

**ANÁLISIS DEL FLUJO DE VALOR DE UNA FAMILIA DE PRODUCTOS POR
MEDIO DE *VALUE STREAM MAPPING* Y PROPUESTA DE MEJORA
MEDIANTE SIMULACIÓN.**

**JUAN DAVID LAVERDE GARCÉS
CRISTHIAN DAVID HERNÁNDEZ MANZANO**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE – SEDE PALMIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA
PALMIRA
2012**

**ANÁLISIS DEL FLUJO DE VALOR DE UNA FAMILIA DE PRODUCTOS POR
MEDIO DE *VALUE STREAM MAPPING* Y PROPUESTA DE MEJORA
MEDIANTE SIMULACIÓN.**

CRISTHIAN DAVID HERNÁNDEZ MANZANO

JUAN DAVID LAVERDE GARCÉS

Trabajo de Grado

Para optar por el título de Ingeniero Industrial.

Director

Ing. Raúl Antonio Díaz Pacheco

Magister en Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD DEL VALLE – SEDE PALMIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA

PALMIRA

2012



FECHA DE ELABORACIÓN

DÍA	MES	AÑO
09	07	2012

JURADO CONFORMADO POR LOS PROFESORES:

CAMILO ANDRES MICAN
OMAR JULIÁN FLÓREZ MORALES

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO: RAUL ANTONIO DIAZ PACHECO

ASESOR:

EVALUADOR: CAMILO ANDRES MICAN

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: análisis del flujo de valor de una familia de productos por medio de value stream mapping y propuesta de mejora mediante simulación

ESTUDIANTES: HERNANDEZ MANZANO CRISTHIAN DAVID
LAVERDE GARCES JUAN DAVID

CODIGO: 200557154

CODIGO: 200557089

EVALUACIÓN:

☒ APROBADO:

Regístrese esta calificación (letras):

Cuatro punto veintisiete (4.27) $\approx$ 4.3

☐ NO APROBADO:

☐ APROBADO PERO SUJETO A RECOMENDACIONES:

El estudiante debe acoger las recomendaciones del jurado y presentar nuevamente el documento ante el Director del Trabajo.

☐ Requiere ☐ No requiere nueva sustentación.

El plazo para nueva sustentación y/o para presentación del documento final es de:

Aprobado por:

Raul Diaz P.

DIRECTOR

Aprobado por:

ASESOR

Aprobado por:

JURADO

Aprobado por:

JURADO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primera medida a Dios, por protegerme, iluminarme y guiarme en esta gran etapa de mi vida.

A mi núcleo familiar German, Milena y mi hermano Diego, quienes en todos y cada uno de los instantes de mi carrera y de mi vida me apoyaron y acompañaron; con sus palabras y consejos han sabido encaminarme, siendo siempre el motor para alcanzar todas aquellas metas que me he propuesto.

A Carolina, por ser una persona que llegó a mi vida y con su personalidad, manera de pensar y sus recomendaciones, me ayudó a tomar mejores decisiones para mi vida. Le agradezco por siempre estar en los momentos buenos y malos que he pasado.

A mis familiares y amigos que siempre me desean lo mejor y se han proporcionado para que cumpla los ideales y las metas que me proyecto.

Cristhian David Hernández Manzano

Dedico este Trabajo de grado a mi madre María Luisa por su constante apoyo, esfuerzo y convicción para salir adelante con mi hermana Laura y conmigo, educarnos como personas de bien y aconsejarnos en nuestro camino, este logro es de ella.

A mis amigos que siempre me han apoyado en las buenas y en las malas dando sus mejores consejos en muchos sucesos de mi vida.

A abuela Esneda y mi familia por ser la base de mis principios y mis metas.

A mi novia Juliana por su cariño, constante apoyo y por convertirse en mi equilibrio.

Juan David Laverde Garcés

AGRADECIMIENTOS

Queremos demostrar nuestros más sinceros agradecimientos:

Al gerente de la empresa caso estudio que abrió sus puertas de forma incondicional para poder realizar el presente proyecto, y dio aval de brindar toda la información necesaria para el correcto desarrollo del proyecto, a sus empleados por la completa y constante disposición para darnos a conocer a cabalidad todos los aspectos de la empresa.

A nuestros profesores, que en el transcurso de la carrera nos enseñaron todo lo necesario para ser unos profesionales altamente competitivos, especialmente, al Ing. Raúl Antonio Díaz Pacheco por su guía en el desarrollo y finalización del trabajo de grado, y a los que de una u otra forma siempre tuvieron disposición para ayudarnos a resolver los inconvenientes encontrados en la planeación y desarrollo.

A todos los amigos, familiares y compañeros que siempre estuvieron pendientes dando fuerza para finalizar nuestro proyecto.

A la UNIVERSIDAD DEL VALLE y a la ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA, por permitir que accedamos a una excelente educación, ayudando a mejorar la calidad de vida y la competitividad de la región.

Gracias!!!.

CONTENIDO

pág.

1 INTRODUCCIÓN.....	11
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
3 OBJETIVOS.....	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4 JUSTIFICACIÓN.....	17
5 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
5.1 MARCO TEÓRICO	19
5.1.1 Agrupación por familias de productos.....	19
5.1.1.1 Inspección visual	19
5.1.1.2 Clasificación y codificación de piezas.....	19
5.1.1.3 Sistemas de codificación	20
5.1.1.4 Análisis del flujo de la producción.....	20
5.1.1.5 Método Tabular	22
5.1.2 Análisis ABC.....	24
5.1.3 <i>Lean Thinking</i>	28
5.1.3.1 Categorías de desperdicios.	28
5.1.3.2 Principios <i>Lean</i>	29
5.1.3.3 Pasos para la transformación a un sistema <i>Lean</i>	30
5.1.3.4 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	31
5.1.4 Simulación de sistemas	32
5.1.4.1 Etapas de una simulación.....	34
5.2 MARCO DE ANTECEDENTES	42
5.2.1 Análisis ABC.....	42

5.2.2	Tecnología de grupos	43
5.2.3	Lean Manufacturing, Value Stream Mapping y Simulación.....	43
6	DESARROLLO DEL TRABAJO	48
6.1	FLUJO DE VALOR DE UNA FAMILIA DE PRODUCTOS DE LA EMPRESA CASO ESTUDIO	48
6.1.1	Selección de la Familia de Productos.....	49
6.1.1.1	Metodología para la selección de familias.....	49
6.1.1.2	Descripción de los productos.....	49
6.1.1.3	Universo de materias primas	52
6.1.1.4	Universo de procesos.....	52
6.1.1.5	Diagramas de proceso.	53
6.1.1.6	Método tabular.....	56
6.1.2	Análisis ABC.....	67
6.1.2.1	Selección de Criterios.....	67
6.1.2.2	Selección del Método para el Análisis ABC.....	69
6.1.3	Análisis de valor de la familia de guantes y de la empresa caso estudio.	72
6.1.3.1	Estudio exploratorio	72
6.1.3.2	Estudio descriptivo.	75
6.1.3.3	Resultados del estudio de valor de la familia de guantes.....	82
6.1.4	Mapeo Inicial (VSM Inicial)	91
6.1.4.1	Descripción Del Proceso	92
6.1.4.2	Diagrama Spaghetti.....	98
6.1.4.3	Distribución de espacio.....	101
6.1.5	Análisis del flujo de valor	103
6.1.5.1	Desperdicios.....	103
6.1.5.2	<i>Lead Time</i>	105
6.1.5.3	Inventarios.....	105
6.2	VSM FUTURO	108
6.2.1	VSM futuro escenario 1	108
6.2.1.1	¿Cuál es el <i>Takt Time</i> para la familia de guantes?.....	108
6.2.1.2	¿Dónde se puede desarrollar flujo continuo?	109

