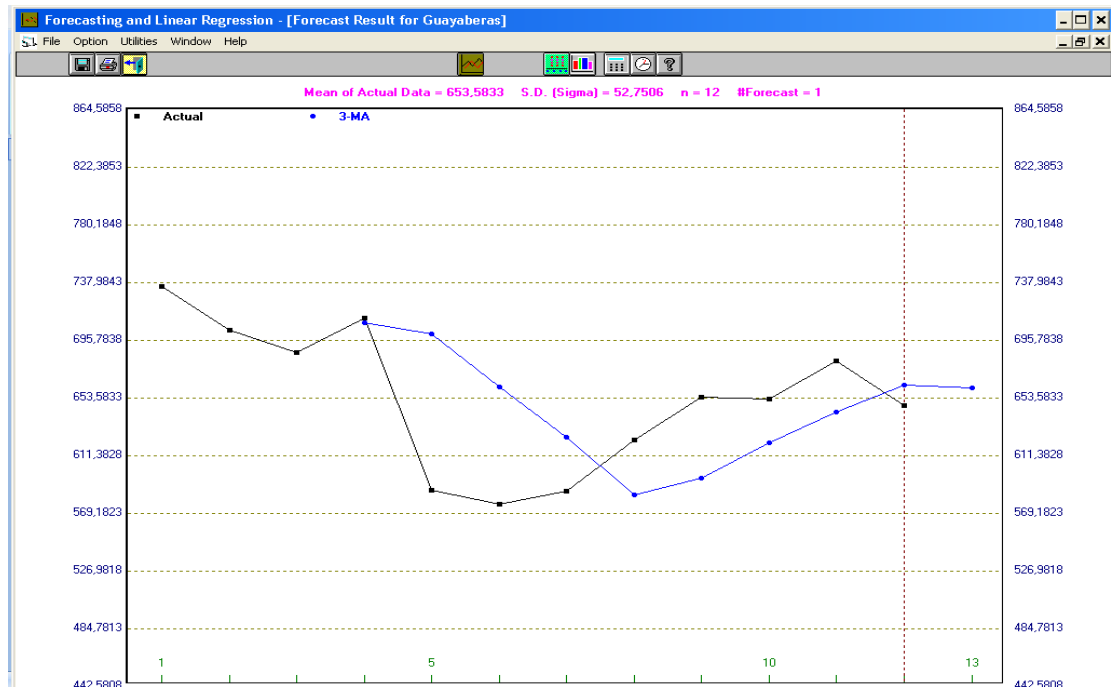
Luego se procedió a pronosticar por medio del método de promedio móvil simple, para esto se toma como meses a promediar tres,

Ilustración 16. Promedio Móvil Simple Guayaberas

Regression - [Forecast Result for Guayaberas]									
ies Window Help									
06-03-2012	Actual Data	Forecast by 3-MA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	735								
2	703								
3	687								
4	712	708,3333	3,666687	3,666687	3,666687	13,44459	0,5149841	1	
5	586	700,6667	-114,6667	-111	59,16669	6580,947	10,04134	-1,876056	0,7797794
6	576	661,6667	-85,66669	-196,6667	68,00002	6833,558	11,65179	-2,892156	
7	585	624,6667	-39,66669	-236,3334	60,91669	5518,53	10,434	-3,879616	
8	623	582,3333	40,66669	-195,6667	56,86669	4745,58	9,652712	-3,440796	
9	654	594,6667	59,33331	-136,3334	57,27779	4541,391	9,555988	-2,380213	
10	653	620,6667	32,33331	-104,0001	53,71429	4041,969	8,898205	-1,936171	
11	681	643,3333	37,66669	-66,33337	51,70834	3714,071	8,477315	-1,282837	0,8894109
12	648	662,6667	-14,66669	-81,00006	47,59261	3325,297	7,786877	-1,701946	0,9121711
13		660,6667							
CFE		-81,00006							
MAD		47,59261							
MSE		3325,297							
MAPE		7,786877							
Trk.Signal		-1,701946							
R-square		0,9121711							
		m=3							

El pronóstico para el mes de abril es de 661 guayaberas

Ilustración 17. Grafica Promedio Móvil Simple Guayaberas



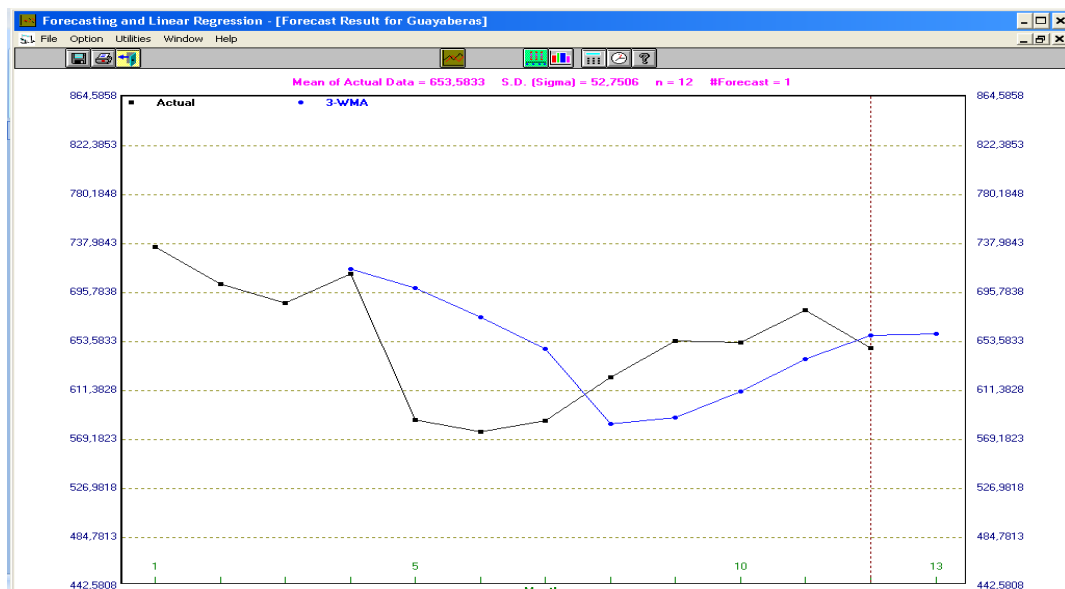
El siguiente pronóstico es el promedio móvil ponderado, los porcentajes de ponderación son 50% para el mes inmediatamente anterior, 30% para el mes anterior a este y por ultimo 20% para tres meses antes del pronóstico,

Ilustración 18. Promedio Móvil Ponderado guayaberas

Regression - [Forecast Result for Guayaberas]									
06-03-2012	Actual	Forecast by	Forecast	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking	R-square
Month	Data	3-WMA	Error					Signal	
1	735								
2	703								
3	687								
4	712	715.8	-3.799988	-3.799988	3.799988	14.43991	0.5337061	-1	
5	586	700	-114	-117.8	58.89999	6505.22	9.933815	-2	0.8898007
6	576	674.3	-98.29999	-216.1	72.03333	7557.776	12.3512	-3	
7	585	647	-62	-278.1	69.52499	6629.332	11.91297	-4	
8	623	582.8	40.20001	-237.9	63.66	5626.674	10.82091	-3.73704	
9	654	588.1	65.90002	-171.9999	64.03333	5412.697	10.69683	-2.6861	
10	653	610.2	42.79999	-129.2	61	4901.146	10.10505	-2.118032	
11	681	638.3	42.70001	-86.49994	58.7125	4516.414	9.625694	-1.47328	
12	648	659.1	-11.09998	-97.59991	53.42222	4028.28	8.746502	-1.826954	
13	660.4								
CFE		-97.59991							
MAD		53.42222							
MSE		4028.28							
MAPE		8.746502							
Trk. Signal		-1.826954							
R-square		1.06217							
		m=3							

El pronóstico para el mes de abril es de 660 guayaberas.

Ilustración 19. Grafica Promedio Móvil Ponderado guayaberas



Teniendo en cuenta el resultado obtenido para la desviación media absoluta (MAD) derivada de la realización del pronóstico, se evidencia que el tipo de pronóstico con error más bajo fue el pronóstico simple y en cuanto a familias de productos el error más bajo estuvo en la familia de camisetas.

Según el diagrama de Pareto de producción y el pronóstico de demanda para las tres familias se puede concluir que la familia de referencias más representativas en términos de producción para la empresa son las camisetas. Todas las referencias de camisetas de la familia tienen 15 operaciones básicas de confección por las que tiene que pasar obligatoriamente la materia prima. Los estudios realizados de los tiempos y los procesos se hacen con base en esas operaciones básicas. Existen también dos operaciones alternativas para personalizar cada camiseta; estas operaciones se realizan de acuerdo con las especificaciones de los clientes y son consideradas como operaciones variables por lo tanto no se tienen en cuenta dentro del análisis del proceso como tal.

A partir del seguimiento de las operaciones realizadas dentro de la empresa de confección se logró trazar el diagrama de flujo de todas las actividades del proceso, como se muestra a continuación:

Ilustración 20. Diagrama de Flujo del Proceso.

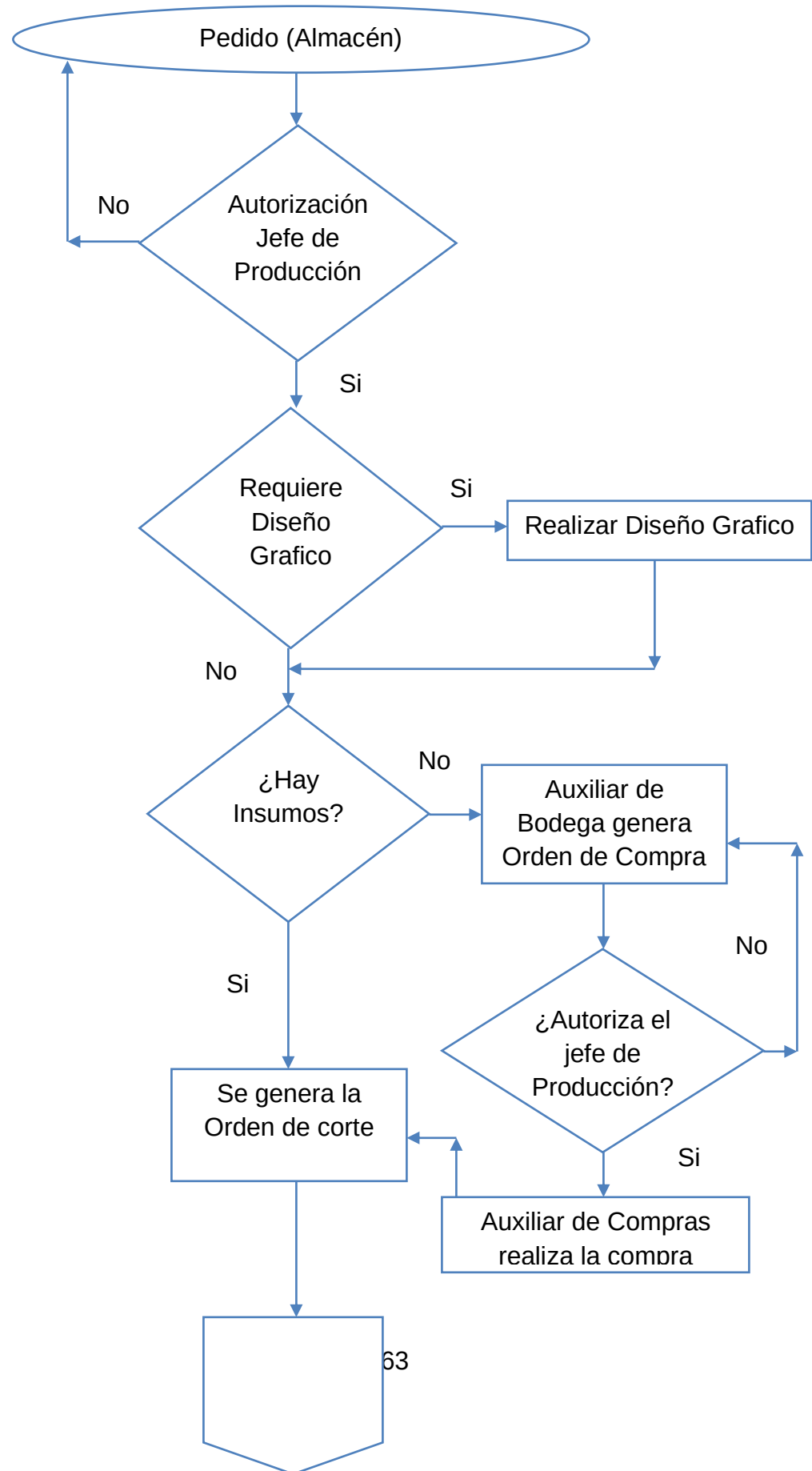
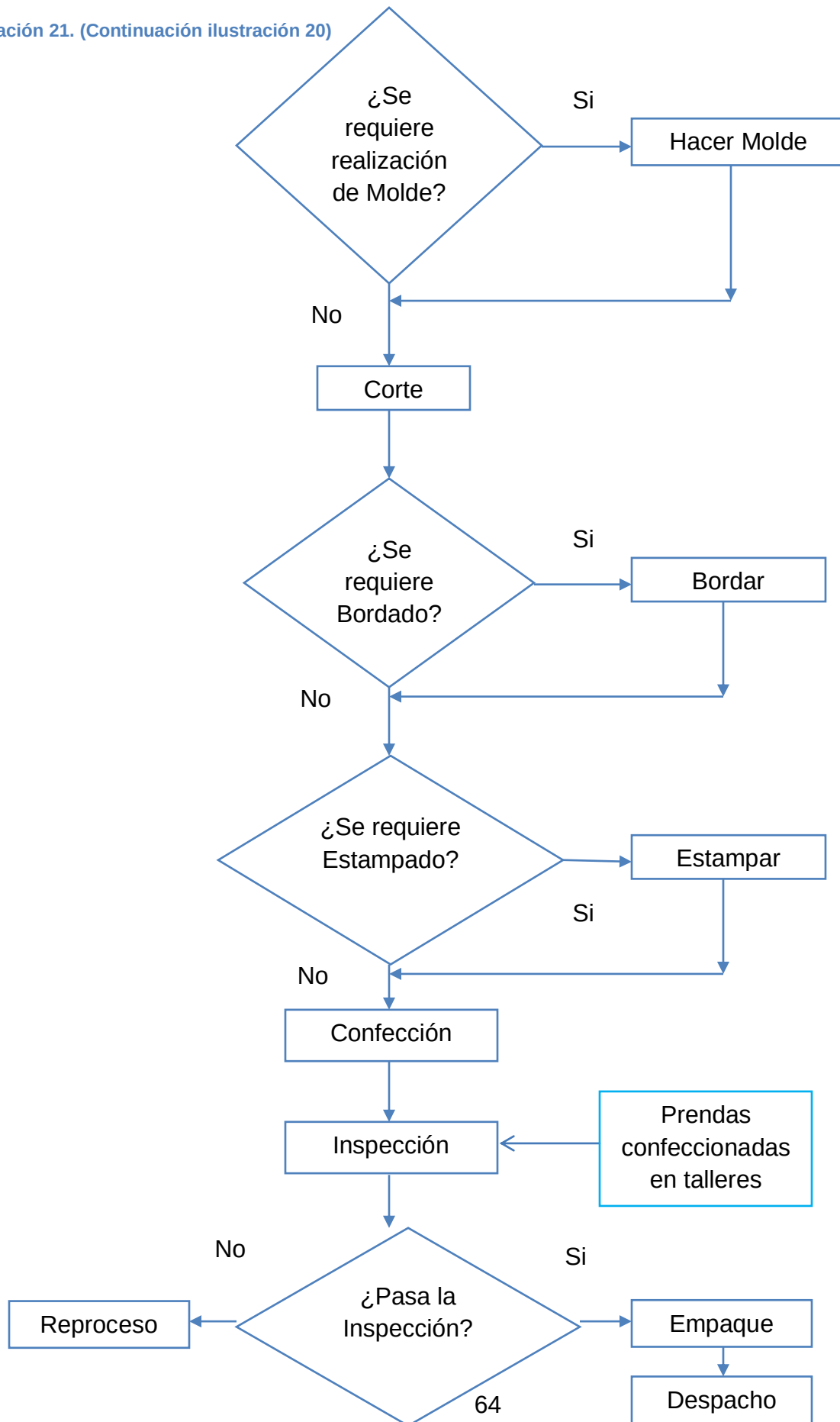


Ilustración 21. (Continuación ilustración 20)



El proceso inicia con un pedido realizado desde el almacén de distribución de producto terminado, este requerimiento le llega al supervisor de producción y este decide si autoriza o no la elaboración del producto solicitado. Una vez se autoriza la realización de la prenda se verifica la disponibilidad de materia prima e insumos en la bodega de la planta de producción; si no se cuenta con los insumos necesarios para la fabricación de la prenda se genera una orden de compra de lo que es requerido. Luego de que se cuenta con la materia prima e insumos necesarios se confirma la existencia del molde para realizar el corte de tela; si no se cuenta con este molde debe procederse a su realización.

Cuando se tiene el molde se genera una orden de corte; luego de cortadas todas las piezas se continua con el proceso de confección o unión de las partes cortadas. Después del proceso anterior se realizan las actividades alternativas de personalización de la prenda identificadas como estampación y bordado.

Posterior a la realización de las actividades alternativas se realiza la respectiva inspección y control de calidad de la prenda; en esta etapa se define si la prenda continua hacia el proceso de empaque y despacho o si debe reprocesarse o desecharse.

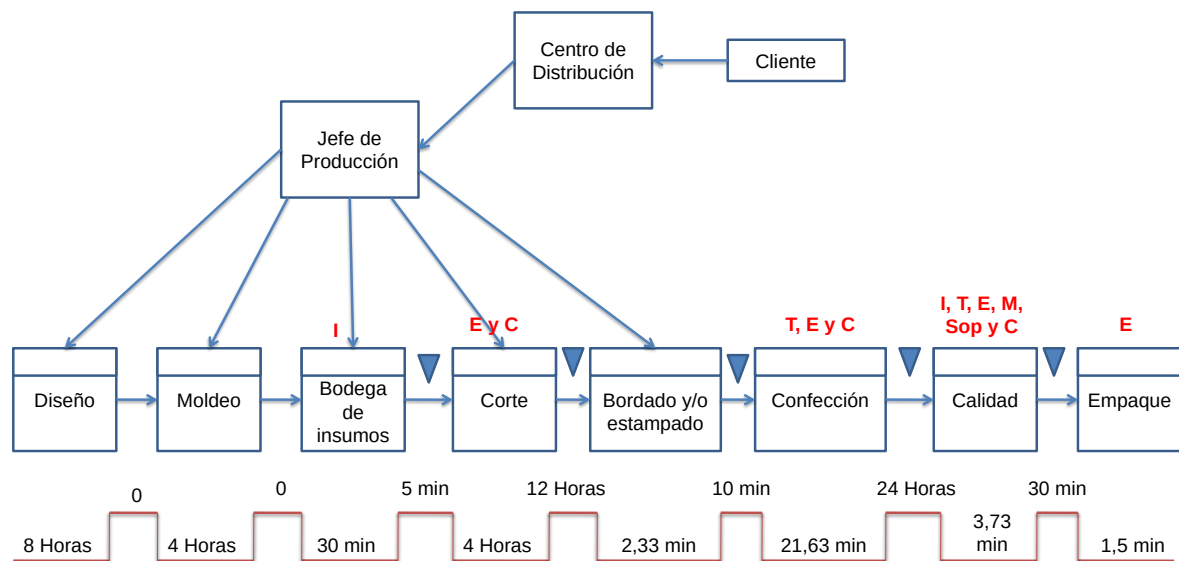
Es importante mencionar que al área de calidad de la empresa llega también mercancía para ser inspeccionada proveniente de talleres satélites contratados por la empresa para realizar determinados pedidos cuando la capacidad de la planta no es suficiente para cumplir con la fecha de entrega de pedido al cliente.

6.2.1 Identificación de la Cadena de Valor (Value Stream) actual del proceso

De acuerdo con lo observado e identificado dentro del proceso desarrollado en la empresa de confección para la realización de las camisetas, se traza el estado actual del proceso; se identifica el tiempo requerido para la realización de las operaciones, las esperas y los desperdicios en cada una de las etapas. Para la realización de un value stream mapping de todas las áreas de la empresa se propone un formato¹⁶ en el que se consigna el mapeo realizado a las operaciones llevadas a cabo dentro de la empresa, siguiendo estas instrucciones:

1. Identificar los flujos de información y materiales dentro de los procesos.
2. Medir los tiempos de las operaciones y esperas dentro de los procesos.
3. Determinar dentro de cada operación que tipo de desperdicios se presentan (sobreproducción, inventarios, transportes, movimientos, sobreprocesos, esperas y correcciones)
4. Calcular el tiempo de operaciones, el lead time, el takt time y el pitch.

Ilustración 22. VSM Actual.



Fuente: Los Autores

¹⁶Ver Anexo C

Al realizar el primer análisis de las operaciones se puede evidenciar en cuanto a desperdicios por áreas lo siguiente: en la Bodega de insumos se hace evidente la presencia de inventarios (I), en el área de corte se presentan esperas y correcciones (E y C), en Confección se evidencian Transportes, Esperas y correcciones (T, E y C); en el área de calidad se presentan 6 desperdicios manifestados en Inventarios, transportes, esperas, movimientos, sobreoperaciones y correcciones (I, T, E, M, Sop y C) y por último en el área de empaque se presentan esperas (E). Cabe resaltar que durante las operaciones no se presentan tiempos muertos o desperdicios por fallas en los equipos o no son significativos ya que las máquinas de coser, la estampadora y la bordadora no sufren paros mayores por fallas¹⁷ durante la operación normal.

Se procede entonces a Calcular los tiempos de operación, el tiempo de ciclo del proceso, el Takt time (o velocidad de producción) con el que posteriormente se calcula el Pitch, es decir la velocidad de producción por lote, por ser esta la metodología de producción empleada por la empresa.

Se obtienen los tiempos de la siguiente forma:

Tabla 3. Tiempos de Operaciones ValueStream.

Operación	Tiempo
Diseño	8 Horas
Moldeo	4 Horas
Bodega e insumos	30 Min
Corte	4 Horas
Bordado y/o Estampado	2,33 Min
Confección	21,63 Min
Calidad	3,73 Min

¹⁷Entrevista Jefe de producción de la empresa de confección

Empaque	1,5 Min
Fuente: Los Autores	

El tiempo total de operaciones está definido como la suma de los tiempos de las operaciones realizadas durante el proceso de realización de una camiseta, establecidos previamente mediante estudio de tiempos¹⁸ e información proporcionada por el personal de la empresa.

Tiempo de operaciones

$$= (8 \text{ Hrs} * 60) + (4 \text{ Hrs} * 60) + 30 \text{ Min} + (4 \text{ Hrs} * 60) + 2,33 \text{ Min} \\ + 21,63 \text{ Min} + 3,73 \text{ Min} + 1,5 \text{ Min}$$

<i>Tiempo de operaciones = 1019,19 min $\cong$ 16,99 horas $\cong$ 2,12 días</i>

Ecuación 1. Cálculo del tiempo de operación actual

El Lead Time se establece como la suma de todos los tiempos de espera identificados entre un proceso y otro o también como el tiempo que le toma al producto pasar desde que se emite la orden por parte de los clientes hasta que el producto llega a manos de este; en este caso las esperas se identifican entre las áreas de Bodega y Corte, Corte y Bordado y/o Estampado, Bordado y/o Estampado y Confección, Confección y Calidad, Calidad y Empaque.

$$\textbf{Lead time} = 5 \text{ Min} + (12 \text{ Hrs} * 60) + 10 \text{ Min} + (24 \text{ Hrs} * 60) + 30 \text{ Min}$$

<i>lead Time = 2205 min $\cong$ 36,75 horas $\cong$ 4,59 días</i>
--

Ecuación 2. Cálculo del Lead time actual

Una vez calculados el tiempo de operación y el lead time se procede a realizar el cálculo del porcentaje de valor agregado durante el proceso, lo cual se realiza con la siguiente fórmula:

¹⁸ Ver Anexo B. Estudio de Tiempos

$$\%VA = \frac{t. \text{operacion}}{\text{Lead Time}}$$

$$\%VA = \frac{16,9863}{36,75} = 46,22\%$$

Ecuación 3. Cálculo del Valor Agregado Actual

Para realizar el cálculo del Takt Time (o velocidad a la que se debe producir para satisfacer la demanda, el takt time tiende a marcar el ritmo de producción pues este es definido por la demanda) se realiza la razón entre el tiempo diario disponible para operaciones y la demanda diaria del cliente.

$$\textbf{Takt Time} = \frac{\textit{Tiempo disponible para operacion diaria}}{\textit{demanda diaria}}$$

Ecuación 4. Fórmula del Takt time

En donde el tiempo disponible para la operación diaria representa el tiempo laboral de un día menos los tiempos destinados a actividades que no hacen parte del proceso de producción de las camisetas; los tiempos destinados a otras actividades se definen así:

Tabla 4. Tiempo destinado a actividades ajenas al proceso.

Tiempo para Desayunar	Tiempo para Almorzar	Tiempo empleado en abrir la puerta ¹⁹
15 Min	30 Min	20 Min
Fuente: Los Autores.		

T. disponible de operacion diaria

$$= (8\text{Hrs} * 60) - 30\text{Min} - 15\text{Min} - (2\text{Min} * 10\text{Veces})$$

¹⁹ Este tiempo se calcula teniendo en cuenta la apertura de la puerta 10 veces en un día.

$$\mathbf{T. disponible de operacion diaria = 415 Min}$$

Ecuación 5. Cálculo del tiempo disponible para operación actual

La demanda diaria se obtiene a partir de la demanda anual (teniendo como referente el dato histórico reportado por la empresa para la familia de productos Camisetas en el año 2011 así:

$$\mathbf{Demanda\ diaria = \frac{demanda\ anual}{12\ meses * 24\ días} = \frac{25498}{12 * 24 * 8}}$$

$$\mathbf{Demanda\ diaria = 11,07\ Camisetas}$$

Ecuación 6. Cálculo demanda diaria de camisetas actuales

Realizando la razón antes mencionada se obtiene el Takt Time:

$$\mathbf{Takt\ Time = \frac{415\ min}{11,07camisetas}}$$

$$\mathbf{Takt\ Time = 37,5\ min}$$

Ecuación 7. Cálculo del Takt time actual

Se puede calcular entonces el tiempo de ciclo, definido como la suma del Takt Time y el Lead time

$$\mathbf{Tiempo\ total\ de\ ciclo = tiempo\ de\ operacion + lead\ time = 37,5 + 2205}$$

$$\mathbf{tiempo\ total\ de\ ciclo = 2242,5\ min \cong 37,37\ horas \cong 4,67\ días}$$

Ecuación 8. Cálculo tiempo total de ciclo actual

Por último el Pitch o velocidad de producción para los lotes se establece como:

$$\mathbf{Pitch = takt\ time * tamaño\ lote = 37,5\ Min * 20\ Camisetas}$$

$$\mathbf{Pitch = 750\ Min}$$

Ecuación 9. Cálculo del pitch actual

6.2.2. Análisis de los 7 Desperdicios

Continuando con la fase de diagnóstico inicial del proyecto, se presenta el análisis realizado con base en los 7 desperdicios establecidos por el modelo Lean Manufacturing; se procede a definir qué tipos de desperdicios se encuentran presentes en las áreas, con qué frecuencia se hacen evidentes y qué porcentaje de desperdicio representan para el Takt time y para el tiempo de ciclo del proceso.

6.2.2.1. Sobreproducción. Teniendo en cuenta que la sobreproducción es producir algo en cantidades mayores a las requeridas se concluye que en la empresa de confección no se presenta este tipo de desperdicio ya que la producción se inicia, únicamente con el pedido real realizado directamente desde el centro de distribución de producto terminado (almacén).

6.2.2.2. Inventarios. Teniendo presente que se habla de un exceso de inventario cuando se acumula material en el proceso o en los sitios de almacenamiento se puede verificar que en la empresa de confección se presenta este desperdicio en la bodega de insumos y en el área de calidad.

En el área de calidad por el gran número de productos que se encuentran almacenados esperando para ser inspeccionados o para ser empacados se produce un inventario de producto en proceso.

Ilustración 23. Esquema de la bodega de insumos



Fuente: Los Autores

En la bodega de insumos se presenta porque el material que no se utiliza se mantiene como inventario de materia prima.

Ilustración 24. Esquema área de calidad



Fuente: Los Autores

Teniendo en cuenta lo descrito con anterioridad se relaciona el Tiempo asociado con el desperdicio y el porcentaje que representa con respecto al Takt Time al Tiempo de ciclo.

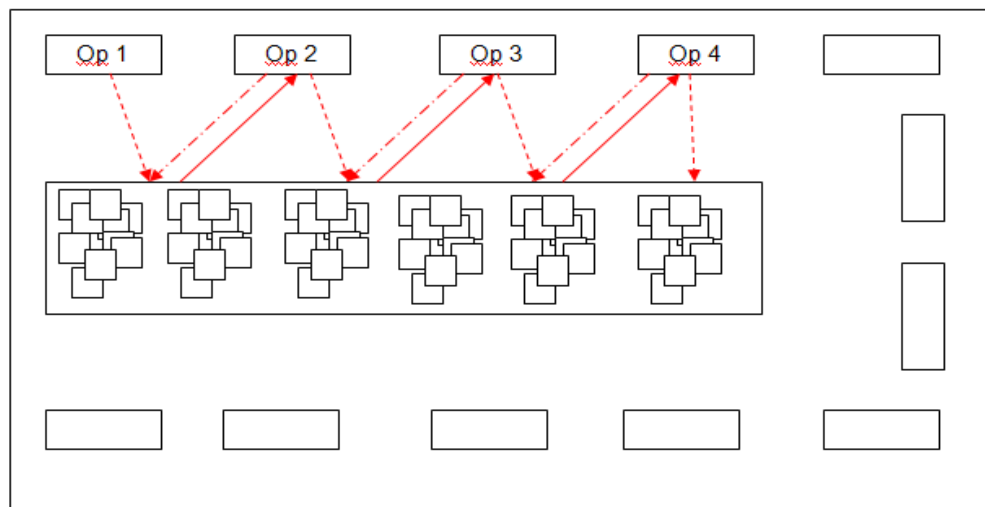
Tabla 5. Porcentaje (%) de desperdicio representado por los Inventarios

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Bodega de Insumos	8	21,33%	14,89%
Calidad	24	64,00%	44,66%

6.2.2.3. Transporte. Considerando que el transporte innecesario es todo traslado superfluo de material, maquinaria, herramientas o información, que no sea directamente desde el proveedor hacia el usuario, se pudo determinar que en la empresa de confección existen dos áreas en las que se presentan desperdicios por transporte innecesario, estas son: calidad y confección.

Básicamente en el área de confección este ocurre cuando los operarios realizan una operación específica de confección y llevan el producto semi-elaborado a un espacio temporal, para que el operario que tiene la operación siguiente tome el lote y lo lleve hasta su puesto de trabajo.

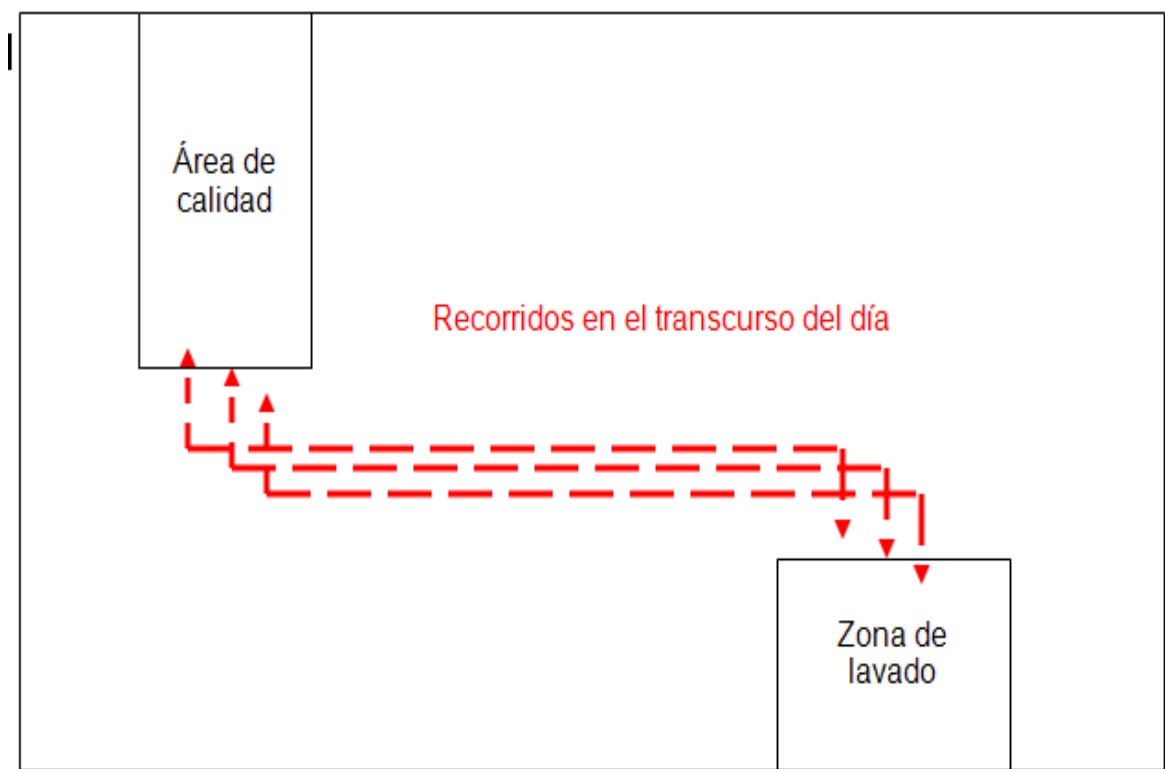
Ilustración 25. Esquema transportes innecesarios en el área de confección



Fuente: Los Autores

Por otra parte en el área de calidad se presenta desperdicio por transporte porque no se ha establecido un tiempo determinado dentro de la jornada laboral para transportar las prendas sucias que necesitan ser lavadas hacia el área destinada para su limpieza, sino que ese transporte se hace de manera intermitente.

Ilustración 26. Esquema de transporte innecesario en el área de calidad



Fuente: Los Autores

Teniendo en cuenta lo descrito con anterioridad se relaciona el Tiempo asociado con el desperdicio y el porcentaje que representa con respecto al Takt Time al Tiempo de ciclo.

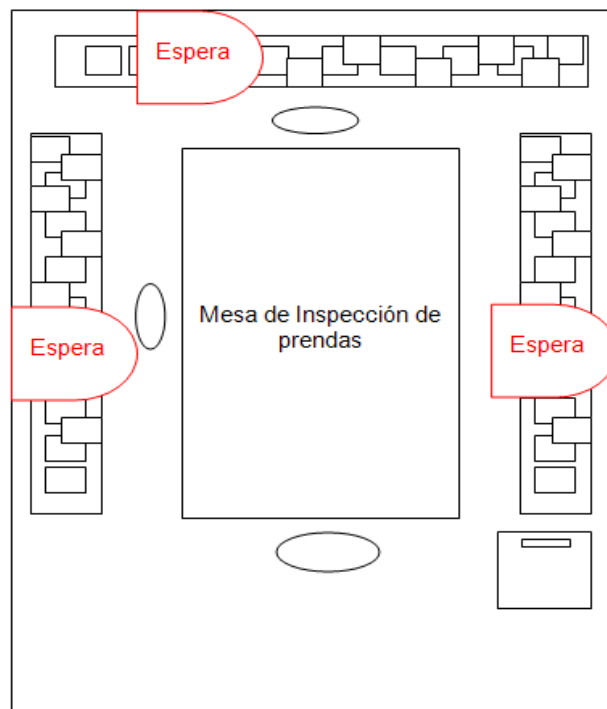
Tabla 6. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Transportes.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Confección	0,083	0,22%	0,16%
Calidad	0,416	1,11%	0,78%
Fuente: Los Autores			

6.2.2.4. Espera. Las esperas son todos los tiempos no productivos causados ya sea por el retraso de la llegada de la materia prima o producto en proceso o por falla de las maquinas, teniendo en cuenta lo anterior se puede concluir que en la empresa de confección existen desperdicios por espera en varias áreas de la empresa: calidad, confección, corte y empaque.

En el área de calidad se presentan esperas de producto en proceso para ser inspeccionado, si el producto no se ha terminado de confeccionar calidad no puede empezar a realizar la inspección correspondiente, debido a que solo se cuenta con tres colaboradores en esta área la realización de la inspección de todas las prendas confeccionadas y las que llegan de los talleres satélites representa una actividad de embotellamiento para el proceso.

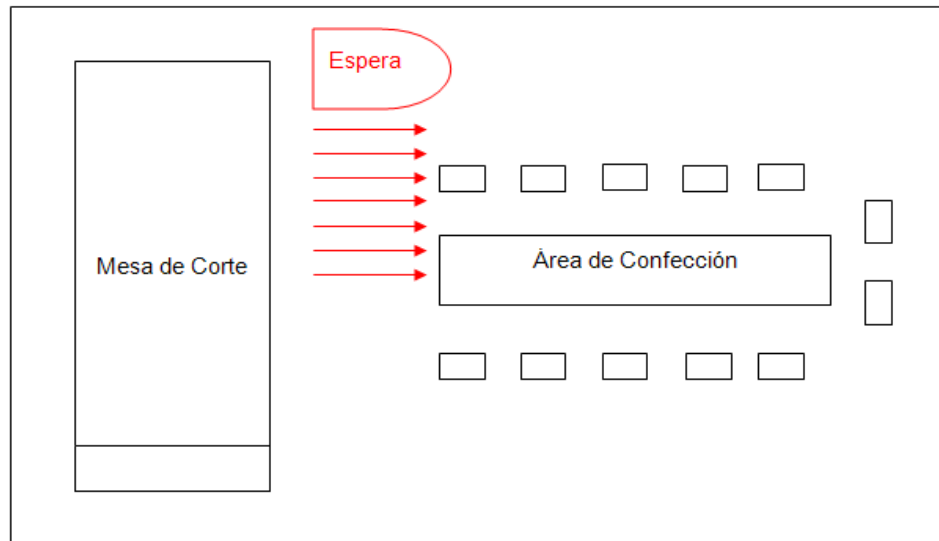
Ilustración 27. Esquema de espera innecesaria en el área de calidad



Fuente: Los Autores

En el área de confección se presentan esperas específicamente por todos los tiempos no productivos mientras llega las piezas de tela procedentes del área de corte.

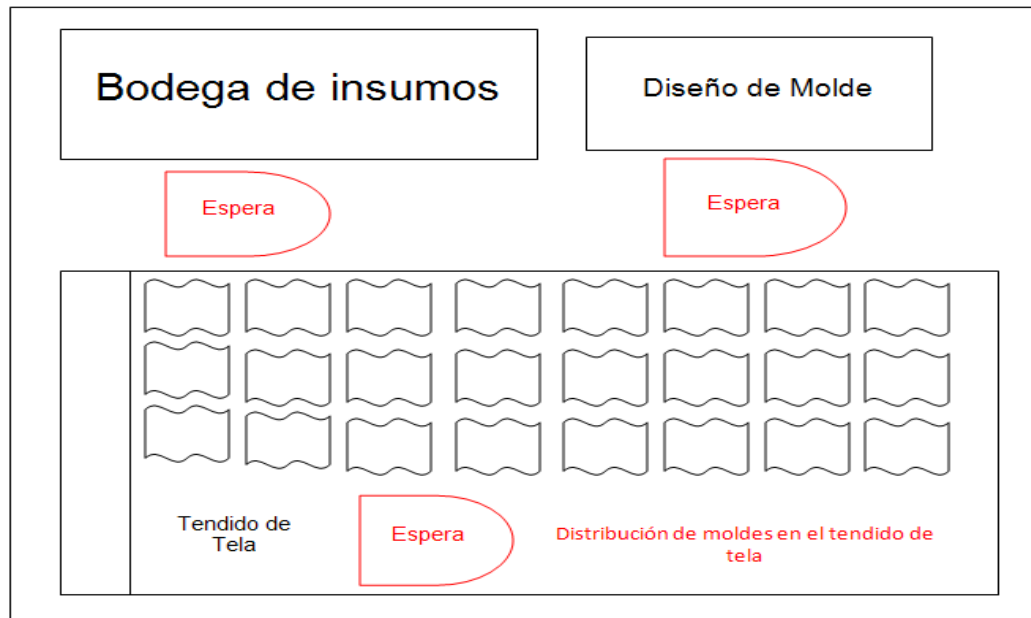
Ilustración 28. Esquema de espera innecesaria desde corte a confección



Fuente: Los Autores

Las esperas en el área de corte se dan por tres causas principales: la primera está relacionada con la división de los tendidos de tela para maximizar la utilización de este recurso al momento de dibujar los moldes de cada pieza sobre el tendido, la segunda causa obedece a los tiempos ocasionales en los que no se cuentan con insumos en la bodega de la planta y se debe realizar el pedido a los respectivos proveedores y la tercera causa está asociada a la ausencia del molde de la pieza que se debe cortar, puesto que se debe esperar a que se diseñe el molde.

Ilustración 29. Esquema esperas innecesarias en el área de corte

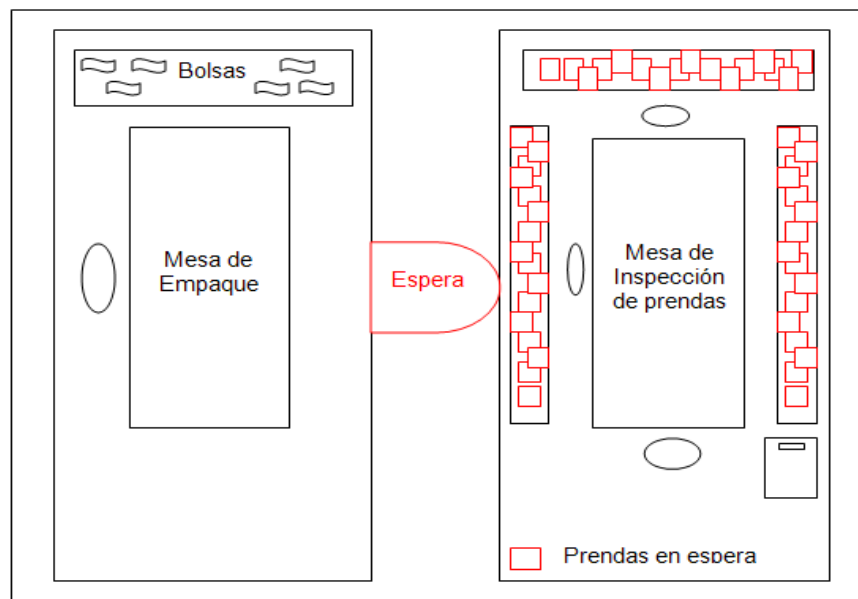


Fuente: Los Autores

Por último en el área de empaque las esperas se deben a que el área de calidad no libera hacia el área de empaque hasta que no exista una acumulación de mínimo tres lotes inspeccionados al 100%²⁰.

²⁰ Esta actividad se desarrolla de esta forma por política establecida por la empresa.

Ilustración 30. Esquema esperas innecesarias en el área de empaque



Fuente: Los Autores

Teniendo en cuenta lo descrito con anterioridad se relaciona el Tiempo asociado con el desperdicio y el porcentaje que representa con respecto al Takt Time al Tiempo de ciclo.

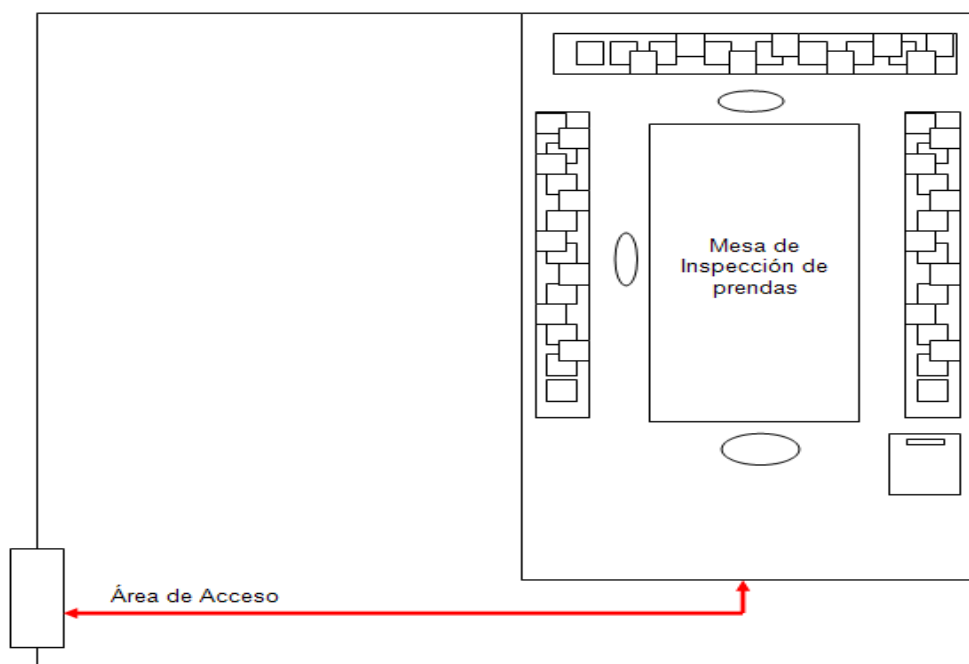
Tabla 7. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Esperas.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Calidad	24	64,00%	44,66%
Corte-Confección	12	32,00%	22,33%
Corte	0,25	0,67%	0,47%
Empaque	0,5	1,33%	0,93%

Fuente: Los Autores

6.2.2.5. Movimiento. Teniendo en cuenta que el desperdicio por movimiento son los desplazamientos innecesarios de las personas para recoger material, herramientas o para hacer cualquier cosa, que no le agregue valor al producto dentro de la empresa de confección se pudo determinar que existen desperdicios por movimientos innecesarios, los colaboradores que realizan dichos movimientos se encuentran todos en el área de calidad; uno de los movimientos innecesarios se presenta cuando los empleados del área de calidad debido a la cercanía con la puerta de la empresa se desplazan hasta ésta para abrirla y permitir la entrada de los productos en proceso que vienen de los talleres satélites; otro de los movimientos innecesarios se observa que los colaboradores toman todas las camisetas a inspeccionar e inician el proceso volteando la prenda de forma que quede por su revés y dejándola a un lado en la mesa de inspección, para posteriormente tomarlas de nuevo y realizar la inspección.