6.2.1.3	¿Dónde se necesitan utilizar sistemas Pull como Supermercados? ...	113
6.2.1.4	¿A qué proceso se debe enviar la programación del cliente?	115
6.2.2	VSM futuro escenario 2	118
6.2.2.1	¿Cómo nivelar la mezcla de producción y con qué frecuencia se debe liberar producción para el proceso marcapasos?	118
7	SIMULACIÓN DEL MAPEO DEL FLUJO DE VALOR	123
7.1	ELABORAR PLAN DE ESTUDIO	123
7.1.1	Nombre de la simulación	123
7.1.2	Objetivo de la simulación.	123
7.1.3	Limitaciones y Restricciones.....	123
7.1.4	Alcance.....	123
7.2	DEFINICION DEL SISTEMA:	124
7.3	PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE	128
7.4	FORMULACIÓN DEL MODELO CON PROMODEL.....	134
8	SIMULACIÓN ESCENARIOS.....	142
8.1	COMPARACIÓN DEL VSM INICIAL TEÓRICO VS VSM INICIAL SIMULADO	142
8.2	ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS	144
8.2.1	Ajuste al <i>Takt Time</i>	144
8.2.2	<i>Lead time</i> de producción.....	145
9	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN VALUE STREAM MAPPING	155
9.1	PASOS DE IMPLEMENTACIÓN	157
9.1.1	Bucle Proceso Marcapasos	157
9.1.1.1	Objetivos.....	157
9.1.1.2	Metas.....	158
9.1.2	Bucle Proveedor	158
9.1.2.1	Objetivos.....	158
9.1.2.2	Meta	158
10	CONCLUSIONES	159
11	RECOMENDACIONES.....	161
12	BIBLIOGRAFÍA.....	163

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Matriz proceso/proceso.....	58
Tabla 2. Iteración 2. Evaluación de entrada del proceso de volteado al G1.	59
Tabla 3. Iteración 16. Evaluación de entrada del proceso Corte varios al G1	60
Tabla 4. Iteración 17. Evaluación de entrada del proceso corte manual a G1 o a G2.	61
Tabla 5. Iteración 24. Evaluación de entrada del proceso corte varios a G1 o troquelado a G2.	62
Tabla 6. Ejemplo de asignación producto GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/20 T/C FORRADO EN DRIL BLANCO	64
Tabla 7. Valores Normalizados de las Familias de Productos	69
Tabla 8. Clasificación ABC Multicriterio Modelo-Ng.....	70
Tabla 9. Clasificación ABC Multicriterio Modelo de Hadi	70
Tabla 10. Comparación de métodos para la realización de las encuestas	76
Tabla 11. Comparación de Niveles de Confianza y Errores.	80
Tabla 12 Distribución de los datos sobre los guantes defectuosos en los pedidos	83
Tabla 13. Defectos que se han encontrado en los guantes.	84
Tabla 14. Satisfacción de los clientes pregunta 9.	86
Tabla 15. Satisfacción de los clientes pregunta 11.	89
Tabla 16 ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes?	90
Tabla 17. Diagrama Spaghetti.	99
Tabla 18. Número de operarios con el flujo de valor balanceado.	111
Tabla 19: Comportamiento del Supermercado de abastecimiento.	114
Tabla 20. Inventarios VSM inicial vs escenario 1 (en días).....	118
Tabla 21. Inventarios VSM inicial vs escenario 2.....	122
Tabla 22. Resumen de pruebas de bondad y ajuste de los datos de entrada.	130
Tabla 23. Distribución empírica Armado	131
Tabla 24. Datos demanda diaria de la familia de guantes - Agosto 2009 a Julio 2011.....	138

Tabla 25. Resultados de las réplicas obtenidas en la simulación del VSM Inicial.	139
Tabla 26. Comparación Inventarios VSM Inicial Teórico vs VSM Inicial Simulado.	143
Tabla 27. Comparación tiempos de procesamiento y valor agregado VSM Inicial Teórico vs VSM Inicial Simulado.	144
Tabla 28. Proporción del inventario en días con respecto al <i>Lead Time</i> .	145
Tabla 29. Comparación inventarios VSM inicial simulado Vs Escenario 1 Vs Escenario 2	147
Tabla 30. Comparación del estado de la entidad par guante.	149
Tabla 31. Producción en pares de la familia de guantes VSM inicial Vs Escenarios VSM futuros	151
Tabla 32. Disminución de áreas.	151
Tabla 33. Inversión en maquinaria.	152
Tabla 34. Resumen de costos de operación mensuales VSM inicial simulado Vs VSM futuro escenario 1 y 2.	153

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Clasificación de los productos en el Análisis ABC.	25
Cuadro 2. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 1	56
Cuadro 3. Segmento de Matriz inicial de relación producto/proceso.	57
Cuadro 4. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 2	59
Cuadro 5. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 16	60
Cuadro 6. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 17	62
Cuadro 7. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 24	62
Cuadro 8. Agrupación de procesos Método Tabular $P=0.5$	63
Cuadro 9. Agrupación de procesos Método Tabular $P=0.9$	63
Cuadro 10. Segmento de Matriz final de Relación Producto/Proceso con la Agrupación de Familias	66
Cuadro 11. Análisis ABC Multi-criterio Productos tipo A.....	71
Cuadro 12. Compromisos Adquiridos por la Empresa con el Cliente.	73
Cuadro 13. Características de las Normas NTC 2190 y NTC 5684.	74
Cuadro 14. Convenciones utilizadas para la elaboración del <i>Value Stream Mapping</i>	96
Cuadro 15. Convenciones Diagrama de Flujo	127
Cuadro 16. Componentes del Modelo de Simulación en ProModel.....	135

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Ejemplo de Matriz de Relación Máquinas/procesos.....	21
Gráfico 2. Matriz de relación Productos/Pasos de ensamblaje y equipo.	22
Gráfico 3. Imágenes de productos.....	51
Gráfico 4. Diagrama general de proceso delantales.....	54
Gráfico 5. Diagrama de Flujo de Guantes.....	55
Gráfico 6. Relación entre procesos Iteración 16.	61
Gráfico 7. Distribución sobre guantes defectuosos en los pedidos.....	83
Gráfico 8. Distribución de los datos sobre la cantidad de pedidos en que se han presentado productos defectuosos.....	84
Gráfico 9. Participación de los defectos que se encuentran con frecuencia en los guantes.....	85
Gráfico 10. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 9.....	86
Gráfico 11. Percepción sobre el precio de los guantes de la empresa Vs competencia.....	88
Gráfico 12. Características de valor evaluadas en la pregunta 11.....	89
Gráfico 13: Flujo de Proceso	93
Gráfico 14. VSM Inicial.	97
Gráfico 15. Diagrama Spaghetti Pedido Promedio de 300 Pares	98
Gráfico 16. Utilización de espacios (en m ²).	101
Gráfico 17. Distribución de espacios.....	102
Gráfico 18. VSM Inicial con problemas.....	104
Gráfico 20. Inventarios en el flujo de valor (pares de guantes).....	105
Gráfico 22. Tiempos de ciclo (en segundos).....	110
Gráfico 23. Tiempos de procesamiento (en segundos)	111
Gráfico 24. Tiempos de ciclo Balanceados (en segundos).	112
Gráfico 25. VSM Futuro escenario 1.....	117
Gráfico 26. Ejemplo caja <i>Heijunka</i>	119