Ilustración 31. Esquema de movimientos innecesarios en el área de calidad



Fuente: Los Autores

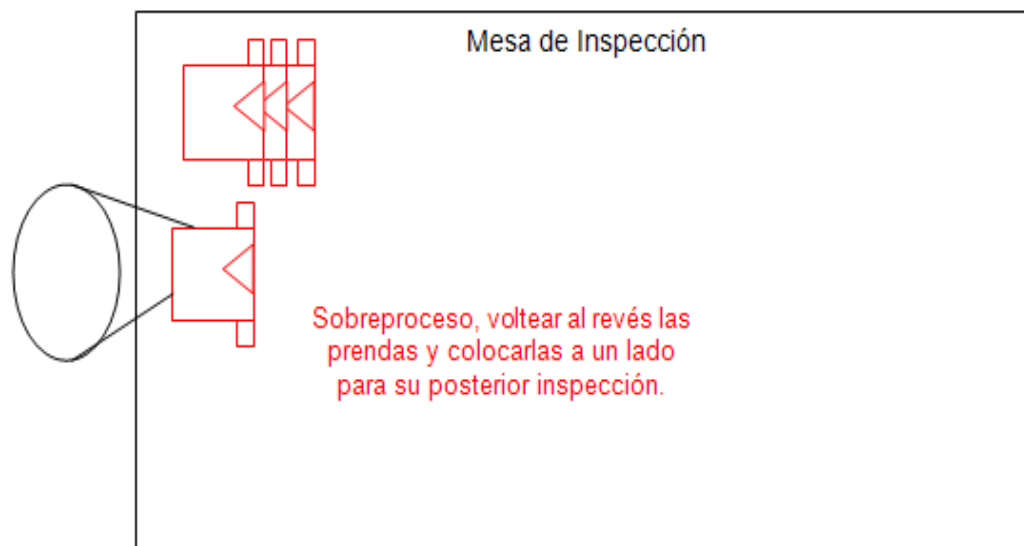
Teniendo en cuenta lo descrito con anterioridad se relaciona el Tiempo asociado con el desperdicio y el porcentaje que representa con respecto al Takt Time al Tiempo de ciclo.

Tabla 8. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Movimientos.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Calidad	0,333	0,89%	0,62%
Fuente: Los Autores			

6.2.2.6. Sobreproceso. Es el desperdicio entendido como la realización de un proceso que no es necesario y que no agrega valor ni mejora la calidad del producto, con base es esto es posible determinar que en la empresa de confección tiene problemas de desperdicio por sobreproceso en el área de calidad; esto debido a que se observa que los colaboradores inician el proceso volteando la prenda de forma que quede por su revés.

Ilustración 32. Esquema sobreproceso en el área de calidad



Fuente: Los Autores

Teniendo en cuenta lo descrito con anterioridad se relaciona el Tiempo asociado con el desperdicio y el porcentaje que representa con respecto al Takt Time al Tiempo de ciclo.

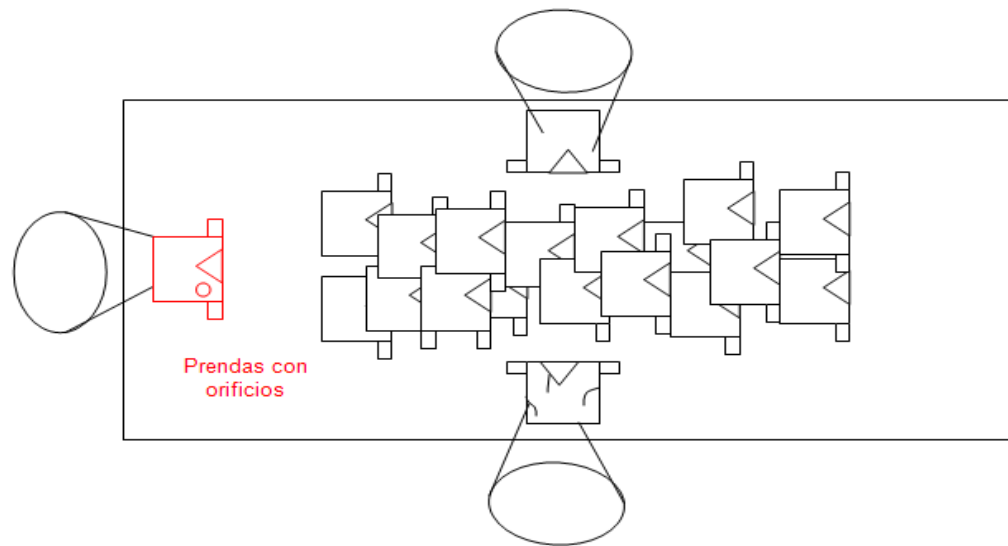
Tabla 9. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Sobreprocesos.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Calidad	0,032	0,09%	0,06%
Fuente: Los Autores			

6.2.2.7. Corrección. Un desperdicio de corrección se presenta cuando se debe incurrir en un reproceso porque se ha generado un producto no conforme en el proceso, en la empresa de confección existe gran cantidad de reproceso que afectan principalmente a las áreas de corte, confección y calidad.

El área de corte se afecta por este desperdicio cuando alguna parte de alguna prenda presenta una imperfección que no puede ser corregida y debe reemplazarse por una nueva pieza cortada.

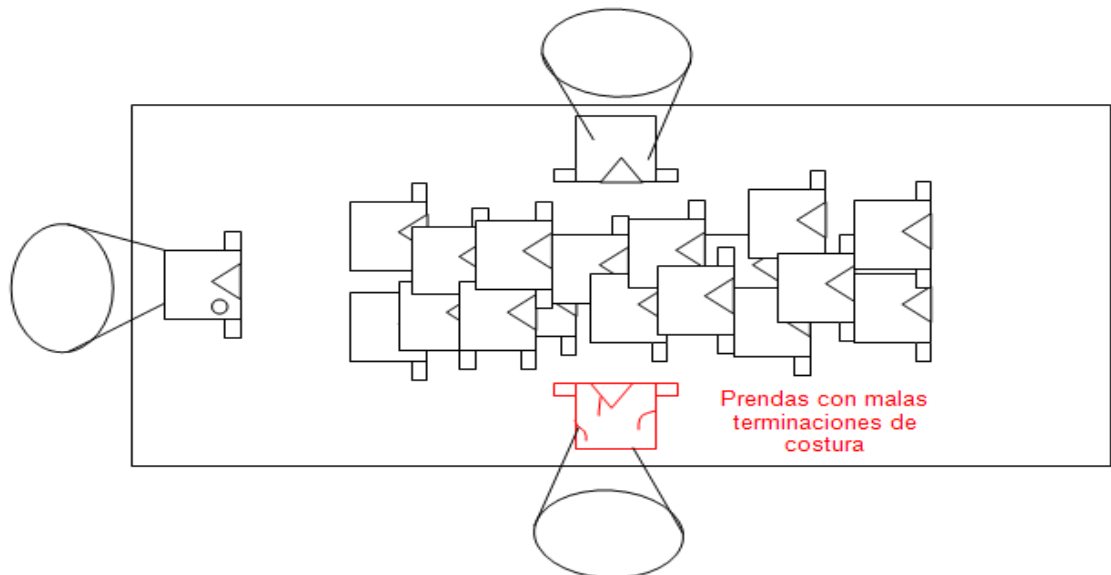
Ilustración 33. Esquema reprocesos por orifico en las prendas



Fuente: Los Autores

En cuanto a confección este desperdicio se presenta cuando alguna prenda presenta errores de costura.

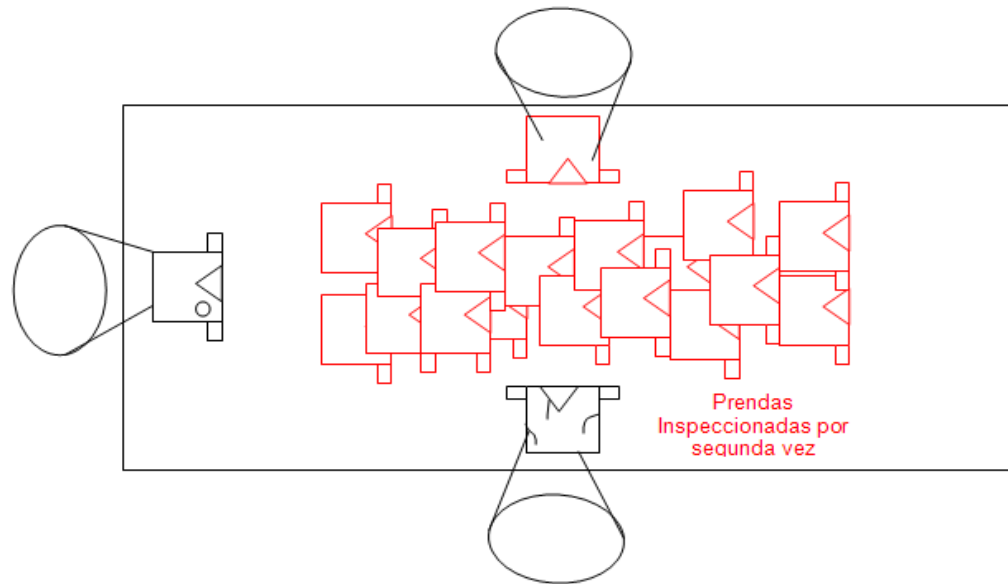
Ilustración 34. Esquema reprocesos por errores de costura



Fuente: Los Autores

Y por último el área de calidad se vea afectada por el desperdicio de corrección pues aquellas prendas que deben ir a un reproceso vuelven para ser inspeccionadas por segunda vez.

Ilustración 35. Esquema reprocesos en el área de calidad por segunda inspección



Fuente: Los autores

Teniendo en cuenta lo descrito con anterioridad se relaciona el Tiempo asociado con el desperdicio y el porcentaje que representa con respecto al Takt Time al Tiempo de ciclo. En los desperdicios por reprocesos cabe resaltar que las prendas que van a reproceso se unen a un nuevo lote por lo que los reprocesos representan para la empresa que la prenda reprocesada entre a ser parte de un nuevo lote y tenga que pasar por todas la operaciones que pasa el lote.

Tabla 10. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Correcciones.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Corte	41,15	109,74%	76,57%
Confección	24,49	65,31%	45,57%
Calidad	0,062	0,17%	0,12%
Fuente: Los Autores			

A continuación se presenta un diagrama de Pareto general que muestra la cantidad de desperdicios que se presenta (los siete desperdicios) dentro de la planta de producción

Tabla 11. Tipos de desperdicios por áreas.

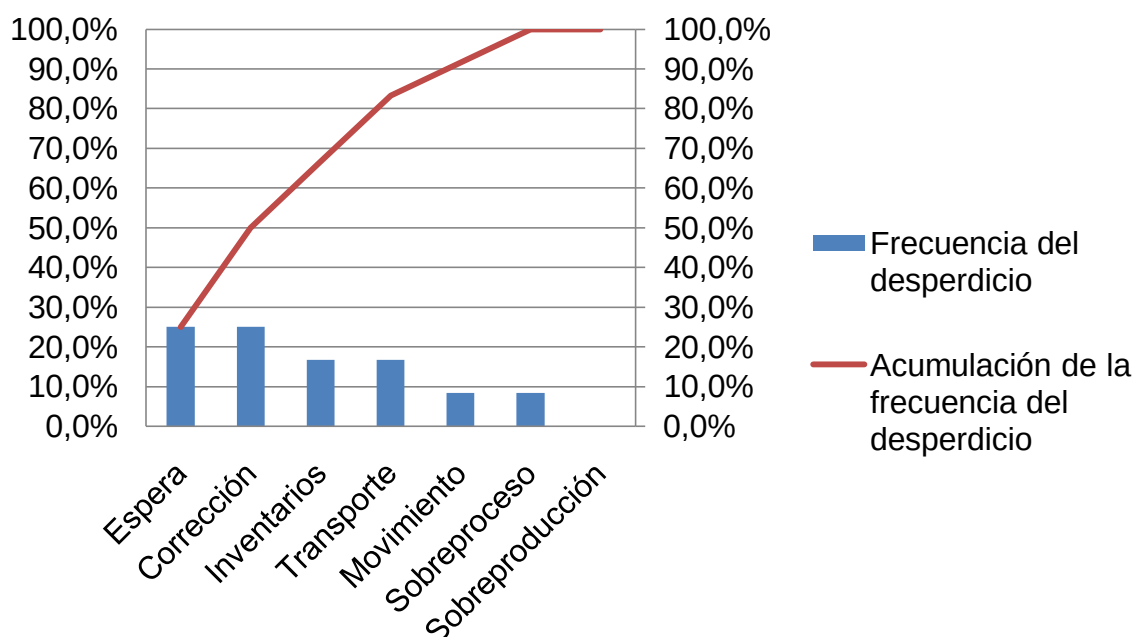
	Calidad	Confección	Bodega	Corte	Empaque	Total
Sobreproducción						0
Inventarios	x		x			2
Transporte	x	x				2
Espera	x	x		x	x	3
Movimiento	x					1
Sobrepceso	x					1
Corrección	x	x		x		3
Total	6	3	1	2	1	
Fuente: Los Autores						

Tabla 12. Frecuencia de los tipos de desperdicios en la empresa.

	Total	Frecuencia	Acumulada
Espera	3	25.00%	25.00%
Corrección	3	25.00%	50.00%
Inventarios	2	16.67%	66.67%
Transporte	2	16.67%	83.33%
Movimiento	1	8.33%	91.67%
Sobrepceso	1	8.33%	100.00%
Sobreproducción	0	0.00%	100.00%
Fuente: Los Autores			

Ilustración 36. Frecuencia de desperdicios en la empresa de confección

Frecuencia de desperdicios en la empresa de confección



Fuente: Los Autores

Al realizar el análisis del Pareto se evidencia que dentro del 80% se encuentran cuatro tipos de desperdicios identificados como espera, corrección, inventarios y transporte innecesario, que representan los desperdicios en los cuales se deben

enfocar las herramientas del Lean Manufacturing si se desea realizar una mejora dentro de la empresa.

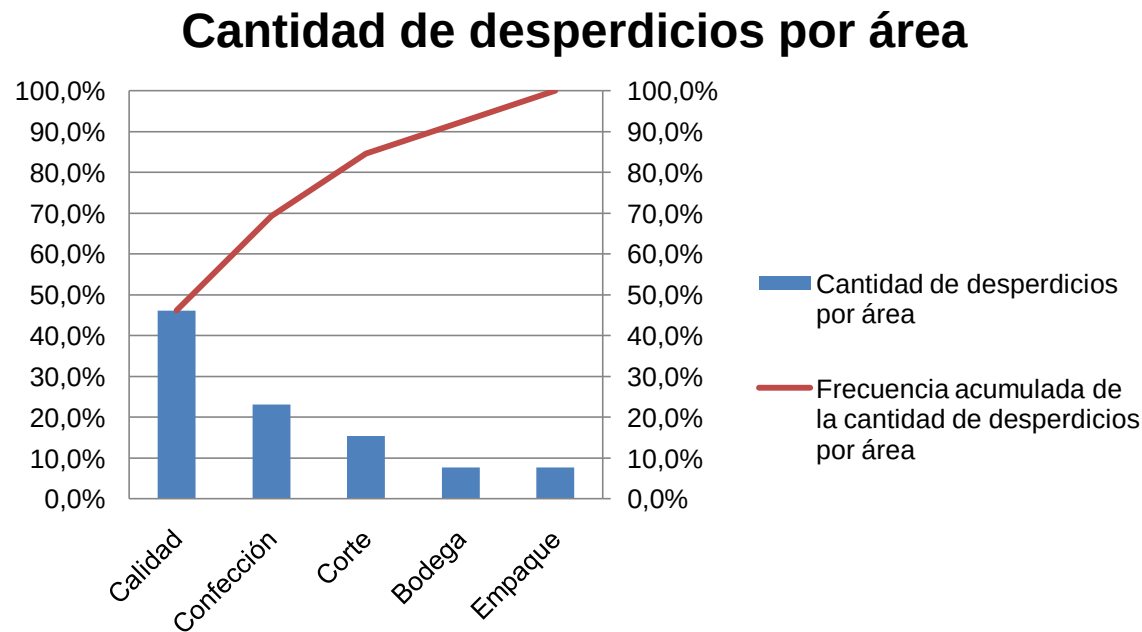
6.2.3. Selección del área

Al realizar la totalización de los desperdicios analizados con anterioridad y al clasificarlos por áreas se obtiene el siguiente consolidado:

Tabla 13. Cantidad de desperdicios por área.

	Cantidad	Frecuencia	Acumulada
Calidad	6	46.15%	46.15%
Confección	3	23.08%	69.23%
Bodega	1	7.69%	76.92%
Corte	2	15.38%	92.31%
Empaque	1	7.69%	100.00%
Fuente: Los Autores			

Ilustración 37. Cantidad de desperdicio por área



Fuente: Los Autores

Según los resultados del Pareto, el área que presenta mayor cantidad de desperdicios es el área de Calidad, con un total de 6.

Ahora, se realiza el consolidado²¹ o sumatoria de los porcentajes que representan los desperdicios presentados en cada área:

Tabla 14. Porcentaje (%) consolidado de desperdicios por área.

Área	Tiempo espera (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Bodega	8	21,33%	14,89%
Corte	41,4	110,40%	77,04%
Confección	36,57	97,52%	68,05%
Calidad	48,84	130,24%	90,88%
Empaque	0,5	1,33%	0,93%
Fuente: Los Autores			

Según lo evidenciado tanto en la frecuencia con la que se presentan los desperdicios y en el consolidado del porcentaje que estos representan para el Takt Time y el Tiempo de Ciclo se concluye que aquella área propicia para iniciar la implementación de Lean Manufacturing y las herramientas de este modelo gerencial es el área de Calidad. Esta área se propone como piloto con el fin de dar inicio al diseño metodológico para implementar Lean Manufacturing y dar cumplimiento a los objetivos planteados al inicio de este proyecto; sin embargo el proceso de implementación de Lean debe llevarse a cabo utilizando como guía y herramienta el Value Stream Mapping de todo el proceso productivo de la empresa, y se toma como punto de partida el área en este caso identificada como

²¹El consolidado se realiza sumando los tiempos de cada uno de los desperdicios en cada área, así se obtiene un tiempo total para cada una de ellas que refleja todos los desperdicios que se presentan.

piloto. Con una cantidad de 6 tipos de desperdicio y un porcentaje de 130,24% con respecto al Takt Time y un porcentaje de 90,88% con respecto al Tiempo de Ciclo, es aquella que requiere mayor atención. Cabe aclarar que la metodología Lean establece que todos los desperdicios deben corregirse, pero debe iniciarse por aquellas áreas del proceso más críticas, para lo cual, durante la realización de este trabajo, se seleccionó un área para dar una idea del desarrollo del diseño metodológico para que dicha área se vuelva Lean.

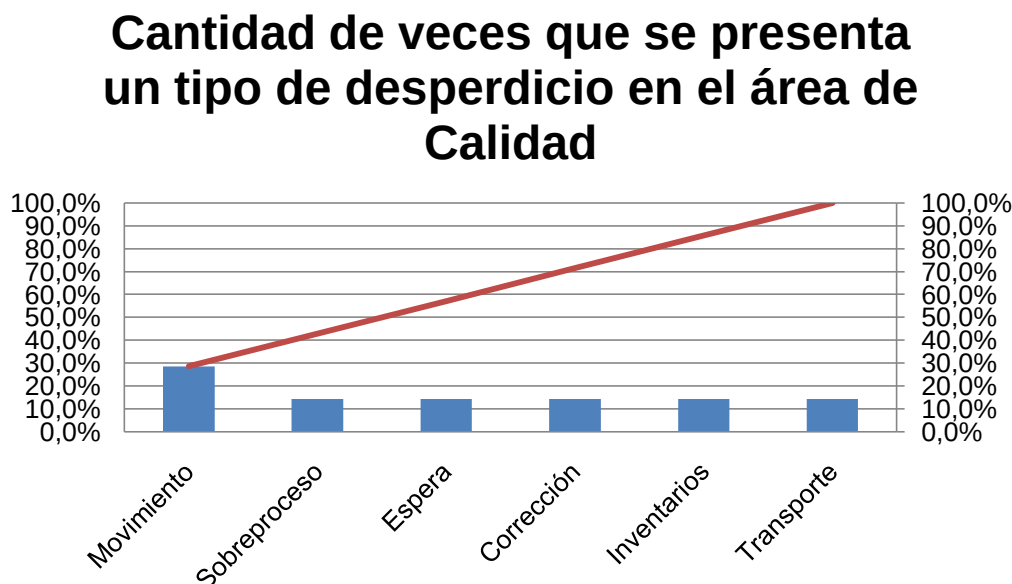
6.3 SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS

Para lograr la corrección de los principales desperdicios que se presentan en el área de estudio, Calidad, se realiza un análisis de la cantidad de veces que se presenta cada tipo de desperdicio por ciclo de producción.

Tabla 15. Cantidad de veces que se presenta un tipo de desperdicio en el área de Calidad.

	Cantidad de Veces que se presenta	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
Movimiento	2	28,6%	28,6%
Sobreproceso	1	14,3%	42,9%
Espera	1	14,3%	57,1%
Corrección	1	14,3%	71,4%
Inventarios	1	14,3%	85,7%
Transporte	1	14,3%	100,0%
Fuente: Los Autores			

Ilustración 38. Pareto cantidad de veces que se presenta un tipo de desperdicio en el área de Calidad



Fuente: Los Autores

Se evidencia según el Pareto anterior, que el desperdicio que se presenta con mayor frecuencia en el área de calidad son los movimientos innecesarios; los otros cinco desperdicios se presentan en igual frecuencia (uno solo por desperdicio). Teniendo en cuenta los tipos de desperdicios evidenciados y en busca de atacar la mayor cantidad de estos con la menor cantidad de herramientas se realiza la elección de las 5's y el Standard Work (Trabajo estandarizado). Estas dos herramientas permiten realizar un énfasis en eliminación de: transporte, esperas, movimientos y sobreprocesos innecesarios.