Gráfico 27. Flujo de materiales e información en la caja Heijunka.....	119
Gráfico 28. VSM futuro escenario 2.	121
Gráfico 29. Diagrama de Flujo de la Simulación	125
Gráfico 31. Distribución empírica Armado ProModel	131
Gráfico 31. Distribuciones empíricas tiempos de procesamiento cerrado (A), volteado (B) y la demanda del cliente (C).	132
Gráfico 32. Comparación Inventarios en días VSM inicial vs Simulación VSM Inicial.....	142
Gráfico 33. Takt Time VS Tiempos de Ciclo Simulación escenario 1 y 2	145
Gráfico 34. Nueva distribución de la planta estructura en ProModel.	147
Gráfico 35. Bucles VSM Futuro escenario 2	156

LISTA DE ECUACIONES

Pág.

Ecuación 1. Demanda diaria promedio.....	2
Ecuación 2. Lead Time Total	4
Ecuación 3. Inventario en días.....	4
Ecuación 4. Takt time.	8
Ecuación 5. Normalización o Transformación de datos	26
Ecuación 6. Modelo Programación Lineal Lung-Ng	26
Ecuación 7. Promedios Parciales Lung-Ng.....	27
Ecuación 8. Modelo Programación No Lineal Hadi.....	27
Ecuación 9. Media y Varianza.....	36
Ecuación 10. Estadístico de Prueba Chi-Cuadrado.....	37
Ecuación 11. Estadístico de Prueba Kolmogorov-Smirnov	38
Ecuación 12. Estadístico de Prueba Anderson -Darling	39
Ecuación 13. Intervalo de Confianza Simulaciones Terminales.....	40
Ecuación 14. Media y Desviación Estándar Simulaciones Terminales	40
Ecuación 15. Uso Anual del Dinero.	68
Ecuación 16. Tamaño de la Muestra para Poblaciones Infinitas	79
Ecuación 17. Corrección por Finitud	79
Ecuación 18. Calculo de Intervalo de Selección.	82
Ecuación 19. Calculo del Nivel de Satisfacción	82
Ecuación 21. Demanda Promedio Diaria Familia Guantes	109
Ecuación 22. Calculo del Takt time	109
Ecuación 23. Calculo de Operarios en un proceso	110
Ecuación 24. Calculo de un Supermercado	113
Ecuación 25. Demanda Diaria de MP	113
Ecuación 26. Calculo del Supermercado de MP	114
Ecuación 27. Cantidad de Guantes a Realizar con la MP Supermercado	114

Ecuación 28. Inventario de Seguridad para el Supermercado de MP.....	114
Ecuación 29. Calculo del Pitch.....	120
Ecuación 30. Calculo de la Media de la Demanda.....	139
Ecuación 32. Calculo de LS y LI de la Demanda	139
Ecuación 33. Calculo de la media para simulaciones terminales.....	140
Ecuación 34. Calculo de la desviación estándar para simulaciones terminales ..	140
Ecuación 35. Intervalo de Confianza para Simulaciones Terminales	141

GLOSARIO

Bucle o segmento¹: Es una agrupación de dos o más procesos, hay dos tipos de bucles:

1. Bucle del proceso marcapasos: Abarca el flujo de material e información entre el cliente y el proceso marcapasos.

2. Bucles adicionales: Aguas arriba del bucle del proceso marcapasos hay segmentos de flujo de materiales e información entre sistemas *Pull*. Cada supermercado usualmente corresponde al final de un bucle.

Carnaza: Parte de la piel de la vaca junto a la carne.

Células de manufactura: Womack y Jones lo definen como “La disposición en una secuencia ordenada de las máquinas de diferentes tipos que llevan a cabo distintas operaciones, normalmente en forma de U, para permitir el flujo de una sola pieza y despliegue flexible del esfuerzo humano según las necesidades de cada momento aportado por operarios polivalentes”² mientras que Bill Carreira, lo resume como “un grupo de máquinas o procesos que se encuentran interrelacionados para fabricar un producto desde el inicio hasta el final”³.

Cinco eses (5S's): “Cinco palabras que empiezan por la letra ese en japonés, utilizadas para crear un entorno de trabajo adecuado y control visual de la producción *Lean*. *Seiri* significa separar las herramientas, piezas e instrucciones necesarias de las que no lo son y eliminar estas últimas. *Seiton* significa identificar y organizar cuidadosamente las herramientas y las piezas para facilitar su uso. *Seiso* significa llevar a cabo una campaña de limpieza. *Seiketsu* significa realizar las tres tareas anteriores a diario, para mantener un entorno de trabajo en perfectas condiciones. *Shitsuke* significa tener el hábito o costumbre de aplicar siempre las primeras cuatro eses”⁴.

¹ ROTHER, Mike y SHOOK, John. *Learning to See, value stream mapping to create value and eliminate muda*, Version 1.2. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute. 1999. p 94.

² WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. *Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Traducido por Emili Atmetlla, Revisado y Adaptado por Lluís Cuatrecasas. Edición en español. España: Ediciones Gestión 2000, Planeta DeAgostini Profesional y Formación, S.L. 2005. p 471.

³ CARREIRA, Bill. *LEAN MANUFACTURING THAT WORKS Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. Broadway, New York. 1 Ed. Amacon. 2005. p 86.

⁴ *Ibíd.* p 470.

Control visual: “Visibilidad global de todas las herramientas, piezas, actividades de producción, e indicadores del rendimiento del sistema de producción, de modo que cada participante puede informarse rápidamente con un vistazo de la situación del proceso”⁵.

Criterio: Es una condición o regla que permite realizar una selección, lo que implica que sobre un criterio se puede basar una decisión o un juicio de valor.

Desperdicio (*Muda*): “Cualquier actividad que absorbe recursos, pero no crea valor”⁶.

Dexteridad⁷: Es la capacidad de manipulación para realizar una tarea y se ve reflejada en la flexión del guante.

Demanda diaria promedio del cliente: Es utilizada para hallar el Takt Time y se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 1. Demanda diaria promedio.

$$\text{Demanda promedio diaria} = \frac{\text{Demanda promedio mensual}}{\text{Días laborales/mes}}$$

Encarrado: Operación que permite el conteo de las piezas de un guante que han sido cortadas en el proceso de troquelado y agrupadas en paquetes.

Entidad: “Es la representación de los flujos de entrada a un sistema”⁸.

Estado del sistema: “Es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento determinado”⁹.

Evento: “Es un cambio en el estado actual del sistema”¹⁰.

Flujo (*Flow*)¹¹: La realización progresiva de operaciones en un producto, desde el diseño hasta el lanzamiento, pedido y entrega y materia prima hasta que llegue a las manos del cliente son parás, desechos ni retrocesos.