6.3.1. Descripción física del área de Calidad.

El área de calidad cuenta con: una mesa de inspección de 2,3 metros de largo por 1,5 metros de ancho, tres sillas, una para cada inspector de prendas. Se cuenta además con tres estanterías en donde se ubican las prendas que están en espera

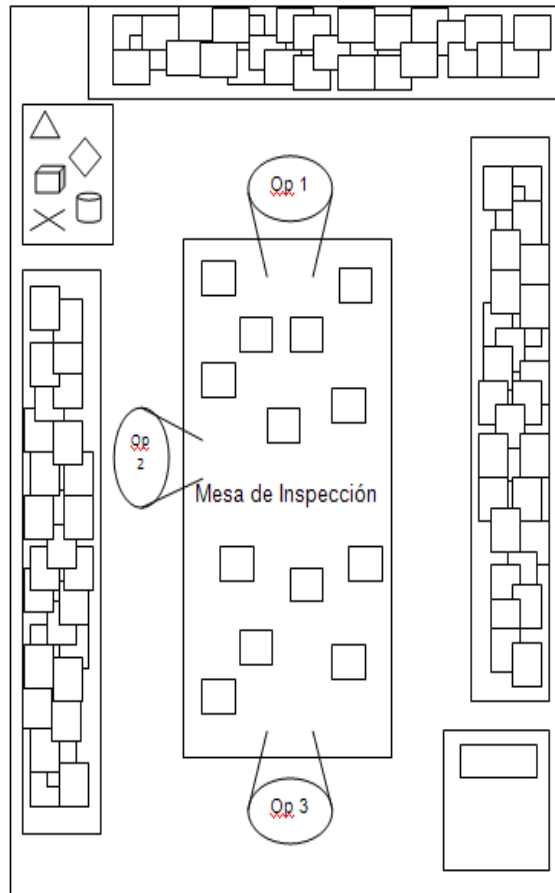
de inspección, cada estante tiene una altura de 1,7 metros y un ancho de 1,2 metros y cuenta con cuatro niveles.

En el área existe también una mesa en la cual se realizan actividades como planchado, almidonado o actividades extras que requieran las prendas. Dentro del área existe una repisa en donde se ubica las herramientas necesarias para la inspección de calidad como el pulidor (tijeras), la cinta para demarcar defectos de calidad y el metro para corroborar la exactitud de las medidas de la prenda.

Las prendas que son identificadas con algún imperfecto relacionado con suciedad se van acumulando en la misma mesa donde se están realizando las inspecciones, estas no tienen un lugar determinado de permanencia.

No hay un lugar determinado para las prendas que deben volver al proceso, ni para las prendas que pasan la inspección y están listas para ser empacadas; estas dos se acumulan en la mesa de inspección.

Ilustración 39. Esquema área de Calidad



Fuente: Los Autores

6.3.2.5's. Es un grupo de cinco técnicas, las cuales todas empiezan por la letra s. Estas se usan para mejorar el desarrollo de las actividades dentro del lugar de trabajo y facilitan el control visual y la implementación de Lean.²² Se elige esta herramienta como preámbulo para la realización de la estandarización de las actividades del trabajo.

²²Traducido de: WILSON, Lonnie. How to implement Lean Manufacturing. 2010. p 63.

6.3.2.1. Diseño metodológico para la implementación de la herramienta 5´s

Las herramientas 5´s son: Seiri (clasificar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (disciplina). Para la implementación de esta técnica se ha definido la siguiente metodología:

1. Realizar una jornada en la que se clasifique, ordene y limpie en forma general el área de calidad; en esa jornada se deberá clasificar aquello que se utiliza y lo que no se utiliza dentro de los procesos misionales del área de calidad, se debe evacuar del área aquello que se clasificó como innecesario para el desarrollo de las actividades de calidad. Una vez evacuado lo que no se utiliza se procede a establecer un lugar para cada una de las cosas clasificadas como necesarias para el proceso de calidad y se debe garantizar que cada cosa permanezca en el lugar que se definió para ella, se sugiere la implementación de controles visuales como el mapa de los 5´s una herramienta visual útil que muestra donde debe estar cada cosa dentro del área y los flujos de trabajo que se presentan en esta. Por último se debe realizar la limpieza general del área.

Según las observaciones realizadas al área se sugiere como parte de la motivación, que es conveniente implementar todos los aspectos de identificación del grupo humano de trabajo, así como una cartelera en la que se registre el estado anterior y el estado del área ya mejorada. Esto motiva y ayuda a sostener las cosas hechas en el tiempo. Como sugerencia particular para la empresa se sugiere clasificar como innecesaria la mesa donde se realizan las actividades extras que requieren las actividades inspeccionadas. En el paso relacionado con el orden se requiere que se rotule cada uno de los niveles de las estanterías para garantizar que cada tipo de prenda tenga un lugar de ubicación fijo de manera que todos sepan

hacia dónde dirigirse en el momento en que se requieran, se deben clasificar aquellas prendas que están en espera de inspección, las que deben ser reprocesadas y aquellas que pasaron satisfactoriamente la inspección y deben ser empacadas.

Debe rotularse también la repisa que guarda las herramientas utilizadas en la inspección de manera que sean fácilmente identificables para el operario que requiera su uso, éstas serían: pulidor, cinta de demarcación y metro.

2. En el paso dos de la metodología para implementación de los 5's dentro del área de calidad se debe estandarizar lo conseguido en el paso uno (clasificación, orden y limpieza); a través de un formato que contenga una representación gráfica de la zona en donde se evidencie claramente cuál es el lugar que le corresponde a cada cosa y como debe mantener el sitio en todo momento. El formato propuesto para esta etapa de la metodología es el siguiente:

Ilustración 40. Formato para estandarización de 5's

Area: _____
Responsable: _____
Fecha: dd/mm/aaa Version: _____

Zona	Estandar (foto de la zona)	Descripción	Observaciones
1			
2			
3			

Fuente: Los Autores

3. Por último y no menos importante se encuentra la etapa de disciplina cuyo objetivo principal es garantizar que las acciones realizadas en las etapas anteriores se mantengan en el tiempo. Para cumplir con este objetivo es necesario empezar a inculcar en los trabajadores la cultura de las 5's. La propuesta para alentar el comportamiento disciplinado de los empleados consiste en la realización de auditorías con una frecuencia de dos veces por mes, en la que se compara el formato de estandarización de 5's en el área con la condición en la que esta se encuentre en el momento de realizarse la auditoria. La calificación de cada ítem se hace teniendo en cuenta una escala de 1 a 5 puntos, en donde 1 es la calificación más baja y 5 la más alta siendo así posible obtener un máximo de 30 puntos en cada evaluación. El resultado de esta comparación se debe registrar en el siguiente formato propuesto:

Ilustración 41. Formato auditoría de 5's

Area: _____ Auditoria Numero: _____
 Responsable: _____
 Fecha: dd/mm/aaa Version: _____

S a Evaluar	1	2	3	4	5	Observaciones
1. Clasificar						
* Todos los objetos dentro del área son necesarios						
2. Ordenar						
* Existe un lugar demarcado para cada objeto						
* Cada objeto se encuentra en el lugar demarcado para su permanencia						
3. Limpiar						
* El área se encuentra limpia						
4. Estandarizar						
* El estado del área coincide con el establecido en el formato de estándar						
5. Disciplina						
* Se cumple con la ejecución de las observaciones realizadas en la auditoría anterior						

Fuente: Los Autores

Con el fin de llevar un control y realizar el seguimiento del programa 5's se presenta como propuesta el siguiente sistema de evaluación:

Se definen tres niveles o categorías para evaluar el estado general de las 5's en cada área; según el formato de la ilustración 46 la cantidad máxima de puntos a obtener en cada auditoria será 30.

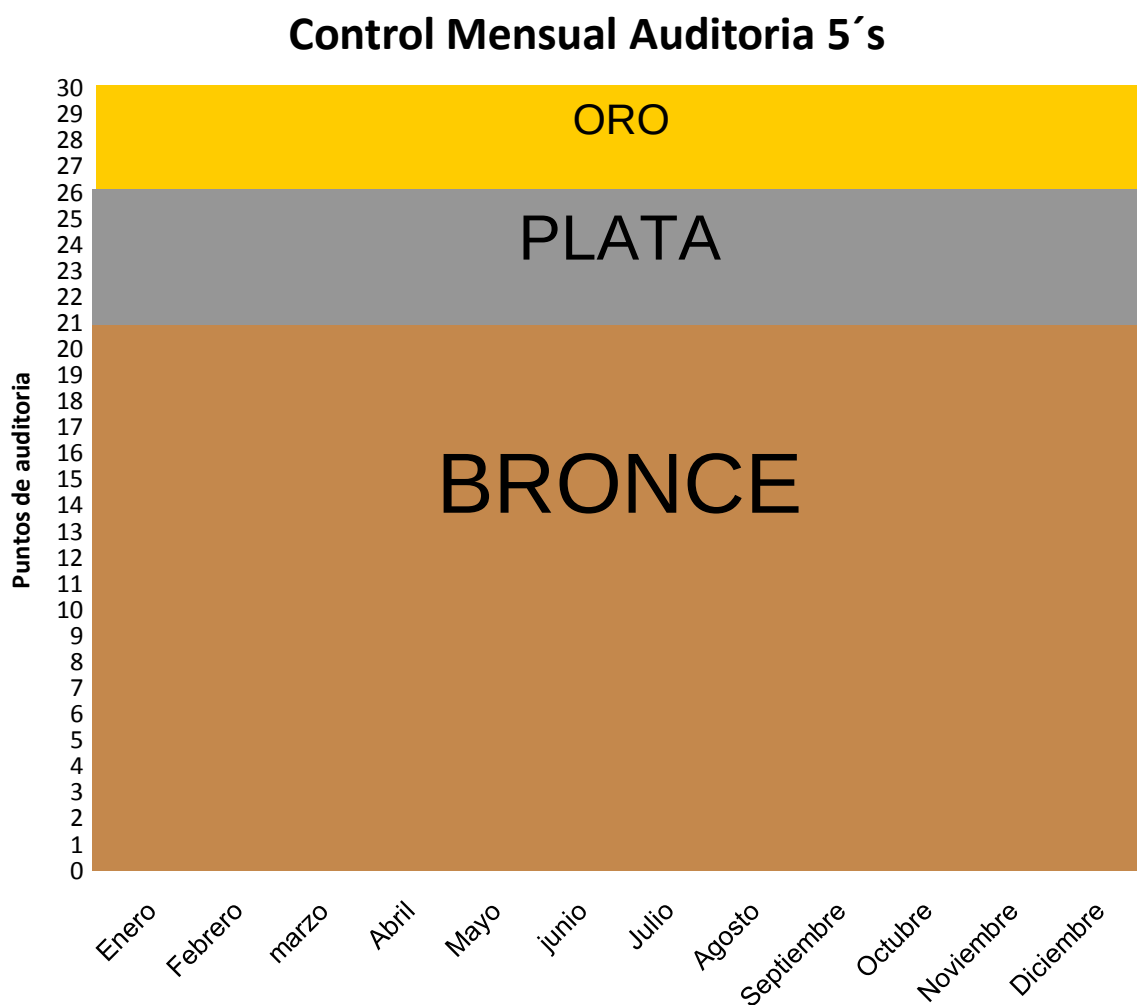
- **Primer nivel o categoría (ORO):** Se califica como oro aquella área que en el mes obtenga de 26 a 30 puntos en la auditoria. Esta categorización quiere decir que el área ha mantenido en buenas condiciones el ambiente 5's y que ha mostrado interés y disciplina, así como interiorización de la importancia de mantener en orden su área de trabajo.

- **Segundo Nivel o Categoría (PLATA):** Se califica como plata aquella área que en el mes obtenga de 21 a 25 puntos en la auditoria. Esta categorización indica que el área está organizada pero aún hace falta corregir algunas deficiencias, debe motivarse al personal para que se esmere en aplicar de mejor forma y con mayor compromiso las 5's.

- **Tercer Nivel o Categoría (BRONCE):** Se califica como bronce aquella área que en el mes obtenga un puntaje menor o igual a 20 puntos en la auditoria. Esta categorización indica que no se están cumpliendo como deben ser los estándares 5's. Hace falta reforzar en los trabajadores los conceptos de la herramienta y hacerles énfasis en la importancia de mantener en el tiempo la implementación de este sistema.

Se llevara un control mensual después de cada auditoria registrando los resultados de las revisiones en el siguiente gráfico:

Ilustración 42. Gráfico de Control Mensual Auditoria 5's

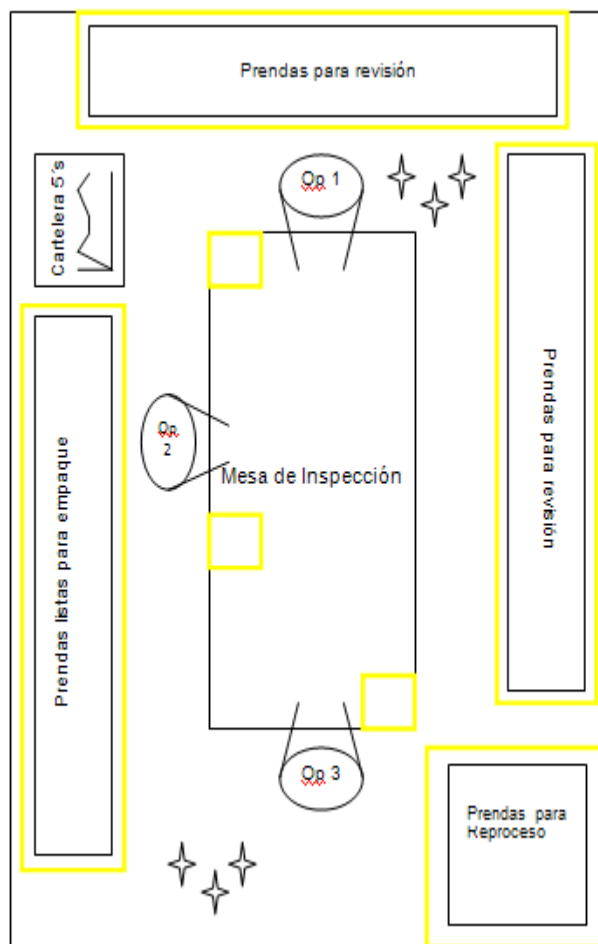


Fecha:	Responsable Elaboración:
Aprobó:	Departamento:

Fuente: Los Autores

Con este gráfico será posible observar la tendencia en el comportamiento del área con respecto a la continuidad y mantenimiento del programa 5's.

Ilustración 43. Esquema del área de calidad con la implementación de 5's



En el esquema anterior se observan las delimitaciones para cada cosa (cada cosa en su lugar – Seiso), cada estantería o cada sub-área tiene especificado su lugar en el área; cada uno de los trabajadores que inspeccionan las prendas tiene a su lado un espacio establecido para la ubicación de las herramientas necesarias para desarrollar su labor. Se observan los pisos del área totalmente limpios, y por supuesto la ubicación de la cartelera de 5's con la evidencia del comportamiento y evolución de la herramienta.

6.3.3. Standard Work. Es la técnica usada para revisar el desempeño de la empresa; incluye los tiempos de ciclo de un proceso de producción, el área de producción, o una estación de trabajo. Esta es una herramienta clave en la evaluación y asistencia del proceso productivo para lograr una producción sincronizada.²³ Uno de los procedimientos más empleados en la ingeniería industrial consiste en lograr la estandarización de las actividades dentro de un proceso. Cuando se estandarizan las actividades es posible saber de qué forma se realizan mejor y en menor tiempo las operaciones. Además de esto se puede casi que garantizar que todos los operarios tengan claridad y certeza a cerca de lo que deben realizar: disminuyéndose así las esperas, los movimientos y las operaciones innecesarias dentro del proceso.

6.3.3.1. Diseño Metodológico para la implementación del Standard Work

Para realizar la metodología de implementación del Standard Work o el trabajo estandarizado se realizó inicialmente el estudio de tiempos para la inspección de una camiseta en el área de calidad.

El resultado del estudio de tiempos (en segundos) se registra a continuación:

Ilustración 44. Estudio de Tiempos del proceso de confección

Operación	Val.	1	2	3	4	5	t. Standard	t. Normal
Ir por revés	95%	6,91	5,42	6,42	6,25	6,65	6,33	6,01
Espera	95%	131,39	103,08	122,38	118,85	126,45	120,43	114,41
Revisar Marquilla	95%	2,77	2,94	3,13	2,94	2,96	2,95	2,80
Revisar Mangas	95%	7,27	8,44	6,97	7,57	7,55	7,56	7,18

²³Traducidode:WILSON, Lonnie. How to implement Lean Manufacturing.2010. p 114.

Revisar Puños	95%	10,95	9,76	8,83	9,86	9,86	9,85	9,36
Revisar Laterales	95%	8,19	7,93	7,90	8,02	8,00	8,01	7,61
Revisar Doblado Inferior	95%	5,57	6,37	5,78	5,90	5,92	5,91	5,61
Revisar Costura Cuello	95%	5,81	5,88	5,36	5,69	5,68	5,68	5,40
Revisar Fileteada de Cartera	95%	6,98	5,45	5,93	6,11	6,13	6,12	5,81
Voltear	95%	4,15	5,19	4,74	4,68	4,68	4,69	4,46
Revisar Alineación Cuello	95%	9,80	8,54	8,75	9,04	9,02	9,03	8,58
Revisar Mangas	95%	7,61	7,50	7,25	7,44	7,46	7,45	7,08
Revisar Puños	95%	8,64	8,01	8,57	8,42	8,40	8,41	7,99
Revisar Laterales	95%	6,54	6,67	7,26	6,81	6,83	6,82	6,48
Revisar Botones de Cartera	95%	5,35	4,04	4,47	4,63	4,61	4,62	4,39
Revisar alineación dobladillo posterior y anterior	95%	5,81	6,19	5,30	5,76	5,78	5,77	5,48
Fuente: Los Autores								

Tiempo total normal: **208,65 segundos, equivalentes a 3,477 minutos.**

Suplementos:

- Básico por necesidad y fatiga 11
- Trabajo de Precisión 2

Total suplementos 13

$$Tiempo\ tipo = (Tiempo\ Normal\ total) * (valoracion) * (100\% + suplementos)$$

Ecuación 10. Fórmula del tiempo tipo

$$Tiempo\ tipo = (3,477) * (0,95) * (1,13)$$

$$Tiempo\ Tipo = 3,733\ min/camiseta$$

Ecuación 11. Cálculo del tiempo tipo

La metodología planteada consiste en:

1. Eliminar aquellas actividades que no son significativas en la inspección de la prenda o que solo se encuentran dentro de la secuencia de operaciones aumentando los tiempos totales de revisión.
2. Establecer una secuencia lógica para las operaciones de inspección, de manera que se siga un orden ascendente o descendente en la prenda (del cuello al dobladillo inferior o viceversa).
3. Definir un formato para el registro de las operaciones y sus respectivos tiempos a lo largo del proceso de inspección. Una vez realizado este registro debe permanecer visible dentro del área y debe ser actualizado constantemente o cada vez que se incluyan o cambien las operaciones que ya están estandarizadas.

Ilustración 45. Formato para realizar el diagrama de proceso

Actividad:		Operación	min						
		Transporte	min						
Tipo De Diagrama: FLUJO DE PROCESO	Material ()	Espera							
	Operario ()	Inspección							
Método:	Material ()	Almacenamiento							
	Operario ()	Distancia Total							
Área/Sección: Calidad		Tiempo Total							
Elaborado Por:		Aprobado Por:							
DESCRIPCIÓN:		OPE	TRAN	ESP	INS	ALM	Dist	Tiem	Observaciones.
									
									
									
									
									
									
									
									
									
									

Fuente: Los Autores

- Determinar indicadores de gestión para el área de calidad que les permita tener un control de los procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa; para esto se proponen los siguientes indicadores:

- **Porcentaje de devoluciones del producto por parte del cliente:** Permitirá a la empresa saber a qué nivel satisface los requerimientos de los clientes y representara una señal de alerta para implementar mejoras dentro de los procesos.

Tabla 16. Indicador Porcentaje de devoluciones del producto por parte del cliente

Nombre del Indicador	% de devoluciones del producto por parte del cliente
Fórmula	$\frac{\text{Total devoluciones del producto}}{\text{Total productos vendidos}} * 100$
Responsable	Jefe de Calidad
Unidad de Medida	Porcentaje
Frecuencia de recolección	Mensual
Fuente: Los Autores	

- **Porcentaje de Reproceso:** Indicará cual es la efectividad de las operaciones desarrolladas dentro del proceso y permitirá a la empresa emprender acciones correctivas enfocadas en la realización de las prendas con los requerimientos necesarios desde la ejecución de la primera operación del proceso.

Tabla 17. Indicador porcentaje de reproceso

Nombre del Indicador	% de Reproceso
Fórmula	$\frac{\text{Total unidades enviadas a reproceso}}{\text{Total unidades inspeccionadas}} * 100$
Responsable	Jefe de Calidad

Unidad de Medida	Porcentaje
Frecuencia de recolección	Mensual
Fuente: Los Autores	

- **Cantidad de defectos en una prenda:** Permite conocer cuál es la calidad de las operaciones que se desarrollan dentro de la empresa de confección.

Tabla 18. Indicador cantidad de defectos en una prenda

Nombre del Indicador	Cantidad de defectos en una prenda
Fórmula	$\frac{\text{Cantidad de defectos}}{\text{Prenda}}$
Responsable	Jefe de Calidad
Unidad de Medida	Defectos/Prenda
Frecuencia de recolección	Mensual
Fuente: Los Autores	

6.4 METODOLOGÍA PARA CUANTIFICAR LOS BENEFICIOS ASOCIADOS CON LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

El tema de los beneficios que se pueden alcanzar en una posible implementación de un modelo gerencial como lo es el Lean Manufacturing, es una tarea bastante ardua. La primera pregunta que se debe responder es ¿Cuáles son los beneficios que se logran implementando Lean manufacturing?, una vez resuelta esa pregunta se puede seguir con ¿Cómo se cuantifican estos beneficios?, si se consigue responder estas dos preguntas, se podrá tener una idea aproximada de

los beneficios que tendrá la empresa de confección si decide implementar las dos herramientas propuestas anteriormente.

Cabe aclarar que una organización es un gran sistema y cada una de sus áreas son los subsistemas que lo componen; por lo tanto cualquier beneficio que se reporte en un área se verá reflejado en una mejora para los resultados generales de rendimiento de la empresa de confección.

Para determinar cuáles son los beneficios asociados a la propuesta de implementación es importante tener claro los siguientes conceptos:

- Costo de mano de obra por minuto (C.M.O./M.): Representa lo que le debe pagar la empresa a un operario de calidad por cada minuto que pase inspeccionando prendas.
- Costo total de calidad por pieza (C.T.C./P.): Representa lo que le cuesta a la empresa realizar todo el ciclo de inspección en calidad para cada pieza.
- Numero de camisetas revisadas en el día (N.C.R./D.): Representa el número de camisetas que se logran inspeccionar en una jornada laboral (8 horas).