⁵ Ibid. p 470.

⁶ WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 15.

⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE CERTIFICACION Y NORMALIZACION. Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo. NTC 2190. Bogotá D.C. 2008. p 3.

⁸ GARCIA D, Eduardo; GARCIA R, Heriberto y CARDENA B, Leopoldo E. Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel. Primera edición. Mexico: Pearson Educación. 2006. p 3.

⁹ Ibid. p 3.

¹⁰ Ibid. p 3.

Flujo de una sola pieza (*Single-piece Flow*): “Una situación en la que los productos avanzan, de uno en uno, por diversas etapas del diseño, gestión de pedidos y producción, sin interrupciones, movimientos contraflujo o desperdicios”¹².

Flujo de Valor (*Value Stream*): “Es el ciclo total de actividad, desde el contacto inicial con el cliente hasta que se recibe el pago por un producto que ha sido entregado”¹³.

Heijunka¹⁴: Es un mecanismo utilizado para nivelar la mezcla y el volumen de producción, donde una caja es dividida en columnas que representan un intervalo *Pitch* y filas referenciando tipos de productos, en la unión de las divisiones se depositan *Kanban* para cada tipo de producto. En este sistema el *Kanban* no solo significa la cantidad que se debe producir si no también cuanto tiempo toma producir esa cantidad con base en el *Takt time*. Las tarjetas *Kanban* de la Caja *Heijunka* deben ser entregadas al proceso marcapasos en un intervalo *Pitch*.

Inventario¹⁵: hay tres tipos de inventario, de materia prima, producto en proceso (*Work In Process, WIP*) y producto terminado. El inventario de materia prima son partes que la empresa ha recibido pero no le ha realizado ninguna operación. Se reciben y almacenan para la esperar la primera operación y se pueden devolver al proveedor en caso de ser necesario. El inventario es considerado como producto en proceso una vez que se le hace la primera operación. Se le han adicionado costos y no se encuentra en su forma original. El inventario de producto terminado son los productos completos y disponibles para venderlos a un cliente.

Inventario disponible: Es el nivel de inventario entre procesos medido en término de la demanda del cliente.

Justo a tiempo (*Just In Time, JIT*): “Un sistema para producir y entregar los ítems correctos en el momento correcto en las cantidades correctas. El objetivo es hacerlo de modo que las actividades que tienen lugar aguas arriba se ejecuten minutos o segundos antes de las actividades que tendrán lugar aguas abajo, para que el flujo de una sola pieza sea posible. Los elementos clave de *JIT* son el flujo, *sistema Pull*, trabajo estandarizado (con el estándar de inventarios en proceso) y el *Takt Time*”¹⁶.

¹¹Ibid. p 3.

¹² WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 471.

¹³ CARREIRA, Bill, Op. Cit. p 2.

¹⁴ ROTHER, Mike y SHOOK, John. Op. Cit. p 62.

¹⁵ Ibid. p 26.

¹⁶ WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 473.

Kaizen de proceso¹⁷: Consiste en mejorar desde un enfoque de la persona y el flujo de proceso

Kaizen de flujo¹⁸: Consiste en mejorar desde un enfoque de los materiales y el flujo de información.

Kanban: “Pequeña tarjeta atada a cajas de partes que regula el *Pull* a lo largo del flujo de valor”¹⁹. Hay dos tipos de tarjetas; “Kanban de Producción (Production) cuyo objetivo es provocar la fabricación de partes y Kanban de Retiro (Withdrawal) que comunica al operario encargado de entregar el material que tome las piezas y las transfiera”²⁰.

Lead Time: El tiempo total que un cliente debe esperar un producto después de haber colocado una orden. Cuando el sistema de programación y producción está marchando por debajo de la capacidad, el *Lead Time* y el *throughput time* son los mismos. Cuando la demanda excede la capacidad del sistema, hay un tiempo adicional de espera antes que empiece la programación y la producción, y el *Lead Time* excede el *throughput time*. El *Lead Time* total de producción se haya con la siguiente fórmula²¹:

Ecuación 2. Lead Time Total

$$\text{Lead Time Total} = \sum \text{Inventario en días entre procesos} + \sum \text{Tiempos de procesamiento}$$

Ecuación 3. Inventario en días

$$\text{Inventario en días entre procesos (Lead Time)} = \frac{\text{Inventario disponible}}{\text{Demanda diaria promedio del cliente}}$$

Lean Thinking: Término occidental para referirse a la filosofía de producción de Toyota (*Toyota Production System, TPS*). *Lean Thinking*²² provee una forma de especificar valor, alinear las acciones de creación de valor en la mejor secuencia, conducir estas actividades sin interrupción cada vez que alguien las requiera y realizarlas cada vez más eficazmente.

¹⁷ CARREIRA, Bill, Op. Cit. p 18.

¹⁸ CARREIRA, Bill, Op. Cit. p 18.

¹⁹ WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 307

²⁰ ROTHER, Mike y SHOOK, John. Op. Cit. p 55.

²¹ Ibid. p 55.

²² WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 15.

Mapa del flujo de Valor (*Value Stream Mapping, VSM*)²³: Representación de todas las actividades específicas que ocurren a lo largo del flujo de valor de un producto o una familia de productos mediante un mapa.

Maquillas²⁴: Subcontratación de la fabricación completa o parcial de los productos del sector productor de guantes y dotaciones de cuero.

Mantenimiento Productivo Total (*Total Productive Maintenance, TPM*): “Una serie de métodos para garantizar que cada máquina de un proceso productivo siempre pueda realizar la tarea para la que está preparada, a fin de evitar cualquier interrupción en la producción”²⁵.

Milk Run (ruta de recogida o viajes rutinarios): “Itinerario de un vehículo de aprovisionamiento o entrega que realiza múltiples recogidas o entregas en puntos distintos”²⁶.

Muestra: “Subconjunto de una población”²⁷.

Nivelación de la producción (*Heijunka*): “Es la creación de un nivel de programación por secuenciación de órdenes en un patrón repetitivo y suavizando las variaciones del día a día en el total de los pedidos para corresponder a una demanda a largo plazo”²⁸.

Operación: “Una actividad realizada en un producto por una sola máquina”²⁹.

Pitch³⁰: es conocido como el incremento constante de trabajo y se refiere a una unidad de tiempo en la que se libera la producción al proceso marcapasos.

Población³¹: Número de observaciones de interés.

Polivalencia: “Formación que se da a los operarios para que utilicen y mantengan diferentes tipos de máquinas. La polivalencia es esencial para el funcionamiento

²³ Ibid. p 311.

²⁴ Fuente: Empresa caso estudio.

²⁵ WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 474.

²⁶ Ibid. p 308.

²⁷ WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H. y MYERS, Sharon L. Probabilidad y Estadística para Ingenieros, 6ª. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México: 1999. p 199.

²⁸ WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 307.

²⁹ Ibid. p 308.

³⁰ ROTHER, Mike y SHOOK, Op. Cit. p 60.

³¹ WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H. y MYERS, Sharon L. Op. Cit. p 199.

de las células de fabricación en las que cada operario maneja muchas máquinas”³².

Proceso: “Una serie de operaciones individuales requeridas para crear un diseño, completar una orden, o fabricar un producto”³³. Se considera que dentro de un proceso³⁴ hay flujo continuo y se desvincula del siguiente aguas abajo cuando hay estancamiento de inventario, acumulación, y los materiales se mueven en lotes.

Proceso marcapasos³⁵: Proceso en el cual se controla la mezcla y nivelación de la producción. Este proceso marca el ritmo de la producción de los procesos aguas arriba.

Procesos aguas abajo: Expresión utilizada para referirse a los procesos que se encuentran al final del flujo de valor de un producto o a un proceso siguiente al que se esté tratando en ese momento.

Procesos aguas arriba: Expresión utilizada para referirse a los procesos que se encuentran al inicio del flujo de valor de un producto o a un proceso anterior al que se esté tratando en ese momento.

Pull: “Un sistema de instrucciones de producción y entrega en cascada que van desde el final del flujo del producto (aguas abajo) hacia su inicio (aguas arriba), en el que nada se fabrica por el proveedor ubicado aguas arriba hasta que el cliente situado aguas abajo, expresa una necesidad. Lo contrario a *Push*”³⁶.

Push³⁷: Es un sistema de producción donde se programa la fabricación de los productos con base en proyecciones o pronósticos de demanda y se almacenan los artículos esperando que se presente la necesidad del cliente.

Mipymes: De conformidad con lo ordenado en el artículo 43 de la Ley 1450 de 2011³⁸, los criterios vigentes para tener a una micro, pequeña o mediana empresa como tal, son los siguientes:

Microempresa:

a) Planta de personal no superior a los diez (10) trabajadores;

³² WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 476.

³³ Ibid. p 476.

³⁴ ROTHER, Mike y SHOOK, John. Op. Cit. p 28.

³⁵ Ibid. p 58.

³⁶ WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 309.

³⁷ <http://www.businessdictionary.com>

³⁸ Artículo 43, Ley 1450 de 2011. "Por La Cual Se Expide El Plan Nacional De Desarrollo, 2010-2014"

b) Activos totales por valor inferior a quinientos uno (501) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Pequeña Empresa:

a) Planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores;

b) Activos totales por valor entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil (5.001) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Mediana Empresa:

a) Planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores;

b) Activos totales por valor entre cinco mil uno (5.001) y quince mil (30.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes

Simulación: “Es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema”³⁹.

Sistema: “Conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo”⁴⁰.

SMED (Single Minute Exchange of Dies): “Conjunto de técnicas ideadas por Shigeo Shingo para realizar en menos de diez minutos la preparación de una máquina para otro tipo de fabricación. Preparación al primer toque (*one-touch setup*) es la expresión empleada cuando la modificación se hace en menos de un minuto. Evidentemente, el objetivo a largo plazo es reducir estos plazos de tiempo a cero, de forma que los cambios no obstruyan el flujo continuo”⁴¹.

Takt Time: ⁴²El *Takt Time* marca el ritmo de producción para que coincida con la tasa de demanda del cliente y se convierta en el latido del corazón de cualquier sistema *Lean*.

³⁹ SHANNON, Robert E., *System Simulation: The Art and Science*, Prentice Hall, 1971. Citado por COSS BU, Raúl. Simulación. Un enfoque práctico. México D.F: Limusa, 2003. p 12.

⁴⁰ GARCIA D, Eduardo; GARCIA R, Heriberto y CARDENA B, Leopoldo E. Op. Cit p 3.

⁴¹ WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Op. Cit. p 476.

⁴² Ibid. p 310.

Ecuación 4. Takt time.

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Tasa\ de\ demanda\ del\ cliente}$$

Tiempo de Ciclo (*cycle time, C/T*)⁴³: El tiempo requerido para completar un ciclo de operación, es decir, el tiempo entre piezas que salen de una caja de proceso, se mide en segundos. Si el tiempo de ciclo para cada operación en un proceso completo puede ser reducido al igual que el *Takt Time*, los productos pueden ser hechos en un flujo de una sola pieza (*single-piece flow*).

Tiempo de cambio de formato (*changeover time, C/O*)⁴⁴: Tiempo de preparación para poder procesar un producto diferente. El termino *changeover* aplica cuando un dispositivo de producción es asignado para desempeñar una operación diferente.

Tiempo de procesamiento⁴⁵: El tiempo en que un producto es modificado de su estado inicial. El tiempo de procesamiento es una pequeña fracción del *Lead Time*.

Tiempo en cola⁴⁶: El tiempo que un producto espera una etapa de fabricación.

Trabajo estandarizado: “Descripción de cada actividad de trabajo especificando: tiempo de ciclo, *Takt Time*, secuencia de trabajo de tareas específicas y el mínimo de partes de inventario a la mano necesitadas para conducir una actividad”⁴⁷.

Vaqueta⁴⁸: Cuero de ternera curtido y adobado.

Variable: “Son condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas”⁴⁹.

⁴³ Ibid. p 309.

⁴⁴ Ibid. p 305.

⁴⁵ Ibid. p 306.

⁴⁶ Ibid. p 309.

⁴⁷ Ibid. p 310.

⁴⁸ Fuente: Empresa caso estudio.

⁴⁹ GARCIA D, Eduardo; GARCIA R, Heriberto y CARDENA B. Op. Cit. p 26.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo, consiste en demostrar las ventajas que tiene la herramienta *Value Stream Mapping (VSM)* para identificar los desperdicios en el flujo de valor de la principal familia de productos de una empresa caso estudio. Con base en este, aplicar herramientas de mejora e ilustrar por medio de simulación los beneficios que se pueden obtener en el flujo de valor.

El proyecto es realizado en el sector de Fabricación de Artículos de Piel (Dotaciones Industriales) de la ciudad de Palmira (Valle). Inicialmente se agrupan los productos en familias con el Método Tabular, seleccionando la principal por medio de un Análisis ABC Multi-criterio. Seguidamente con la colaboración de los empleados, clientes y la revisión de normas técnicas específicas de la familia, se seleccionan y evalúan las características de valor con una encuesta de satisfacción.

Una vez evaluadas las características de valor de la familia, se analiza el flujo de valor por medio del *VSM*, se identifican los desperdicios y se disminuyen por medio de sistemas Pull (colas FIFO, *Kanban*, supermercados y *Heijunka*), ilustrando las mejoras en el *VSM* futuro.

Por último, se simula el *VSM* inicial del sistema y los escenarios propuestos en el software ProModel y se comparan los resultados en los tiempos de valor agregado, inventarios, *Lead Time*, costos, distribución de espacios y movimiento de los productos.

Se concluye que *VSM* es una herramientas vital para describir y analizar el flujo de valor de una familia de productos y para la transformación a *Lean* en pequeñas empresas, apoyándolas en su gestión para volverse más competitivas, además del apoyo que brindan las herramientas de simulación computacional para demostrar la viabilidad de aplicación y mejoras que se pueden obtener a un bajo costo.

PALABRAS CLAVES: VALUE STREAM MAPPING, VSM, SIMULACIÓN, PROMODEL, GUANTES, CUERO, SECTOR PRODUCTOR DE DOTACIONES INDUSTRIALES, LEAN, PULL, FIFO, KANBAN, SUPERMERCADOS, HEIJUNKA, FLUJO DE VALOR.