Lo que debe realizarse para cuantificar los beneficios se presenta en la siguiente metodología:

1. Determinar el Costo de mano de obra por minuto a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{C.M.O.}{M.} = \frac{\text{Salario Operario de calidad}}{\text{tiempo operativo}}$$

Ecuación 12. Fórmula para calcular el costo de mano de obra por minuto en calidad

tiempo operativo en minutos

$$= \text{dias del mes laborados} * \text{horas laborales al dia} * 60 \text{ min}$$

Ecuación 13. Cálculo tiempo operativo en minutos

2. Determinar el Costo total de calidad por pieza a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{C.T.C.}{P.} = \frac{C.M.O.}{M.} * \text{tiempo revisión}$$

Ecuación 14. Fórmula para calcular el costo total de calidad por pieza

De esta ecuación se puede concluir que si se reducen los tiempos de revisión se disminuye el costo total de calidad por pieza, encontrando una relación directamente proporcional entre estos dos términos.

3. Determinar el Número de camisetas revisadas en el día a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{N.C.R.}{D.} = \frac{\text{tiempo total operativo diario}}{\text{tiempo de revisión}}$$

Ecuación 15. Fórmula para determinar el número de camisetas revisadas en el día

$$\text{tiempo total operativo diario} = 8 \text{ horas} * 60 \text{ min} * 51,39\% = 246,67 \text{ min}$$

Ecuación 16. Cálculo del tiempo total operativo diario

De esta ecuación se puede concluir que si se reducen los tiempos de revisión por prenda se aumenta el número de camisetas revisadas por día lo que representa una relación inversamente proporcional. Lo anterior se manifiesta como un beneficio para la empresa puesto que si se revisan más unidades en el mismo

tiempo laboral se evidencia un aumento en la productividad del área, se liberan de forma más rápida las prendas represadas que deben seguir al área de empaque.

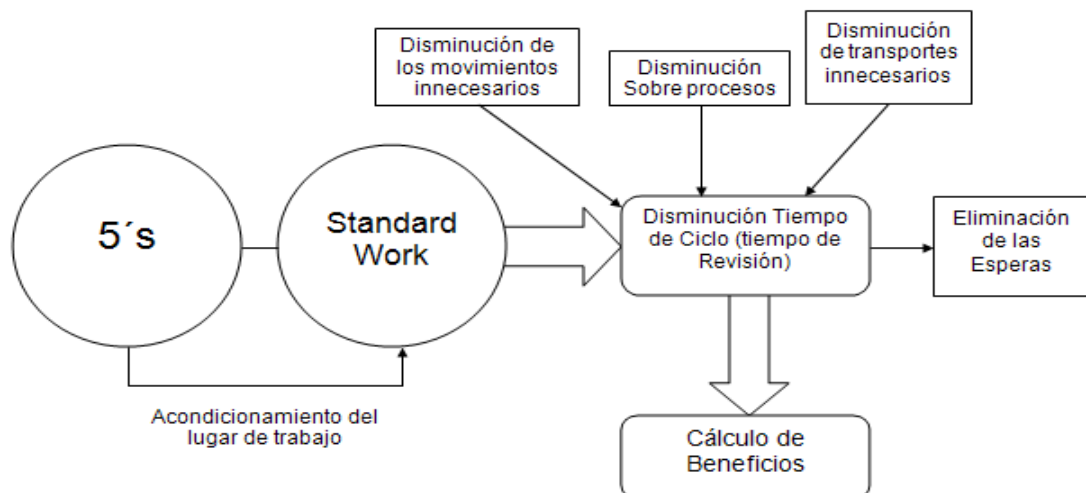
6.5 SIMULACIÓN DE HERRAMIENTAS

A través de la implementación de las 5's se espera acondicionar el lugar de trabajo para realizar el Standard Work que a su vez se espera permita reducir el tiempo de ciclo de revisión de las prendas por medio de la disminución de los tres tipos de desperdicios: movimientos, sobreproceso y transportes innecesarios.

Una vez se disminuya el tiempo de ciclo de revisión de las prendas se tiene la expectativa de que exista una reducción de las esperas dentro del proceso.

Con base en los tiempos obtenidos con la simulación de las herramientas se realiza el cálculo de los beneficios tal como se especifican en la metodología del ítem 6.3 del presente proyecto.

Ilustración 46. Diagrama de simulación del proceso



Fuente: Los Autores

Del tiempo total que tienen los operarios de Calidad para realizar la operación de inspección tienen que repartirse en la revisión de cada una de las familias de producto, tomando como base el porcentaje de participación de las familias se decidió asignarle el 51,39% del tiempo de revisión a la revisión de las camisetas. El tiempo total con el que cuentan los operarios para realizar la operación es:

$$\text{Tiempo disponible para revisión} = 24 \text{ días laborales al mes} * 8 \text{ horas diarias}$$

$$\text{Tiempo disponible para revisión} = 192 \text{ horas al mes}$$

Ecuación 17. Cálculo del tiempo disponible para revisión al mes

$$\text{Tiempo disponible para revisión de camisetas} = 192 \text{ horas al mes} * 51,39\%$$

$$\text{Tiempo disponible para revisión de camisetas} = 98,67 \text{ horas al mes}$$

Ecuación 18. Cálculo del tiempo disponible de revisión de camisetas al mes

Para la situación propuesta se procede a definir las mejoras teniendo en cuenta las dos herramientas definidas, 5's y Standard Work.

- Se reduce el tiempo de ciclo de revisión debido a que se propone que se realice la revisión de la prenda una vez se voltea omitiendo la espera inicial derivada de la operación en la que se llevaban por el revés todas las camisetas del lote antes de su inspección.
- La aplicación de la 5's ayuda a que se reduzca el tiempo de traslado de las piezas rechazadas o empacadas.

6.5.1 Identificación de la Cadena de Valor (Value Stream) Futura o Propuesta del proceso

Después de evidenciar en los puntos anteriores la pertinencia de enfocarse en el área de calidad, se define simular la implementación de 5's y Standard Work

Visualizando como mejoras la disminución en el tiempo empleado para la realización de actividades en ésta área.

En la propuesta se procede a calcular el takt time, el lead time, el picth y el tiempo de ciclo.

tiempo de operaciones

*= tiempo de diseño + tiempo de moldeo + tiempo en la bodega
+ tiempo de corte + tiempo de bordado o estampado
+ tiempo de confección + tiempo de inspección
+ tiempo de empaque*

tiempo de operaciones

*= (8 * 60) + (4 * 60) + 30 + (4 * 60) + 2,33 + 21,63 + 1,69 + 1,5*

<i>tiempo de operaciones = 1017,15 min $\cong$ 16,95 horas $\cong$ 2,11 días</i>

Ecuación 19. Cálculo del tiempo de operaciones propuesto

lead time = tiempo de espera de la bodega a corte

*+ tiempo de espera de corte a bordado o estampado
+ tiempo de espera de bordado o estampado a confección
+ tiempo de confección a inspección
+ tiempo de inspección a empaque*

*lead time = 5 + (12 * 60) + 10 + (8 * 60) + 20*

<i>lead time = 1235 min $\cong$ 20,58 horas $\cong$ 2,57 días</i>
--

Ecuación 20. Cálculo del lead time propuesto

tiempo total de ciclo = tiempo de operaciones + lead time = 1017,15 + 1235

<i>tiempo total de ciclo = 2252,15 min $\cong$ 37,54 horas $\cong$ 4,69 días</i>

Ecuación 21. Cálculo del tiempo total de ciclo propuesto

$$takt\ time = \frac{tiempo\ disponible\ para\ operacion\ diaria}{demanda\ diaria}$$

Ecuación 22. Fórmula para calcular el Takt time

Tiempo para Desayunar	Tiempo para Almorzar
15 Min	30 Min

Actualmente, como se planteó al principio de este proyecto, en la empresa se lleva a cabo un movimiento innecesario asociado con la apertura de la puerta de acceso al taller por parte de los operarios de calidad; se procede a eliminar el tiempo empleado en esta actividad y se propone que de ahora en adelante sea realizada por las personas del área administrativa pues la realización de esta función no afecta directamente los tiempos de operación del proceso.

$$t.\ disponible\ de\ operacion\ diaria: (8 * 60) - 30 - 15 = 435\ min$$

Ecuación 23. Calculo del tiempo disponible para operación diaria propuesta

$$demanda\ diaria = \frac{demanda\ anual}{12\ meses * 24\ días} = \frac{25498}{12 * 24 * 8} = 11,07\ camisetas\ al\ dia$$

$$takt\ time = \frac{435}{11,07} = 39,31\ min/camisetas$$

Ecuación 24. Calculo del Takt time propuesto

$$\begin{aligned} Pitch &= takt\ time * tamaño\ lote \\ &= 39,31min/camisetas * 20camisetas/lote \\ &= 786,2\ min/lote \end{aligned}$$

Ecuación 25. Calculo del pitch propuesto

Posteriormente se realiza un análisis de desperdicios para la propuesta; este es el mismo análisis utilizado para realizar la selección del área dentro del ítem de análisis inicial (6.2).

En la tabla 19 se presenta el resultado que se visualiza con la disminución del desperdicio relacionado con los inventarios, mejora que se deriva de la reducción del tiempo total de las operaciones.

Tabla 19. Porcentaje (%) de desperdicio representado por los Inventarios propuesto.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Bodega de Insumos	8	20,35%	21,32%
Calidad	8	20,35%	21,32%
Fuente: Los Autores			

En la tabla 20 se muestra el resultado que se espera a raíz de la disminución del desperdicio relacionado con los transportes innecesarios.

Tabla 20. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Transportes Propuesto.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Confección	0,083	0,21%	0,22%
Calidad	0,416	1,06%	1,11%
Fuente: Los Autores			

En la tabla 21 se plasma el efecto que se espera que tenga la disminución del desperdicio relacionado con las esperas; este efecto es consecuencia de la disminución del tiempo de ciclo.

Tabla 21. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Esperas Propuesto.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Calidad	8	20,35%	21,32%
Corte-Confección	12	30,53%	31,97%
Corte	0,25	0,64%	0,67%
Empaque	0,33	0,84%	0,88%
Fuente: Los Autores			

En la tabla 22 se presenta el resultado que se visualiza con la disminución del desperdicio relacionado con los movimientos innecesarios, mejora que se deriva de la eliminación del desplazamiento requerido para abrir la puerta de ingreso al taller de confección.

Tabla 22. Tabla 7. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Movimientos Propuesto.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Calidad	0	0,0%	0,0%
Fuente: Los Autores			

En la tabla 23 se muestra el resultado que se espera a raíz de la disminución del desperdicio relacionado con los sobreprocesos; esta mejora se espera debido a la eliminación de la operación de llevar por revés todas las prendas de un lote antes de iniciar su inspección.

Tabla 23. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Sobreprocesos Procesos.

Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Calidad	0	0,0%	0,0%
Fuente: Los Autores			

En la tabla 24 se plasma el efecto que se espera que tenga la disminución del desperdicio relacionado con las correcciones; este efecto es consecuencia de la disminución del tiempo de ciclo.

Tabla 24. Porcentaje (%) de desperdicio representado por Correcciones Propuesto.

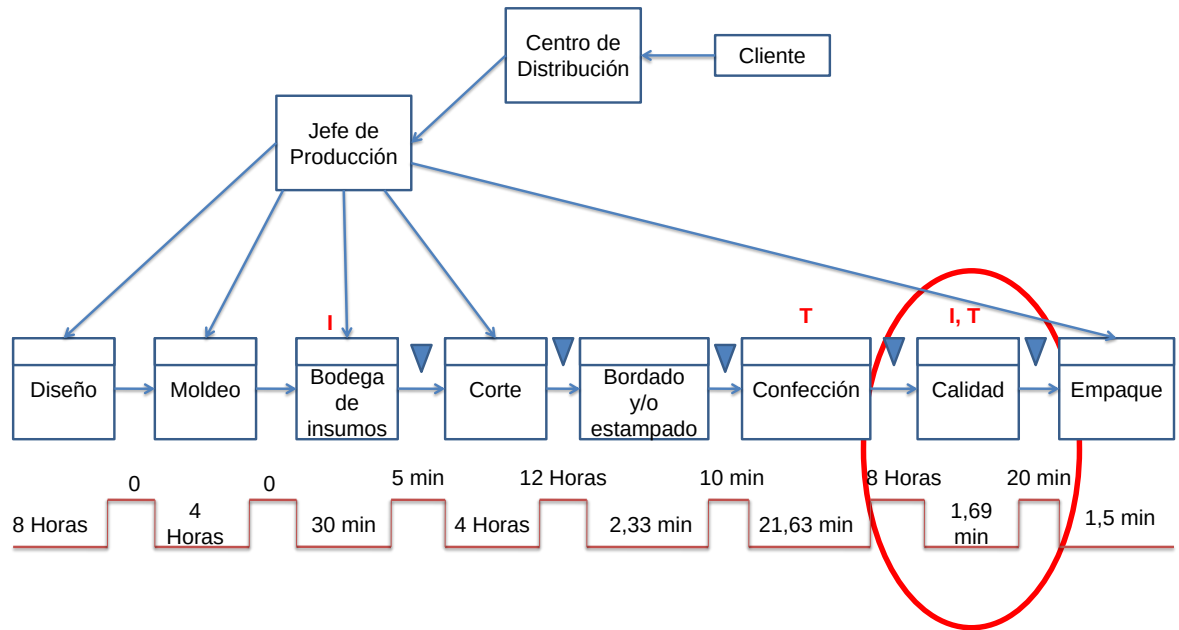
Área en la que se presenta el desperdicio	Tiempo (horas)	% desperdicio en el Takt Time	% desperdicio en el Tiempo de Ciclo
Corte	24,95	63,48%	66,48%
Confección	8,75	22,26%	23,31%
Calidad	0,062	0,16%	0,17%
Fuente: Los Autores			

A continuación se resume en la tabla los resultados consolidados y comparativos del análisis realizado al inicio de este proyecto y el análisis que resultó de la propuesta planteada; se observa una disminución en el porcentaje de desperdicio para todas las áreas con respecto al Takt Time.

Tabla 25. Comparación porcentaje (%) de desperdicios globales sobre el takt time actualmente y con la propuesta.

Área	ACTUAL		PROPUESTO	
	Tiempo espera (horas)	% desperdicio en el Takt Time	Tiempo espera (horas)	% desperdicio en el Takt Time
Bodega	8	21,33%	8	20,35%
Corte	41,4	110,40%	25,2	64,11%
Confección	36,57	97,52%	20,83	52,99%
Calidad	48,84	130,24%	16,10	40,96%
Empaque	0,5	1,33%	0,33	0,84%
Fuente: Los autores				

Ilustración 47. VSM Futuro



Fuente: Los Autores

Por último se procede a calcular el nuevo porcentaje de valor agregado, el cual tiene en cuenta el tiempo de operaciones y lead time con la propuesta.

$$\%VA = \frac{t. operaciones}{lead time} = \frac{16,9525}{20,583} = 82,36\%$$

Ecuación 26. Calculo del porcentaje de valor agregado propuesto

6.5.2 Ejecución de la Simulación

Para la realización de la simulación se procedió a realizar la comparación de dos estados: el estado actual y el estado propuesto. La realización de la simulación se implementó en el paquete computacional ProModel7.5²⁴.

Ilustración 48. ProModel 7.5



²⁴ProModel 7.5 es un programa de simulación de procesos industriales, que permite simular cualquier tipo de proceso de manufactura, además de procesos logísticos y procesos de manejo de materiales. En ProModel se puede crear un modelo computarizado de todo proceso de manufactura y una vez realizado el modelado, se podrá simular sobre él una gran cantidad de situaciones como Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar y Jalar, Logística y muchas otras más. ProModel es un paquete de simulación que no realiza solamente el simulado, sino también optimiza los modelos ingresados. Corre bajo el sistema operativo Windows y sus requerimientos mínimos son un procesador 486, 32 MB de RAM, 2 MB de espacio en Disco Duro. La versión utilizada es la versión estudiantil.

La simulación que se realizara es una simulación terminal, y debido a las características de los datos y a la información que se necesita obtener se utilizó el método de replicación en sistemas estacionarios. En este método de simulación se toman solamente en el periodo estacionario la muestra o resultado que es un promedio de los datos obtenidos durante la corrida o replicación.

Teniendo como punto de referencia el método de replicación en sistemas estacionarios se procede a realizar el cálculo del intervalo de confianza con la siguiente fórmula:

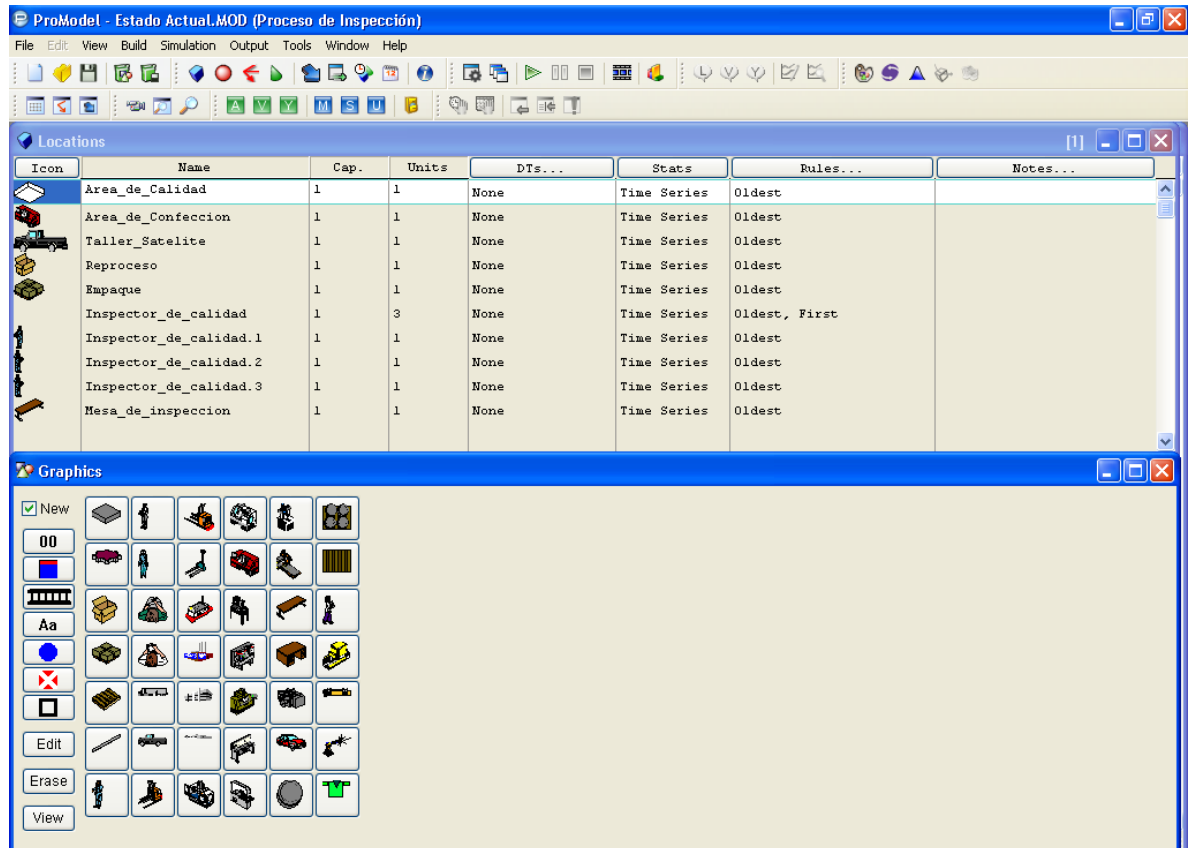
$$(X_{prom} - t_{(1-\frac{\alpha}{2})}\sigma < m < X_{prom} + t_{(1-\frac{\alpha}{2})}\sigma)$$

Ecuación 27. Fórmula para calcular el intervalo de confianza

Donde $t_{(1-\alpha/2)}$ es un valor hallado en la tabla de distribución t-student, para un nivel de significación(α) del 10%, en ese caso el nivel de confianza con el cual se trabaja el del 95% y con 6 grados de libertad (estos grados de libertad se obtienen de la resta entre el numero de observaciones de la muestra y el numero de observaciones de la muestra que son dependientes respectivamente). Con lo anteriormente explicado y usando la tabla de distribución de t-student se obtiene un valor de 1,943, que se usara más adelante para el cálculo del intervalo de confianza.

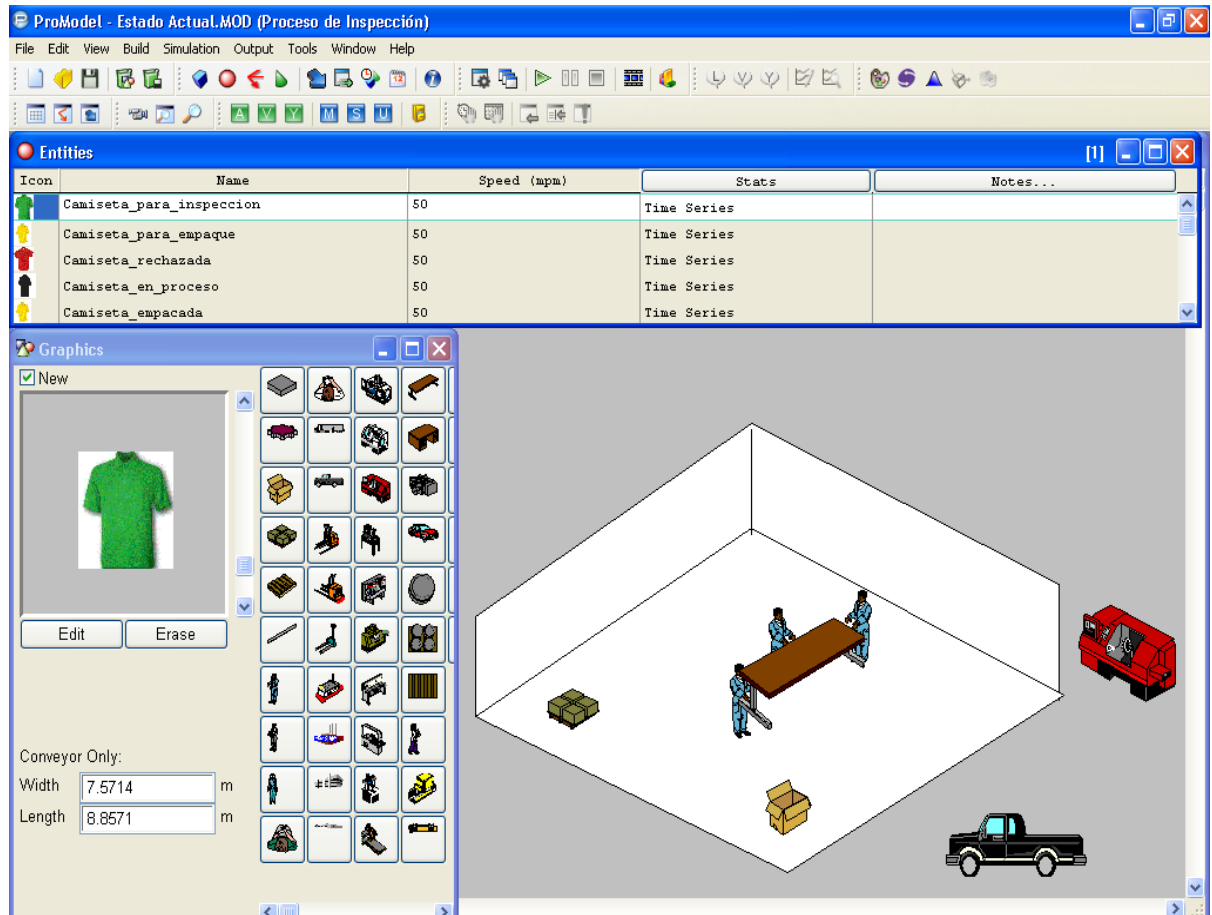
Lo primero que se realizó fue el estado actual, para llegar a la realización de este estado se empieza por introducir las locaciones, en el caso de la empresa de confección se tienen siete locaciones: El área de calidad, El área de confección, el taller satélite, el espacio para las prendas que van para reproceso, el espacio para las prendas que pasan a empaque y la mesa de inspección.