ABSTRACT

The aim of this study is to demonstrate the advantages of the tool Value Stream Mapping (VSM) to identify waste in the value stream of the main family of products a company case study. Based on this, apply improvement tools and illustrate through simulation the benefits to be gained in the value stream.

The project is implemented in the field of Leather Goods Manufacturing (Industrial Provisions) of the city of Palmira (Valle). Initially the products are grouped in families with Tabular Method, selecting the main by a Multi-criteria ABC analysis. Then with the help of employees, customers and review of specific technical standards of the family, select and evaluate the characteristics of value with a satisfaction survey.

After assessing the characteristics of family values, we analyze the value stream through the VSM, we identify and reduce waste through Pull systems (FIFO queues, kanban, supermarkets and Heijunka), illustrating the improvements in the VSM future.

Finally, VSM simulates the initial system and the scenarios proposed in the ProModel software and compared the results in value-added time, inventory, lead time, cost, space allocation and product movement.

We conclude that VSM is a vital tool for describing and analyzing the value stream of a product family and the transformation to Lean in small businesses, supporting them in their management to become more competitive, and the support offered by computational simulation tools to demonstrate the feasibility of implementation and improvements that can be obtained at low cost.

KEY WORDS: VALUE STREAM MAPPING, VSM, SIMULATION, PROMODEL, GLOVES, LEATHER, INDUSTRIAL PRODUCER ENDOWMENTS, LEAN, PULL, FIFO QUEUES, KANBAN, SUPERMARKETS, HEIJUNKA, FLOW OF VALUE.

1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo se encuentra en un cambio constante, volviéndose cada vez más exigente y competitivo el ámbito empresarial, obligando así a las empresas a mejorar internamente para poder suplir una demanda caracterizada por una amplia diferenciación de productos y tiempos cortos de respuesta.

Esta necesidad de mejorar es transmitida a los diferentes procesos que afectan las empresas, principalmente los involucrados dentro del flujo de valor de los productos. Rother y Shook⁵⁰ definen flujo de valor como todas las acciones que agregan o no valor a un producto. Por otra parte, Cuatrecasas⁵¹ define valor como satisfacer los deseos del cliente, concluyendo así la importancia de conocer qué características de un tipo de producto los clientes asumen como valor y, así enfocarse en disminuir o eliminar las operaciones que no lo generen.

En el mundo actual⁵², las empresas han optado por realizar estas mejoras, atacando los desperdicios encontrados en los sistemas de producción, tales como la sobreproducción, inventarios innecesarios, tiempos en espera, transportes, sobre-procesamiento o procesos inapropiados, movimientos innecesarios y defectos.

Estos desperdicios son más conocidos como *Muda* en el pensamiento *Lean*, y como precisan Rosentrater y Balamuralikrishna⁵³ hay diferentes técnicas (*Kanban*, *Total Preventive Maintenance*, *Cells*, *5's*, *Just In Time*, *Jidoka*, *Single Minute Exchange of Die*, *Setup Time Reduction*, entre otras) que ayudan a las compañías a reducir estos desperdicios tornándolas más competitivas.

Para definir qué técnicas *Lean* aplicar, diversos autores como: Grewal, Abdumalek y Rajgopal, Abdullah y Kalsaas, plantean el uso del *Value Stream Mapping* como punto de partida.

⁵⁰ ROTHER, Mike y SHOOK, John. *Learning to See, value stream mapping to create value and eliminate muda*, Version 1.2. Brookline, MA: *The Lean Enterprise Institute*. 1999. Citado por: SHAHRUKH A. Irani y ZHOU, Jin. *Value Stream Mapping of a Complete Product*, Department of Industrial, Welding and Systems Engineering, The Ohio State University, Columbus, [En línea]. p.1. [Consultado 6 Nov. 2010]. Disponible en <<http://www.Lean-manufacturing-japan.com/Value%20Stream%20Mapping%20of%20a%20Complete%20Product.pdf>>

⁵¹ CUATRECASAS ARBÓS, Lluís. "El valor. En: Cómo implantar realmente el Lean Management". [En línea]. 2008; p.1. [Consultado 22 sep. 2010]. Disponible en <http://www.institutoLean.org/articulos/articulos_ilm_0802_cuatrecasas.pdf>

⁵² WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Preface: From Lean Production to Lean Enterprise. Op. Cit. p 9-12

⁵³ ROSENTRATER, K. A. y BALAMURALIKRISHNA, R., "Value Stream Mapping – A Tool for Engineering and Technology Education and Practice". [En línea], p. 1. [Consultado 3 nov. 2010] Disponible en <<http://ilin.asee.org/Conference2006program/Papers/Rosentrater-P3.pdf>>

El *Value Stream Mapping (VSM)*, es definido por Rother y Shook⁵⁴ como “el proceso de mapear el flujo de materiales e información requerido para coordinar las actividades realizadas por los fabricantes, proveedores y distribuidores para entregar los productos a los clientes”⁵⁵ y tiene como objetivo “identificar todos los tipos de desperdicio en el flujo de valor y tomar medidas para tratar de eliminarlos”⁵⁶.

En este documento se presenta una propuesta de mejora del flujo de valor de una familia de productos, donde se realiza el mapeo del flujo de valor en la empresa caso estudio que pertenece al sector de fabricación de artículos de piel (Dotaciones Industriales) de la ciudad de Palmira, Valle del Cauca, por medio de la herramienta *Lean, Value Stream Mapping (VSM)*.

Para la aplicación del *VSM* se recorre el proceso de producción, con el fin de representar todo el flujo de valor e identificar los desperdicios en el mapeo actual.

Con base en los desperdicios encontrados se aplican diferentes técnicas del pensamiento *Lean* y se ilustran en dos escenarios del *VSM* futuro los beneficios de la aplicación a través de simulación computacional.

⁵⁴ ROTHER, Mike y SHOOK, John .*Learning to See, value stream mapping to create value and eliminate muda*, Version 1.2. Brookline, MA: *The Lean Enterprise Institute*. 1999. Citado por: SHAHRUKH A. Irani y ZHOU, Jin. *Value Stream Mapping of a Complete Product*, Department of Industrial, Welding and Systems Engineering, The Ohio State University, Columbus, [En línea]. p.1. [Consultado 6 Nov. 2010]. Disponible en <<http://www.Lean-manufacturing-japan.com/Value%20Stream%20Mapping%20of%20a%20Complete%20Product.pdf>>

⁵⁵ ROTHER, M. y SHOOK, J. Op. cit., Citado por: SHAHRUKH A. Irani y ZHOU, Jin, *Value Stream Mapping of a Complete Product*, Department of Industrial, Welding and Systems Engineering, The Ohio State University, Columbus, [En línea]. p.1. [Consultado 6 Nov. 2010]. Disponible en <<http://www.Lean-manufacturing-japan.com/Value%20Stream%20Mapping%20of%20a%20Complete%20Product.pdf>>

⁵⁶ Ibíd. Citado por: ABDULMALEK, Fawaz A. y RAJGOPAL, Jayant. *Analyzing the Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via Simulation: A Process Sector Case Study*. [En línea]. p. 225. [Consultado 7 Nov 2010], Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VF8-4MFJT98-2-&_cdi=6004&_user=5662252&_pii=S0925527306002258&_origin=search&_zone=rsit_list_item&_coverDate=05/31/2007&_sk=998929998&_wchp=dGLzVzb-zSkzk&md5=68ebbeb018e25fe8a617bab0c1803245&ie=/sdarticle.pdf>

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector de Fabricación de Artículos de Piel (Dotaciones Industriales) de la ciudad de Palmira se compone de 7 empresas legalmente constituidas, Suramericana de Guantes, Guantes Occidental S.A.S, Fasicol Ltda., MBR, Guantes del Valle, Colguantes y Guantes y Dotaciones Lacar, además de talleres que ofrecen mejores precios en pequeñas cantidades y a su vez son subcontratados por estas empresas formales para la elaboración de los productos.

La empresa caso estudio es una empresa de la ciudad de Palmira catalogada como pequeña, que dentro de las estrategias para cumplir con la demanda del cliente, subcontrata parte de su producción a los talleres y en casos excepcionales con otras fábricas que producen los mismos productos. En el 2010 la empresa subcontrato el 28.57% de las unidades totales vendidas en el año, es decir que el 71.43% de los productos fueron fabricados por la empresa aportando 90.2% de la rentabilidad y el 76.1% de los ingresos totales de la empresa, por estas razones, todos los valores del estudio están enfocados a los productos que se fabrican en la empresa*.

El gerente de la empresa, asegura que la creciente competencia y la entrada a nuevos mercados en el país, ha creado exigencias en su empresa ayudando a encontrar deficiencias en sus operaciones, que pueden ser catalogadas dentro del pensamiento *Lean* como desperdicios, entre los que se encuentran:

➤ **Sobreproducción:** El **Guante en Vaqueta Negra Sencillo tipo Ingeniero**, se empezó a producir el 27 de julio de 2010 porque en la planta se tenía personal inactivo y vaqueta negra que llevaba 7 meses almacenada, esta producción inicio sin tener en cuenta un estudio previo de mercado u órdenes de pedido de clientes ya facturadas generando un inventario de 4,572 pares, donde solo dos meses después se vendieron 1,664 pares, quedando en *stock* 2908 (sobreproducción), que al 8 de noviembre de 2010 seguían almacenados. Este inventario representaba al día 8 de noviembre el 12.82% del inventario de producto terminado y tenía un costo de \$10'807,780 pesos.

El **Guante en Vaqueta Tipo Ingeniero**, es un producto igual al **Guante en Vaqueta Negra Sencillo tipo** pero el color de la vaqueta es amarillo y es el producto que los clientes más solicitan representa dentro de la empresa, aproximadamente el 35.53% de inventario de producto terminado**. Se ha

* Fuente de información: Sistema de información SAI OPEN, Análisis realizado por los autores

**Datos tomados del sistema de Información SAI OPEN, al 8 de noviembre de 2010, análisis realizado por los autores.

estipulado como política de la empresa, teniendo en cuenta la demanda histórica y la experiencia del gerente, un rango de inventario de producto final de este producto entre 3,000 y 5,000 pares. Para esta referencia de guante el 8 de noviembre de 2010 se contó con un inventario de a 8,395 pares, equivalente a \$17'703,093 pesos, es decir, 3,395 unidades por encima de 5,000, el punto máximo de inventario estipulado.

➤ **Inventarios innecesarios:** En un inventario realizado el 24 de septiembre de 2010, se encontraron 517,848 unidades de producto en proceso (todas almacenadas en paquetes de 120 unidades) compuesto por el 85.6% en carnaza, 9.4% vaqueta y el 5% otros materiales, este inventario se genera porque los operarios del proceso de troquelado deben aprovechar al máximo la materia prima y cortan piezas que no son necesarias para realizar los productos que ha solicitado el cliente.

Por otra parte, las dos principales materias primas de la empresa (Carnaza y Vaqueta) son muy costosas (en promedio \$700 pesos el pie² de vaqueta y \$450 pesos el pie² de carnaza y su precio puede variar dependiendo de su comportamiento en el mercado hasta llegar a estar por encima de los \$1,000 pesos); el sector que produce estas materias primas está monopolizado y tienen precios muy volátiles, además, en el primer trimestre del 2011⁵⁷ las exportaciones de cuero crudo (materia prima de donde se obtiene la carnaza y la vaqueta) hacia China se incrementaron en un 410% con respecto al primer trimestre del año 2010, mientras que hacia Estados Unidos en el mismo periodo se incrementaron en un 229%, lo que ha generado escasez de estos productos y aumento del precio de las pieles crudas⁵⁸. Mientras que en enero de 2009 un kilo de piel costaba \$500 pesos, al cierre del 2010 el costo se había incrementado a \$900 pesos y el 24 de marzo se pagaba a \$1,400 pesos, con base en los anteriores argumentos la vaqueta y carnaza son las dos materias primas más críticas para la empresa caso estudio siendo necesario tener un mayor control sobre la producción de estas piezas.

➤ Las unidades de inventario en proceso generan operaciones adicionales, como separarlas, empacarlas, transportarlas y almacenarlas en un espacio dentro de la planta (3 estanterías que ocupan 40 metros cúbicos en total).

➤ Se realizó un diagrama Spaghetti con una orden promedio de 300 pares y se identificó que la distancia recorrida en el transporte de los materiales fue de 870 m aproximadamente, concluyendo que es una larga distancia teniendo en cuenta

⁵⁷ Exportación de cuero crudo colombiano tiene en alerta a la industria. En: www.portafolio.com.co: (11, jun, 2010): Economía.

⁵⁸ CAICEDO, Felipe. Cita del artículo "Asia deja sin cuero a firmas locales por la alta demanda de países como china: Las exportaciones de los principales cueros colombianos se incrementaron en 91,17 por ciento entre 2009 y 2010. En: www.portafolio.com.co: (25, Mar, 2011)."

que la medidas de la empresa son de 20 x 11 metros (ver 6.1.4.3 Diagrama Spaghetti)

➤ El espacio de la planta se encuentra utilizado en actividades que no agregan valor, solo el 13.67% del área se utiliza para agregar valor (ver 6.1.4.3 Distribución de espacios).

Los problemas anteriores demuestran que en la empresa caso estudio hay aspectos por mejorar como:

➤ La programación de piezas en el proceso de troquelado, dado que no se realiza con base en la demanda del cliente y genera que se acumulen los inventarios en el proceso de separado y encarrado.

➤ La política de optimizar el uso de la materia prima en el proceso de troquelado genera sobreproducción de piezas.

➤ La programación de productos a elaborar con base en especulaciones de la demanda.

➤ La distribución de espacios y distancias entre procesos.

En el caso de la maquinaria, la empresa realiza un mantenimiento preventivo a toda su maquinaria cada año y semanalmente cada operario revisa y aceita su máquina en busca de problemas, por lo tanto no se generaron paros o problemas de este tipo en el transcurso del levantamiento de la información, además la empresa no se registra indicadores de este tipo.

Debido a todos los problemas antes mencionados, resulta fundamental examinar el flujo de valor de los productos relacionando los desperdicios anteriormente nombrados y analizando ¿Cómo evidenciar los diferentes desperdicios en el flujo de valor de los productos?, ¿De qué forma se pueden atacar estos problemas encontrados? y ¿Qué beneficios se pueden obtener en el flujo de valor de los productos con la aplicación de técnicas del pensamiento *Lean*?