Ilustración 49. Locaciones estado actual



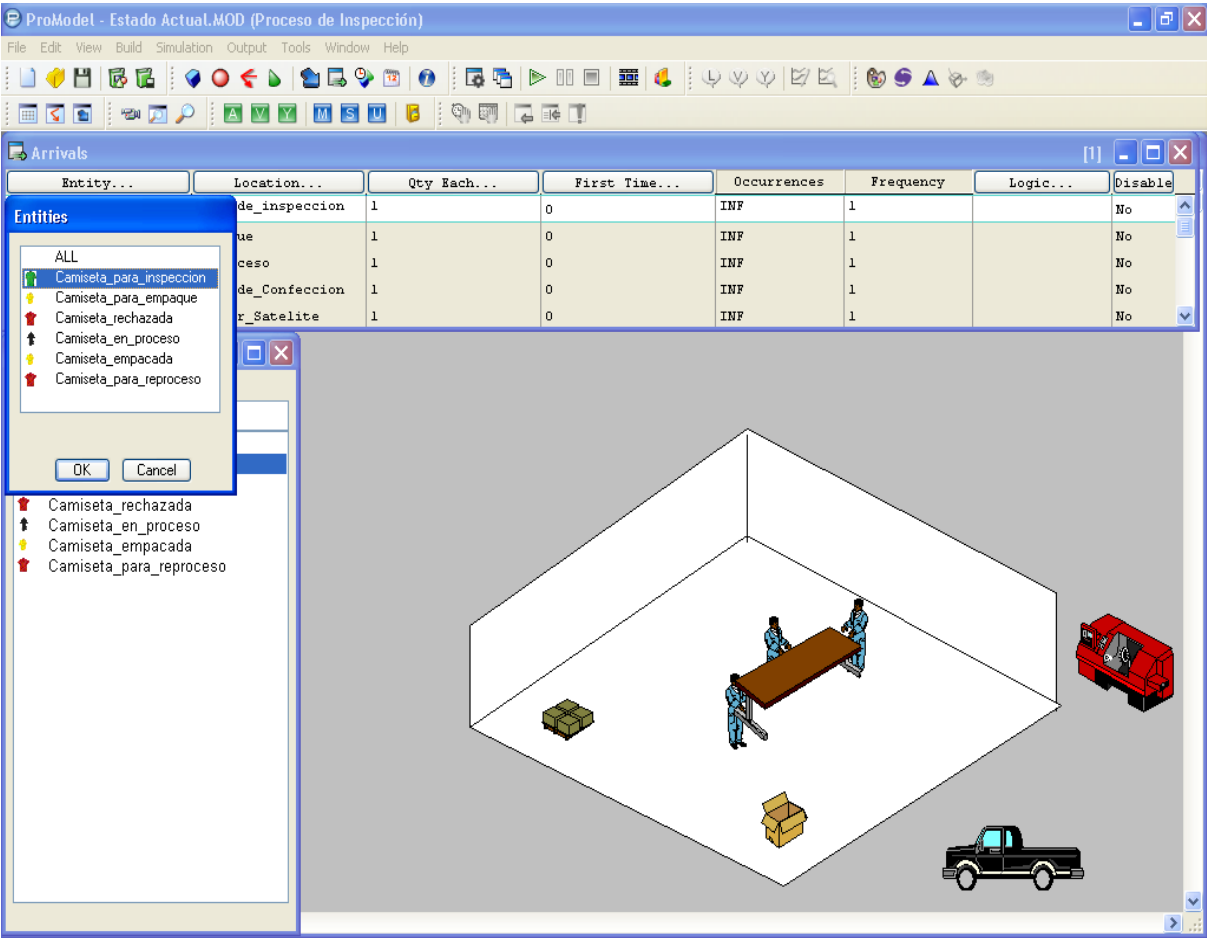
Luego se procede a definir las entidades que son los productos que pasan por cada una de las locaciones, en el caso de la empresa de confección las entidades son: camisetas en proceso, camisetas para inspección, camisetas rechazadas, camisetas para empaque, camisetas para reproceso y camisetas empacadas.

Ilustración 50. Entidades estado actual



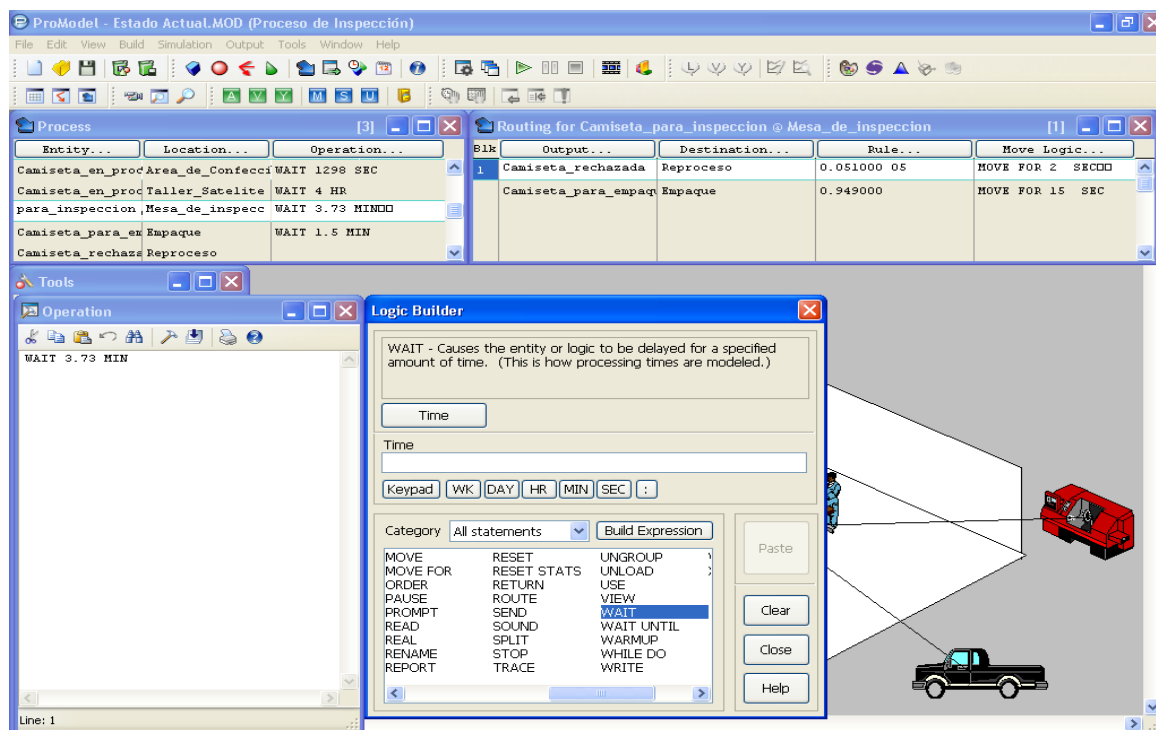
Seguidamente se establecen las llegadas dentro del proceso que definen qué entidad pasa por cada locación, en el caso de la empresa de confección: las camisetas en proceso están en el área de confección y en el taller satélite; las camisetas para inspección están en la mesa de inspección, las camisetas para empaque se encuentran en empaque y las camisetas rechazadas van hacia reproceso.

Ilustración 51. Llegadas estado actual



Por último se definen los procesos que se dan dentro del área, en este paso se establece el tiempo que se demora cada entidad en cada locación y también el tiempo que se demora el traslado de una entidad entre una locación y otra; en este caso de estudio en el área de confección se encuentran las camisetas en proceso y salen camisetas para inspección al igual que en los talleres satélite; a la mesa de inspección entran camisetas para inspección y salen camisetas para empaque y camisetas rechazadas, a reproceso entran las camisetas rechazadas y salen camisetas reprocesadas y por último a empaque entran camisetas para empaque y salen camisetas empacadas.

Ilustración 52. Procesos estado actual



En este punto se hace una aclaración, las camisetas que salen de la mesa de inspección se dividen entre las rechazadas y las camisetas para empaque, para determinar el porcentaje de productos que son rechazados se realizó el siguiente estudio del número de camisetas rechazadas por número de camisetas inspeccionadas, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 26. Porcentaje de camisetas para reproceso.

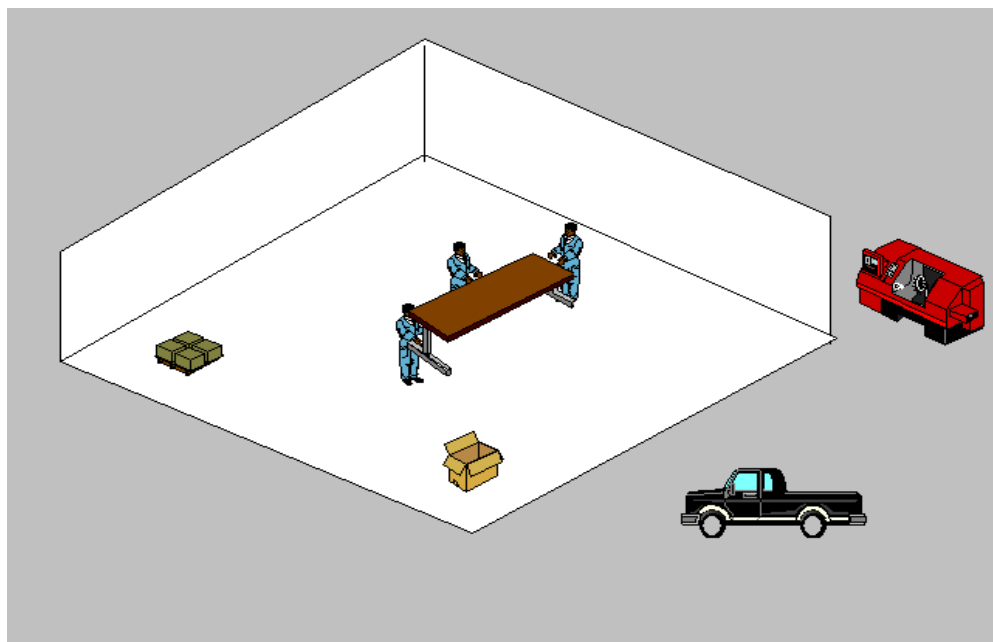
	# camisetas Revisadas	# de camisetas Rechazadas	Porcentaje
1	495	26	5,25%
2	166	8	4,82%
3	140	8	5,71%
4	127	7	5,51%
5	142	6	4,23%
Promedio			5,10%
Desviación Estándar			0,0059

Fuente: Los Autores

Teniendo en cuenta la información recolectada con anterioridad se define como porcentaje de reproceso el 5,10% resultante del promedio de las cinco mediciones realizadas.

Una vez se terminan de ingresar todos los elementos que constituyen la simulación, se puede observar un gráfico del área que se está simulando.

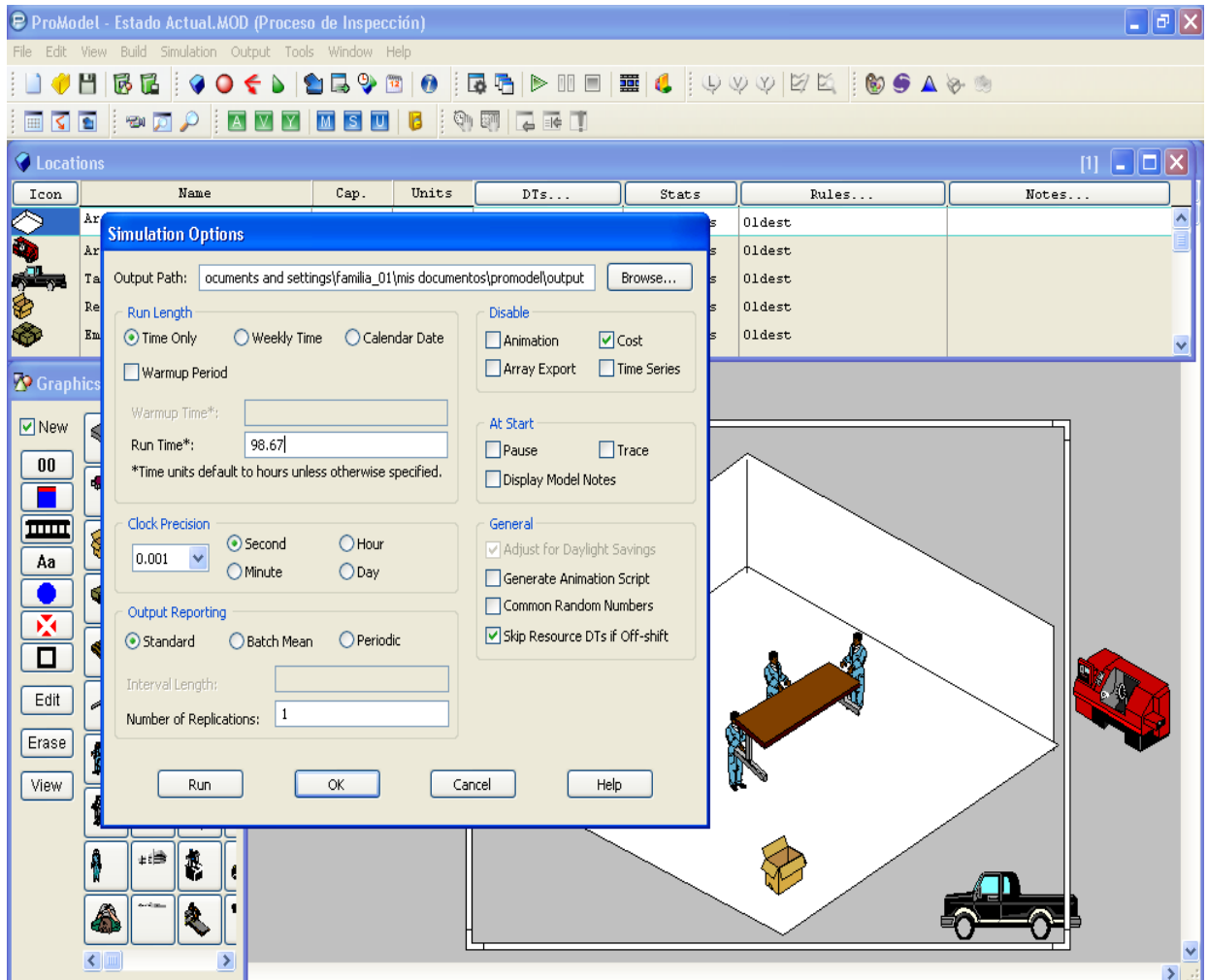
Ilustración 53. Estado Actual



Fuente: Los Autores

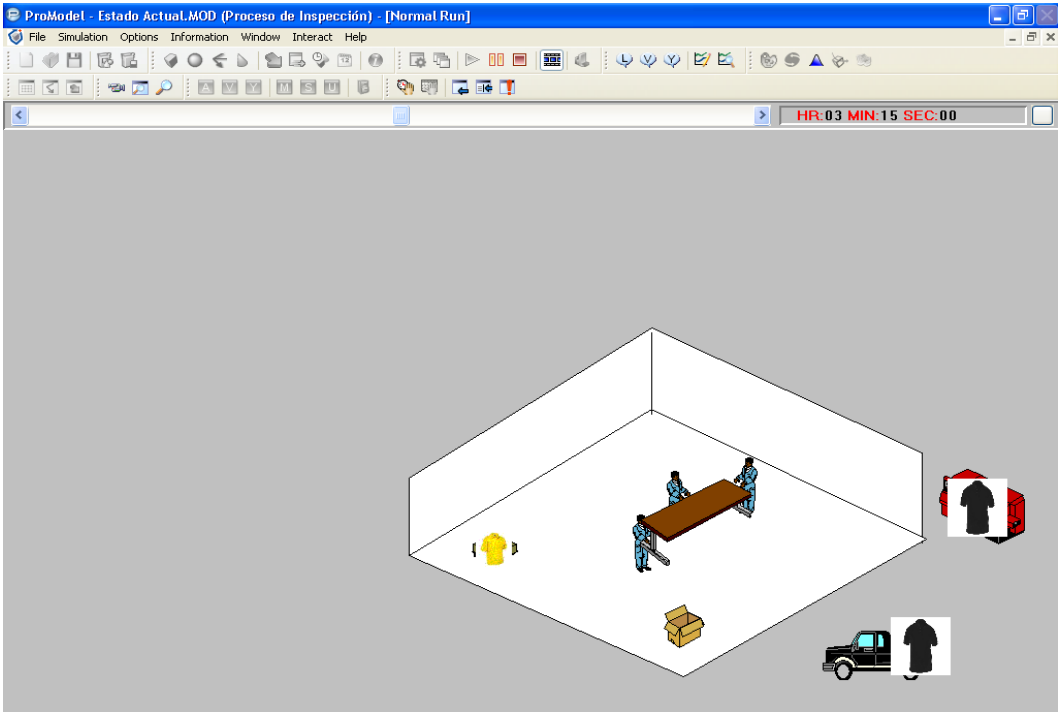
Luego se procede a ingresar el tiempo por el cual se correrá la simulación del proceso, 98,67 min (ver ecuación 18)

Ilustración 54. Definición tiempo de simulación



Una vez definido el tiempo en el cual se correrá la simulación, se procede a correr la simulación:

Ilustración 55. Simulación del proceso



Con la simulación se obtiene los siguientes resultados de la situación actual:

Estado Actual.MOD (Normal Run - Rep. 1)	
Name	Value
Run Date/Time	27/05/2012 07:03:04 p.m.
Model Title	Proceso de Inspección
Model Path/File	F:\TESIS\Simulación Modelo\Estado Actual.MOD
Warmup Time (MIN)	0
Simulation Time (MIN)	5920,2

Exportamos los resultados a Excel para que se puedan observar con mayor claridad

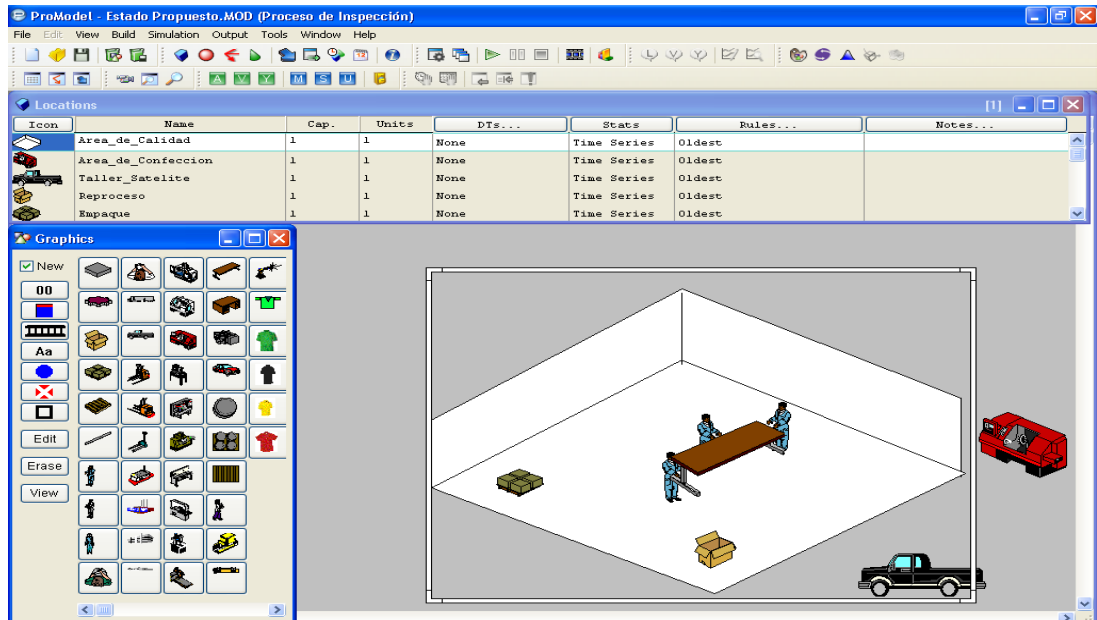
Tabla 27. Resultados Simulación Estado Actual

Estado Actual.MOD (Normal Run - Rep. 1)		
EntityName	LocationName	Total Failed
Camisetas inspeccionadas	Mesa de inspección	1584
Camisetas para empaque	Empaque	1503
Camisetas rechazadas	Reproceso	81
Fuente: Promodel 7.5		

De los resultados del programa se puede concluir que la capacidad máxima de revisión de los operarios de calidad actualmente es de 1584 camisetas en el mes y teniendo en cuenta el análisis de camisetas reprocesadas el número de camisetas que pueden ser rechazadas es de 81 en el mes.

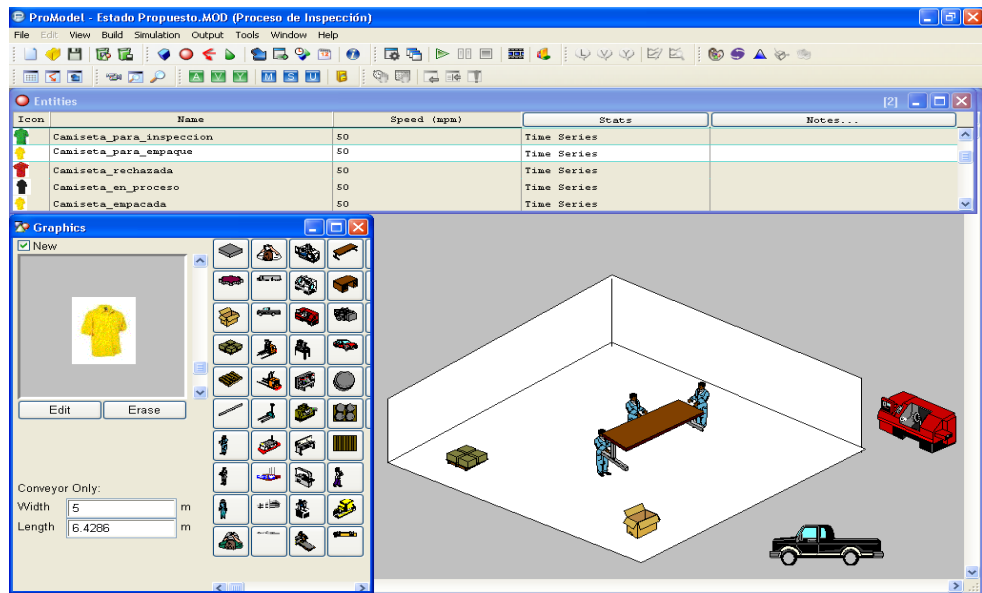
Lo primero que se definen son las locaciones que para el caso de la propuesta que se realiza continúan siendo las mismas locaciones de la situación actual: El área de calidad, El área de confección, el taller satélite, el espacio para las prendas que van para reproceso, el espacio para las prendas que pasan a empaque y la mesa de inspección.

Ilustración 56. Locaciones propuestas



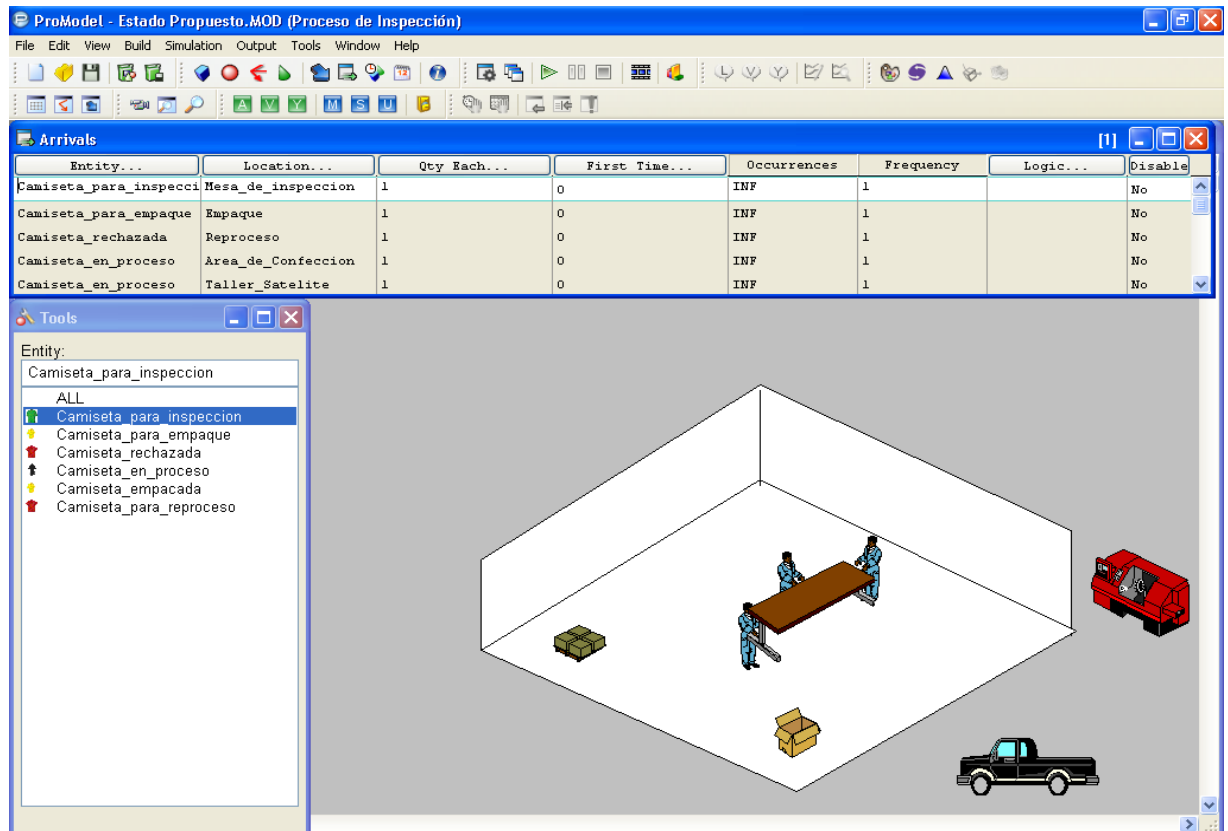
Para la propuesta las entidades son las mismas que en el estado actual: camisetas en proceso, camisetas para inspección, camisetas rechazadas, camisetas para empaque, camiseta para reproceso y camiseta empacada.

Ilustración 57. Entidades propuestas



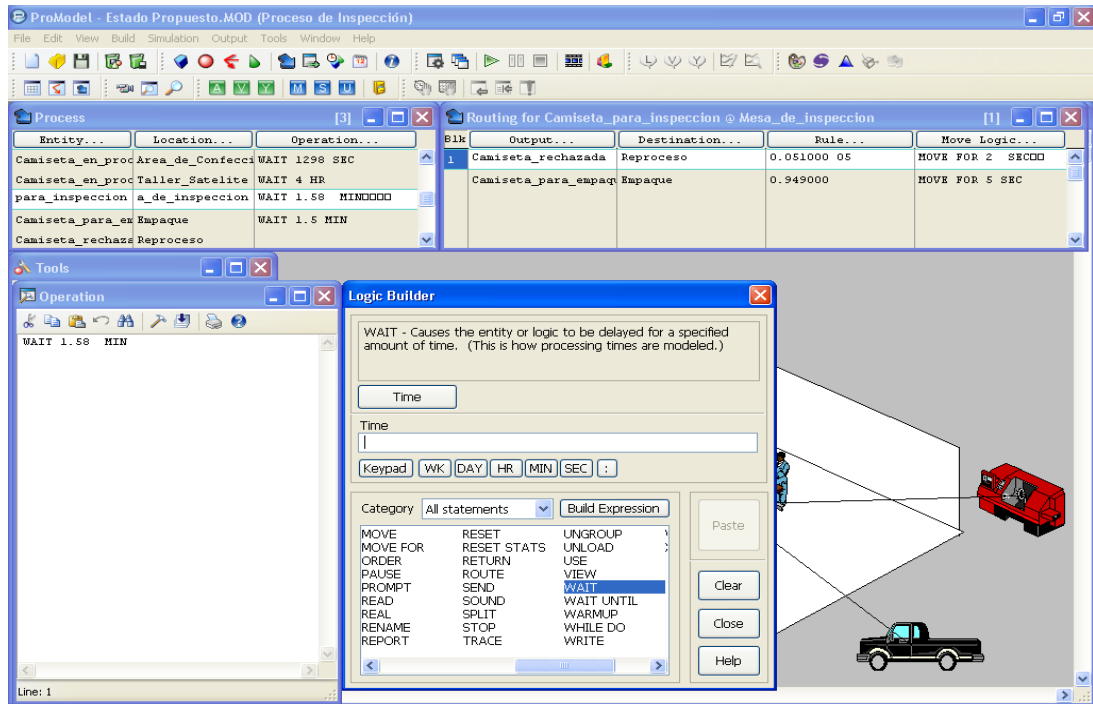
Las llegadas siguen siendo las mismas que en el estado actual

Ilustración 58. Llegadas propuestas



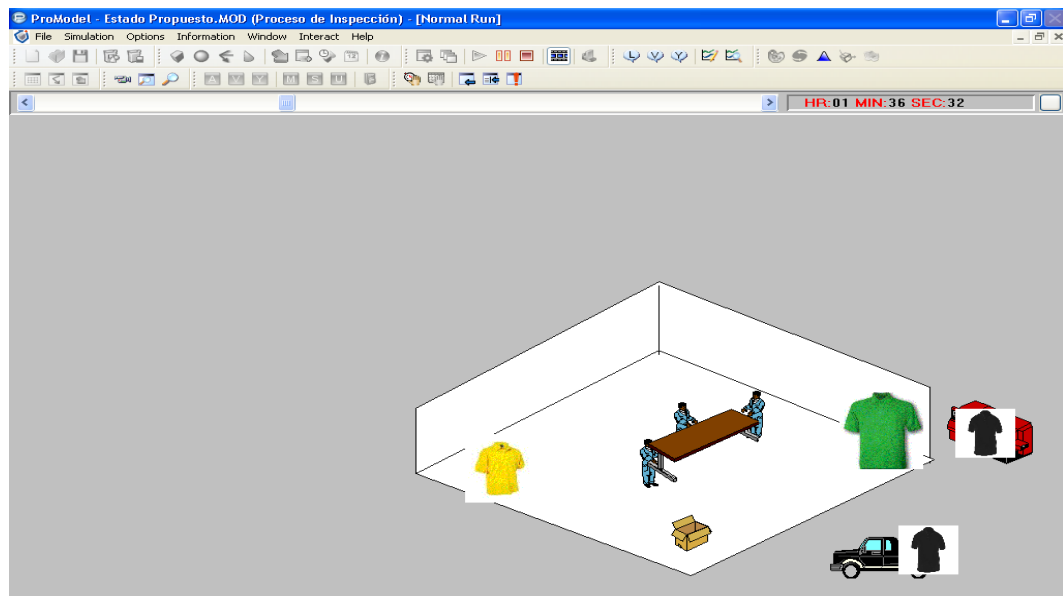
Los procesos de la propuesta cambian, los dos cambios más significativos son: primero la reducción del tiempo de ciclo de revisión de 3,73 min a 1,69 min debido a la herramienta Standard Work en la cual se plantea la eliminación de una actividad relacionada con voltear la prenda al revés y la espera que se atribuye a voltear todas las camisetas del lote lo que ocasiona que la camiseta tenga que esperar para ser revisada; y el segundo cambio es la disminución del tiempo de transportar las camisetas para empaque del área de calidad al área de empaque que se atribuye a la mejora en la distribución del espacio gracias a la herramienta 5's.

Ilustración 59. Procesos de la propuesta



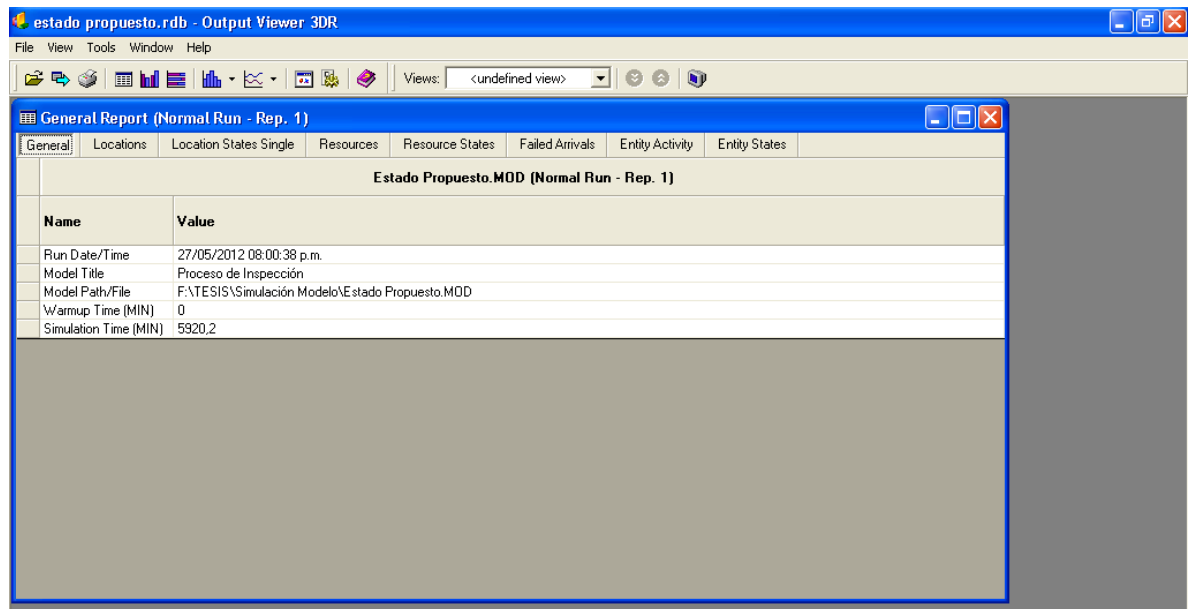
Una vez definido todo el modelo a simular se procede a correr el modelo:

Ilustración 60. Simulación proceso propuesto



Con la simulación se obtiene los resultados del proceso propuesto, los cuales son:

Ilustración 61. Resultados modelo propuesto



Exportamos los resultados a Excel para que se puedan observar con mayor claridad

Tabla 28. Resultados proceso propuesto.

Estado Propuesto.MOD (Normal Run - Rep. 1)		
EntityName	LocationName	Total Failed
Camiseta para inspección	Mesa de inspección	3511
Camiseta para empaque	Empaque	3335
Camiseta rechazada	Reproceso	176
Tiempo de revisión		1,686 min
Desviación Estándar		0,15
Tiempo de revisión promedio		1,67
Fuente: ProModel 7.5		

Se procede a realizar el cálculo del nivel de confianza:

$$(X_{prom} - t_{(1-\frac{\alpha}{2})} < m < X_{prom} + t_{(1-\frac{\alpha}{2})})$$

$$(1,67 - 1,943 * 0,15 < m < 1,67 + 1,943 * 0,15)$$

$$(1,379 < m < 1,961)$$

Ecuación 28. Calculo del Intervalo de Confianza

El tiempo de revisión que arroja la simulación esta dentro del intervalo de confianza calculado, que quiere decir que la simulación es confiable, si la empresa decide implementar la propuesta tiene un 95% de probabilidad de que su tiempo de revisión sea de 1,686 min/camiseta.

Una de las cosas más representativas que se observa es que aumenta el número de camisetas rechazadas esto se debe a que el área de calidad está inspeccionando un mayor número de camisetas y cabe la posibilidad de que el número de camisetas rechazadas encontradas durante la inspección aumente ya que se disminuye el tiempo de revisión aumentando la velocidad de la misma.

De los resultados de la simulación del proceso propuesto se obtiene que la capacidad de revisión de los 3 operarios de calidad aumento de 1584 camisetas al mes a un total de 3511 camisetas al mes, esto hace que el área de calidad pueda responder normalmente a la demanda de camisetas que deben ser inspeccionadas, en el estado actual la empresa tenía que recurrir a contratar empleados para el área de calidad en los meses en los que la demanda tenía un número mayor a 1584, pero con la propuesta que se realiza de la aplicación de 5's y Standard Work se podrá revisar hasta un total de 3751 camisetas al mes; esto se explica por la disminución del tiempo de ciclo de revisión y el tiempo de traslado de las camisetas para empaque al área de empaque.

Como último paso de la simulación propuesta se procede a realizar el cálculo de los beneficios basándose en la metodología propuesta para esto:

1. Determinar el Costo de mano de obra por minuto: Tanto para el estado actual como para el propuesto se hallan con la misma ecuación

$$\frac{C.M.O.}{M.} = \frac{\text{Salario Operario de calidad}}{\text{tiempo operativo}}$$

tiempo operativo en minutos

$$= \text{dias del mes laborados} * \text{horas laborales al dia} * 60 \text{ min}$$

$$\text{tiempo operativo en minutos} = 24 * 8 * 60$$

$$\text{tiempo operativo en minutos} = 11520 \text{ min}$$

El salario de los operarios de calidad es el salario mínimo legal vigente (SMLV) que para el año 2012 es de \$566700

$$\frac{C.M.O.}{M.} = \frac{566700}{11520} = \$49,19$$

Ecuación 29. Cálculo del costo de mano de obra de calidad actual y propuesto

2. Determinar el Costo total de calidad por pieza en el estado actual:

$$\frac{C.T.C.}{P.} = \frac{C.M.O.}{M.} * \text{tiempo revisión}$$

$$\frac{C.T.C.}{P.} = \$49.19 * 3,73 \text{ min}$$

$$\frac{C.T.C.}{P.} = \$183,64 \text{ por prenda}$$

Ecuación 30. Cálculo del costo total de calidad por pieza actual

3. Determinar el Numero de camisetitas revisadas en el día en el estado actual:

$$\frac{N.C.R.}{D.} = \frac{\text{tiempo total operativo diario}}{\text{tiempo de revisión}}$$

$$\text{tiempo total operativo diario} = 8 \text{ horas} * 60 \text{ min} = 480 \text{ min}$$

$$\frac{N.C.R.}{D.} = \frac{246,67 \text{ min}}{3,73 \text{ min/prenda}}$$

$$\frac{N.C.R.}{D.} = 66 \text{ prendas por dia}$$

Ecuación 31. Cálculo del número de camisetas revisadas en el día actual

4. Determinar el Costo total de calidad por pieza en el estado propuesto:

$$\frac{C.T.C.}{P.} = \frac{C.M.O.}{M.} * \text{tiempo revisión}$$

$$\frac{C.T.C.}{P.} = \$49.19 * 1.69 \text{ min}$$

$$\frac{C.T.C.}{P.} = \$82,94 \text{ por prenda}$$

Ecuación 32. Cálculo del costo total de calidad por pieza propuesto

5. Determinar el Numero de camisetas revisadas en el día en el estado propuesto:

$$\frac{N.C.R.}{D.} = \frac{\text{tiempo total operativo diario}}{\text{tiempo de revisión}}$$

$$\text{tiempo total operativo diario} = 8 \text{ horas} * 60 \text{ min} = 480 \text{ min}$$

$$\frac{N.C.R.}{D.} = \frac{246.67 \text{ min}}{1.69 \text{ min/prenda}}$$

$$\frac{N.C.R.}{D.} = 146 \text{ prendas por dia}$$

Ecuación 33. Cálculo del número de camisetas revisadas en el día propuesta

7 CONCLUSIONES

Teniendo como base la rigurosa revisión bibliográfica, las metodologías encontradas y el análisis del estudio de caso se puede concluir que el Lean manufacturing es un modelo gerencial que da a las empresas la posibilidad de mejorar sus procesos a través de un análisis y de la concientización de las actividades que se desarrollan a lo largo de sus procesos productivos.

No es apropiado llegar a una conclusión generalizada acerca de los beneficios que trae consigo la implementación de un sistema Lean, pues es claro que su éxito depende de las condiciones internas y de factores externos que la puedan afectar además de la preparación a la que se someta la empresa para dar inicio al acogimiento de toda una nueva cultura.

Sin embargo cuando la empresa realiza de forma ordena y lógica la revisión de sus procesos haciendo uso de una metodología definida minuciosamente y emplea el value stream mapping o mapeo de la cadena de valor se hace más fácil evidenciar el GAP o la brecha entre lo que se realiza y lo que debería realizarse; aumentado así la posibilidad de lograr el éxito en la implementación del sistema Lean puesto que existe mayor claridad sobre cuál es el target al que debe apuntar.

Específicamente en este estudio de caso podemos concluir que para la empresa de confección luego de un diagnóstico y una concienzuda revisión de todos los procesos lo más acertado sería iniciar la implementación de Lean en el área de calidad por ser ésta la que reportaba mayor porcentaje de desperdicio sobre el takt time y el tiempo de ciclo de operación. Se atacaron los principales problemas presentados en el área haciendo uso de las herramientas 5´s y Standard Work.

A partir de la simulación de estas herramientas es válido decir que si la empresa llegase a optar por la implementación de las herramientas obtendría una reducción de 89,28% en el porcentaje de participación de los desperdicios sobre el takt time; lo que refleja un ahorro para el área de calidad de \$96628,84²⁵ por ciclo de operación.

Si es posible entonces que una empresa que esté interesada más no segura de implementar este modelo gerencial conozca o por lo menos tenga una idea aproximada de qué beneficios podrá recibir a cambio de una inversión en la implementación de dicho modelo.

Para finalizar se quiere concretar un poco lo dicho anteriormente por eso se sintetiza en los siguientes cuatro ítems:

- Al realizar un análisis inicial de la empresa de confecciones se pudo concluir que el área de calidad es la que representa la mayor cantidad de desperdicios de la filosofía Lean y los principales desperdicios del área son las esperas y los reprocesos.
- Las herramientas seleccionadas para el diseño metodológico (5's y standard work) son las herramientas más apropiadas para atacar los principales desperdicios del área de calidad, cabe aclarar que para que un sistema Lean sea exitoso las herramientas seleccionadas juegan un papel importante.
- La metodología propuesta para cuantificar los beneficios asociados con la propuesta de implementar Lean en un área de la empresa siguen un orden lógico que le permitirá a la empresa hacerse una idea de lo que se puede ahorrar al implementar Lean. Es válido mencionar que la metodología de

²⁵Ahorro área de calidad = (tiempo consolidado de desperdicios actuales en el área de calidad*costo de mano de obra de calidad por minuto) – (tiempo consolidado de desperdicios propuesto en el área de calidad*costo de mano de obra de calidad por minuto) = (2930,4 min *49,19 \$/min) – (966 min* 49,19 \$/min) = \$96628,84/por ciclo de operación

cuantificación de beneficios tiene en cuenta el pensamiento sistémico de que la empresa es un gran sistema.

- Si la empresa llegara a optar por la implementación del diseño metodológico obtendría una disminución del 89,28% en el porcentaje de participación de los desperdicios sobre el takt time, lo que refleja un ahorro para la empresa de \$96628,84 por ciclo de operación.

8 RECOMENDACIONES

Una vez finalizada la realización de esta propuesta se pueden lanzar las siguientes recomendaciones, tanto para la empresa como para el sector educativo este basándose en futuros temas de trabajos de investigación.

- La empresa debería acoger la propuesta de diseño metodológico realizada, para tratar así de solucionar sus problemas de desperdicios.
- Si la empresa decide implementar la propuesta una de las cosas más importantes que debe tener en cuenta y que afecta el resultado final, es la disposición de los empleados al cambio y el cambio cultural que implica la filosofía Lean. Lo que se necesita realmente es que los directivos incorporen técnicas adecuadas para desarrollar la “disciplina” y generar el “hábito” constante de organización, orden y limpieza que han practicado todos. Sin olvidar que tanto la disciplina como el hábito deben aplicarse por directivos y trabajadores. La fase de Disciplina y Hábito debe proporcionar una serie de de instrucciones para lograr planes de control. No se puede abandonar la organización, el orden y la limpieza alcanzados, se trata de continuar de forma sencilla para mantener lo alcanzado.
- La propuesta presentada a lo largo del desarrollo de este trabajo deja una puerta abierta a futuros trabajos en el tema, cabe resaltar dos bastante interesantes: el primero, cómo afecta la implementación del Lean Manufacturing en un área a otra área de la empresa, teniendo como base el pensamiento sistémico y las relaciones entre áreas; y el segundo, la realización de un análisis de que tanto afecta que no se dé el cambio

cultural que requiere la filosofía Lean a los resultados finales presentados en este trabajo y en otros similares.

9 BIBLIOGRAFÍA

ABDULMALEK, Fawaz A. y REJGOPAL, Jayant. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. United States. 2006.

BALLESTEROS SILVA, Pedro pablo. Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta en empresas Colombianas. Colombia. Junio 2008. ISSN 0122-1701

BRETT, Charles y QUEEN, Patrick. Streamlining Enterprise Records Management With Lean Six Sigma: Process created by manufacturing can be applied to records management with substantial results.

BROWNING, Tyson R. y HEATH, Ralph D. Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program. United States. 2008

CARREIRA, Bill. Lean manufacturing that Works powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits. Estados Unidos. 2005

CÓRDOBA PADILLA, Marcial. Formulación y evaluación de proyectos. 2006

CUATRECASAS, Lluís. Claves del lean management. Un enfoque para la alta competitividad en un mundo globalizado. 2006

DAILEY, Kenneth W. The lean manufacturing pocket handbook.

DAVIS, John W. Lean manufacturing, implementation strategies that work. EstadosUnidos. 2009

DENNIS, Pascal. Lean Production simplified. A plain-Language guide the world`s most powerful production system. EstadosUnidos. 2007

DUDBRIDGE, Michael. Handbook of lean manufacturing in the food industry.EstadosUnidos. 2011

FELD, William M. Lean manufacturing tools, techniques, and how to use them.EstadosUnidos. 2001.

FERNÁNDEZ ESPINOSA, Saúl. Los proyectos de Inversión. 2007

GALLARDO CERVANTES, Juan. Formulación y evaluación de proyectos de inversión: Un enfoque de sistemas. México, D.F., México: MCGRAW-HILL, 1999. 251 p. ISBN 970-10-2025-1

GONZÁLEZ CORREA, Francisco. Manufactura esbelta (lean manufacturing). Principales herramientas. México. Junio 2007

GOPALAKRISHNAN N. Simplified lean manufacture.Elements, rules, tools and implementation.EstadosUnidos.2010

GRIMA CINTAS, Pedro y TORT-MARTORELLLLLABRES, Javier. Técnicas para la gestión de la calidad. 1995

HERRON, Colin y HICKS, Christian.The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK) through change agents. United Kingdom. 2007

HOBBS, Dennis P. Lean manufacturing implementation.A complete execution manual for any size manufacturer.EstadosUnidos, 2004

LERMA, Héctor Daniel. Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto. 2004

LOPEZ, Arbulio. Business pocket “la gestión de costes en lean manufacturing” cómo evaluar las mejoras de costes en un sistema lean.

PADILLA, Lillian. Lean Manufacturing, manufactura esbelta/ágil. Guatemala. Enero 2010

RUFFA, Stephen A. Going Lean. How the best companies apply lean manufacturing principles to shatter uncertainty, drive innovation and maximize profits. Estados Unidos. 2008

SAVO, Pietro. 10 secretos para el éxito en la implementación de lean manufacturing. Estados Unidos. 2006

SHINGO, Shigeo. Una revolución en la producción: el sistema SMED. -- 2ª ed. -- Madrid, España: Productivity Press, Inc, 1990. 399 p. ISBN 84-87022-63-4

TAPPING, Don, LUYSTER, Tom and SHUKER, Tom. Value Stream Management. Eight steps to planning, mapping, and sustaining Lean Improvements. New York, Estados Unidos de America: Productivity Press, 2002. 169 p. ISBN 978-1-56327-245-5

T.C.E. CHENNG Y S. PODOLSKY. JUST IT TIME Manufacturing an introduction. -- 2ª ed. -- United Kingdom: CHAPMAN & HALL, 1996. 245 p. ISBN 0412 73540 7

VILLASEÑOR CONTRERAS, Alberto y GALINDO COTA, Edber. Conceptos y reglas de lean manufacturing. -- 2ª ed. -- Monterrey, México: Limusa, 2008. 304 p. ISBN-13: 978-607-5-00005-3

WANG, John X. Lean manufacturing. Business bottom-line based. Estados Unidos. 2011

WILSON, Lonnie. How do implement lean manufacturing. Estado Unidos:McGraw-Hill,2010. 316 p. ISBN 978-0-07-162507-4.

WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Lean Solutions. How companies and customers can create value and wealth together. Estados Unidos. 2005

WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Lean thinking. Banish waste and create wealth in your corporation. Estados Unidos. 2003

ANEXOS

Anexo A. ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN

1. ¿Estaría dispuesto a aplicar un modelo gerencial que elimine las actividades que no generan valor al producto dentro de su proceso productivo?

Si ____ No ____ Tal vez ____ (Si responde no o tal vez, explique porque)

2. ¿Cree que dentro de su proceso existe oportunidades de mejora?

Sí ____ No ____

3. De los siguientes desperdicios, ¿Cuál cree usted que afecta en mayor medida su proceso productivo?

- a) Sobreproducción
- b) Inventario a la mano
- c) Transporte (mover el producto más de lo que es necesario)
- d) Esperas o retrasos
- e) Movimientos innecesarios del operario
- f) Sobre procesamiento (realizar más acciones de las necesarias)
- g) Corrección o reproceso
- h) Ninguna
- i) Otra. ¿Cuál? _____

4. ¿Conoce usted que es el Lean Manufacturing o la manufactura esbelta?

Sí ____ No ____

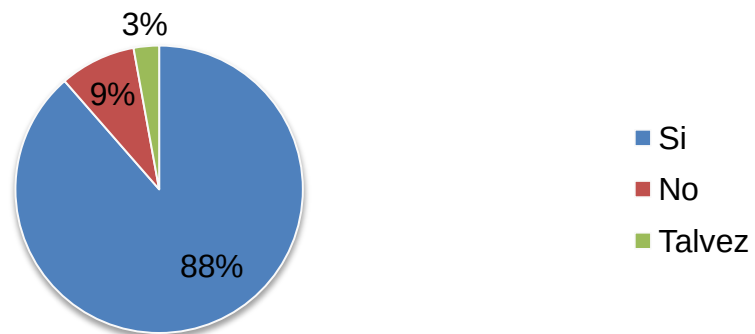
5. ¿Estaría dispuesto a realizar una inversión de capital para implementar un nuevo modelo gerencial en su empresa?

Si ____ No ____ (si la respuesta es No diga el porqué de su respuesta)

¿Por qué? _____

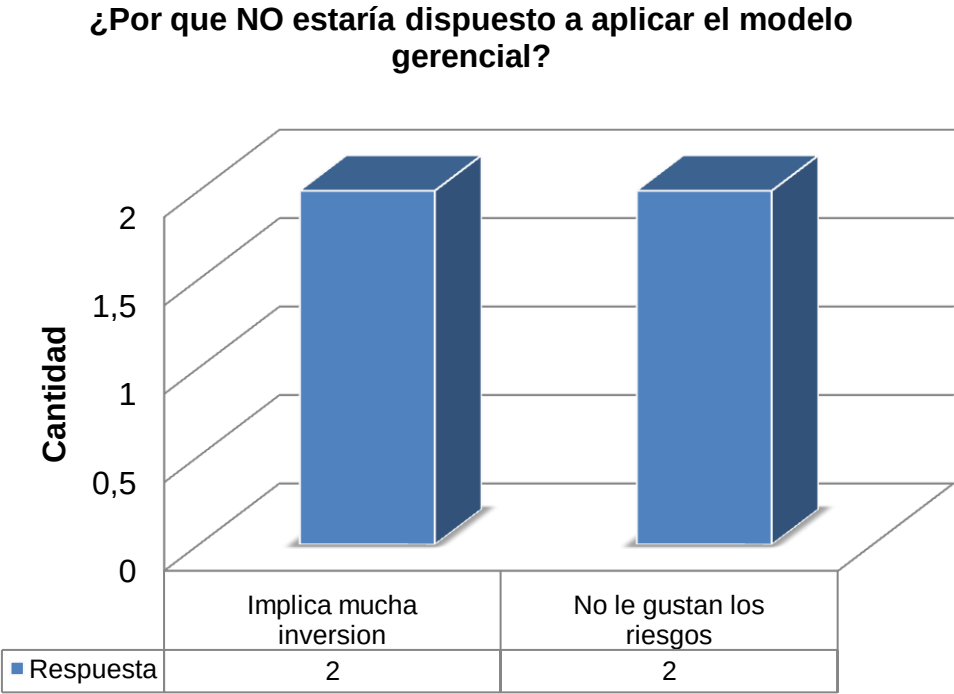
Ilustración 62. Disposición al cambio

¿Estaría dispuesto a aplicar un modelo gerencial que elimine las actividades que no genera valor al producto dentro de su proceso productivo?



Si se analiza la gráfica se puede concluir que la mayoría de los empresarios son conscientes de que existen modelos gerenciales que les pueden ayudar a mejorar la productividad de sus empresas y pueden interesarse eventualmente en una implementación de dichos modelos, siempre y cuando exista una propuesta que les demuestre que el modelo gerencial les traerá beneficios.

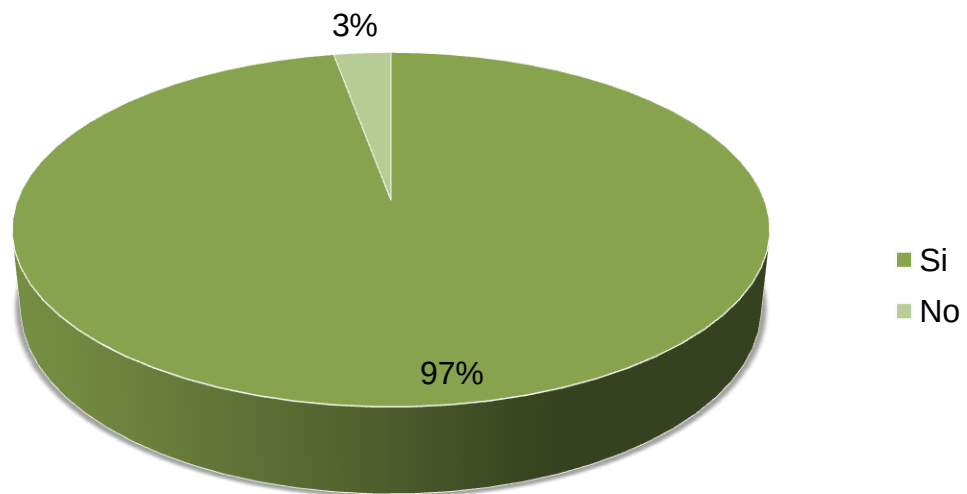
Ilustración 63. Razón de abstinencia al cambio



En cuanto a las razones por las cuales los empresarios se abstienen al cambio se encuentra que estos consideran que la implementación de un modelo gerencial implica una inversión de capital significativa y por su posición como microempresarios es natural que no suelen asumir riesgos en materia de inversión.

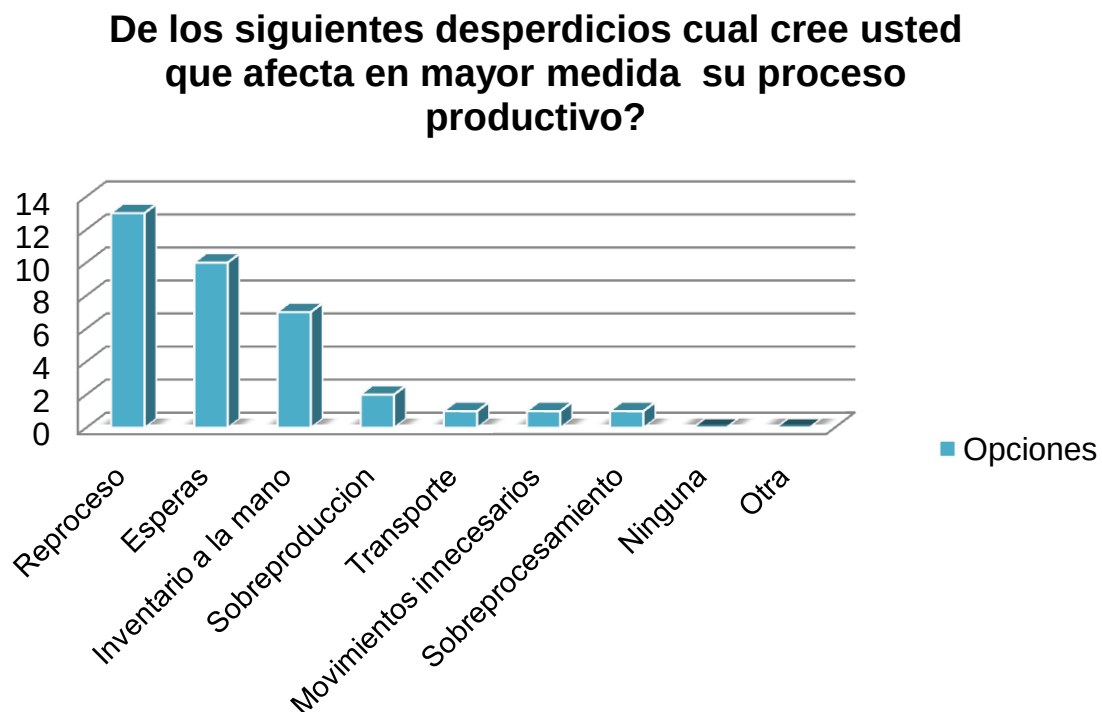
Ilustración 64. Oportunidades de mejora

Cree que dentro de su proceso existe oportunidades de mejora?



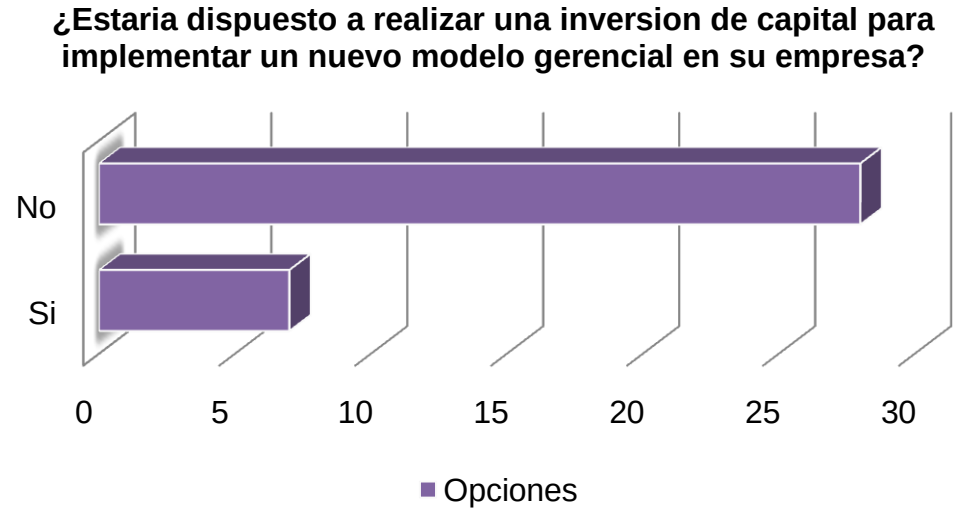
El 97% de los empresarios consideran que dentro de sus procesos productivos existen muchas oportunidades de mejora, lo que señala que eventualmente podrían acceder a implementar algún modelo gerencial, esto con la condición de que sea bajo una propuesta concreta que logre visualizar los beneficios implicados en la futura implementación.

Ilustración 65. Principales desperdicios de las empresas



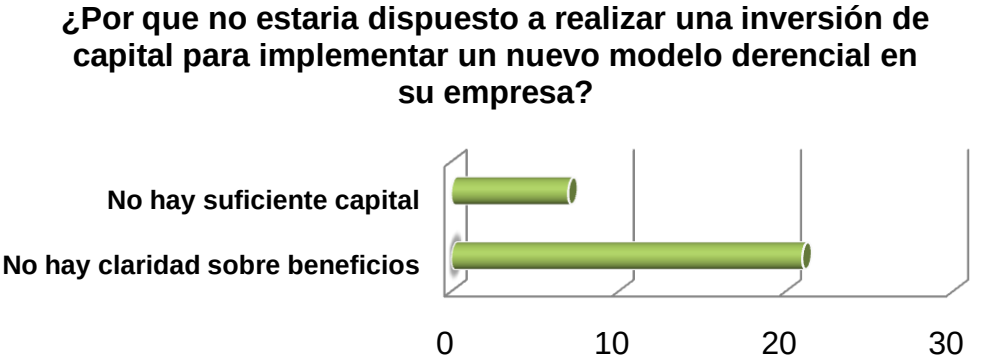
Dentro de las pequeñas y medianas empresas de la ciudad de Palmira se encontró que los reprocesos, las esperas y el inventario a la mano representan la mayor cantidad de desperdicios. Los reprocesos o correcciones ocasionan que la empresa tenga que asumir costos que provocan el aumento de la totalidad de estos en la empresa, las esperas o retrasos hace que los lead time de producción de la empresa aumenten y por lo tanto no se puedan cumplir los compromisos adquiridos con los clientes en las fechas estipuladas y el inventario a la mano implica costos de mantener que hace que los costos finales del producto aumenten y por lo tanto afecte la rentabilidad de la empresa.

Ilustración 66. Disposición a implementación



La mayoría de los empresarios no están dispuestos a realizar una inversión de capital en sus empresas para implementar un modelo de gestión, esto demuestra la resistencia a realizar inversiones de capital en la parte gerencial de las organizaciones ya que la mayoría prefiere invertir en producción que según su criterio es el área de las empresas que más importa.

Ilustración 67. Posibles razones para no implementar



	No hay claridad sobre beneficios	No hay suficiente capital
■ Respuestas	21	7

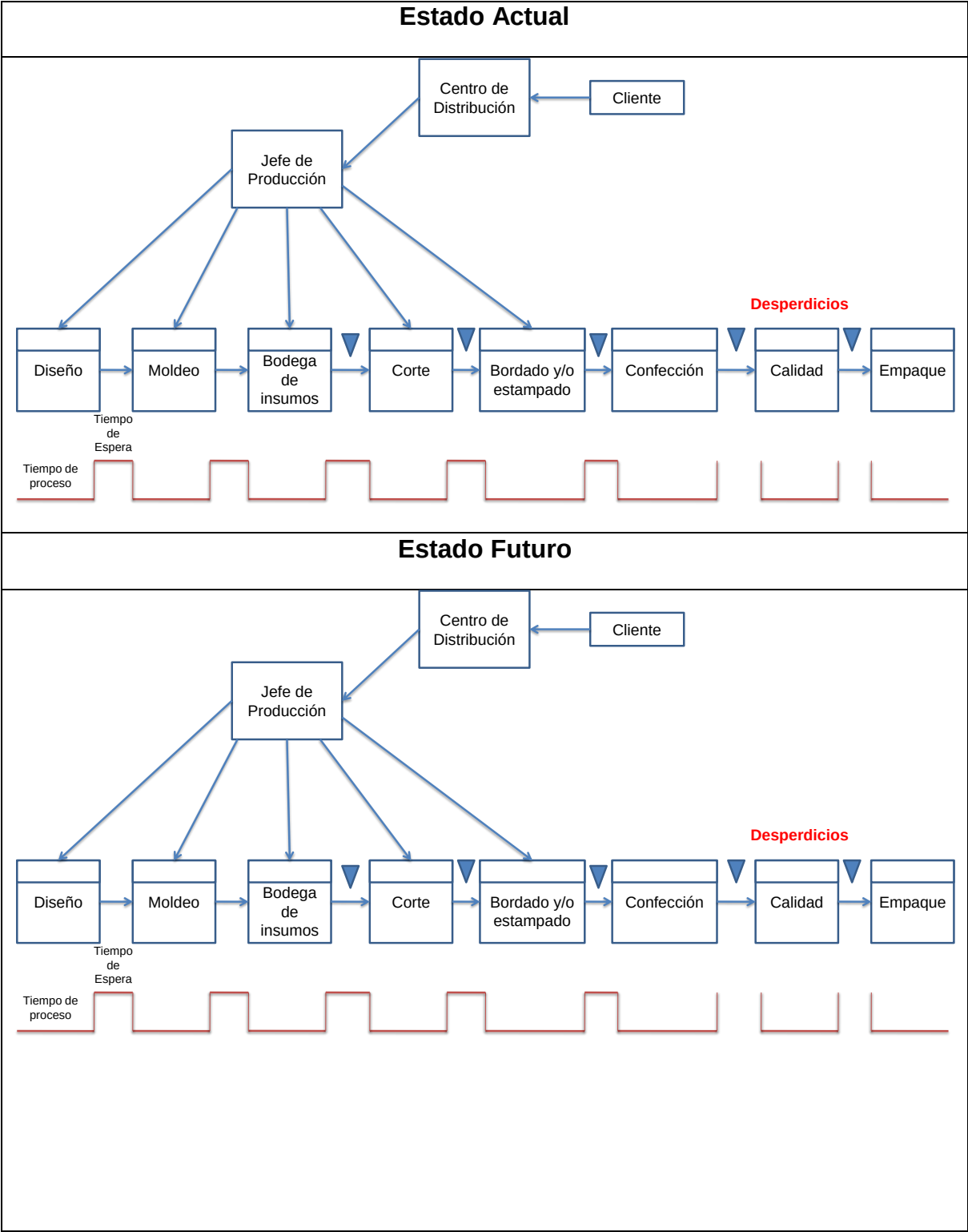
Anexo B. Estudio de Tiempos de Calidad

Tabla 29. Estudio de Tiempos de Calidad

Operación	Val.	1	2	3	4	5	t. Estandar	t. Normal
Ir por revés	95%	6,91	5,42	6,42	6,25	6,65	6,33	6,01
Espera	95%	131,39	103,08	122,38	118,85	126,45	120,43	114,41
Revisar Marquilla	95%	2,77	2,94	3,13	2,94	2,96	2,95	2,80
Revisar Mangas	95%	7,27	8,44	6,97	7,57	7,55	7,56	7,18
Revisar Puños	95%	10,95	9,76	8,83	9,86	9,86	9,85	9,36
Revisar Laterales	95%	8,19	7,93	7,90	8,02	8,00	8,01	7,61
Revisar Doblado Inferior	95%	5,57	6,37	5,78	5,90	5,92	5,91	5,61
Revisar Costura Cuello	95%	5,81	5,88	5,36	5,69	5,68	5,68	5,40
Revisar Fileteada de Cartera	95%	6,98	5,45	5,93	6,11	6,13	6,12	5,81
Voltear	95%	4,15	5,19	4,74	4,68	4,68	4,69	4,46
Revisar Alineación Cuello	95%	9,80	8,54	8,75	9,04	9,02	9,03	8,58
Revisar Mangas	95%	7,61	7,50	7,25	7,44	7,46	7,45	7,08
Revisar Puños	95%	8,64	8,01	8,57	8,42	8,40	8,41	7,99
Revisar Laterales	95%	6,54	6,67	7,26	6,81	6,83	6,82	6,48
Revisar Botones de Cartera	95%	5,35	4,04	4,47	4,63	4,61	4,62	4,39

Revisar alineación dobladillo posterior y anterior	95%	5,81	6,19	5,30	5,76	5,78	5,77	5,48
--	-----	------	------	------	------	------	------	------

Anexo C. Formato tabla de consignación ValueStreamMapping



COMPARACIÓN ESTADO ACTUAL – ESTADO FUTURO					
	Área	ACTUAL		FUTURO	
		Tiempo espera (horas)	% desperdicio en el Takt Time	Tiempo espera (horas)	% desperdicio en el Takt Time
	Bodega				
	Corte				
	Confección				
	Calidad				
	Empaque				