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo la empresa caso estudio puede mejorar el flujo de valor de una familia de productos mediante *Value Stream Mapping* y demostrar los beneficios potenciales por medio de simulación?

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el flujo de valor de una familia de productos en la empresa caso estudio utilizando *Value Stream Mapping* y observar bajo simulación computacional las mejoras.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar una revisión bibliográfica que permita identificar la metodología para la aplicación del *Value Stream Mapping* y simulación en una Pyme.
- ✓ Realizar el Mapeo Inicial de una familia de productos de la empresa caso estudio catalogada como una de las más fuertes de la empresa.
- ✓ Analizar el flujo de valor de la familia de productos escogida identificando los desperdicios presentes y abordarlos por medio de técnicas *Lean*.
- ✓ Realizar la simulación computacional de diferentes escenarios que muestren los beneficios en la aplicación de técnicas *Lean* en el sistema de producción, ilustrando los posibles beneficios en la construcción del *Value Stream Mapping* futuro.

4 JUSTIFICACIÓN

“Según el Censo General de 2005, la estructura empresarial colombiana está conformada principalmente por microempresas y Pymes, las cuales en su conjunto son la principal fuente de empleo del país, de acuerdo con las cifras del DANE (2005), las microempresas conforman el 96,4% de los establecimientos, las pequeñas el 3,0%, las medianas el 0,5%, y las grandes 0,1%”⁵⁹.

Las micro, pequeñas y medianas empresas por lo general desde su concepción, definen operaciones artesanales y empíricas, formando a su paso una serie de paradigmas y desórdenes que evitan dar una mejor respuesta al cliente y generan sobre costos en sus operaciones, además las Mipymes no profundizan en el análisis de factores estratégicos que deben tener en cuenta para su supervivencia, crecimiento y sostenimiento. Por otra parte, la internacionalización de la economía Colombiana genera una competencia con mayor capacidad, la necesidad de volver más competitivas a las Pymes con la aplicación de diversas herramientas y de generar conocimiento que pueda ser utilizado para su aplicación, fortaleciendo de esta forma la capacidad de responder a las necesidades de nuevos clientes más aunque el gerente tiene dentro de su plan de desarrollo ingresar a mercados internacionales.

Debido a las características enunciadas, nace la idea en los autores de realizar un acercamiento en las Pymes e identificar el cómo desde la academia y la ingeniería se mejora el sistema de producción de las organizaciones y su gestión.

Se selecciona una empresa del sector de Fabricación de Artículos de Piel (Dotaciones Industriales) principalmente guantes de cuero, este caso estudio presenta falencias principalmente en el flujo de valor de los productos, y con el presente trabajo se busca como primera medida, identificar cuáles y dónde se enmarcan los desperdicios vinculados al proceso de producción en la organización y plantear mejoras en el *Lead Time*, inventarios, desplazamiento de los operarios, nivel de producción, transporte de los productos, utilización de espacios, reducción de costos, mejoramiento de las capacidades de los empleados de la empresa caso estudio, mayor calidad de los productos, por lo tanto seguridad de los trabajadores e incremento del nivel de satisfacción del cliente.

Por otra parte, solo en la Universidad del Valle de Cali se encontraron investigaciones de Ingeniería Industrial y *Lean Manufacturing* (Alarcón, Desarrollo Teórico de la Flexibilidad en Manufactura, la Manufactura *Lean* y la Manufactura Ágil, 2008; Vallejo, Elaboración de un Modelo de Evaluación Económica de la

⁵⁹ PYMES EN CIFRAS. misionpyme.com. 29 de Agosto de 2008. [en línea]. consultado 2 de octubre de 2010. <<<http://www.misionpyme.com/cms/content/view/107/41/>>>

técnica 5's en las Pyme de la ciudad de Cali, 2005; Pedroza, Implementación de los Pilares 1 y 2 en su Fase Preparatoria del Modelo de Gestión Integral Basado en la Técnica *TPM* en una Planta Papelera, 2004) donde se enfocan en el uso, análisis y propuesta de aplicación de técnicas *Lean*, pero el diagnóstico inicial solo se enfoca en un proceso sin tener en cuenta los resultados de todo el sistema de producción o del flujo del producto para así poder tomar una mejor decisión a la hora de seleccionar las técnicas que ofrezcan un mayor y mejor impacto, este diagnóstico en el pensamiento *Lean* se realiza por medio de la herramienta *Value Stream Mapping*, dando razones a los investigadores para indagar sobre su uso, la relación con las técnicas y su simulación y de igual manera se busca aportar a la Universidad del Valle sede Palmira y a la comunidad en general una manera de proceder ante las situaciones enunciadas, generando un conocimiento de mayor calidad y en el idioma español ya que la mayoría de la información que se encuentra es en inglés.

La realización de este proyecto trae inmerso obtener el título de pregrado en Ingeniería Industrial para los autores y la aplicación de los conocimientos adquiridos en la carrera para incrementar los beneficios monetarios en las compañías industriales, mejorar las condiciones de trabajo y capacidades de los empleados por medio de la capacitación, crear empleos en el sector.

5 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1 MARCO TEÓRICO

5.1.1 Agrupación por familias de productos.

La **Tecnología de Grupos (TG)**, es un enfoque para manufactura donde se identifican y agrupan piezas para aprovechar sus similitudes en el diseño y la producción. La TG permite que una fábrica que produce 10,000 piezas diferentes sea capaz de agrupar la mayoría de ellas en 20 o 30 familias de piezas. En general, el mejoramiento se obtiene organizando las instalaciones de producción en celdas de manufactura⁶⁰.

En los Sistemas Celulares de Producción, propiamente dichos⁶¹, “cada celda de producción se planea y organiza para que fabrique completamente una familia de piezas, integrando en la misma las máquinas, los equipos y los operarios requeridos para realizar dicha fabricación”.

Para llegar a la formación de Celdas de Producción, es necesario realizar una clasificación por familias de piezas. Oliva⁶², Bonnín y Vázquez⁶³ y Groover⁶⁴, plantean en sus escritos diversas metodologías para la consecución de este propósito. Al final de este proceso, cada uno de los subgrupos resultantes constituye una familia.

5.1.1.1 Inspección visual⁶⁵: El método de inspección visual consiste en clasificar las piezas geométricamente, de este modo se obtendrán familias de piezas. Esta técnica es la más sencilla, y aunque pueda parecer poco sofisticada, puede dar buenos resultados. Las primeras implementaciones de la técnica de tecnología de grupos se hicieron utilizando este método.

5.1.1.2 Clasificación y codificación de piezas⁶⁶: En este método no solo se tiene en cuenta la forma geométrica sino que también se tiene presente el proceso de

⁶⁰ GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. 3 ed. México: Mc Graw – Hill Interamericana. 2007. 910 p.

⁶¹ OLIVA , Eduardo, Sistemas Celulares de producción. . MÉXICO. Instituto Politécnico Nacional. p17.

⁶² Ibíd., p. 24.

⁶³ BONNÍN, Miguel A. y VAZQUEZ, Álvaro R.: Sistemas Integrados de Fabricación. Tecnología de grupos. 2007-2008. 11 p.

⁶⁴ GROOVER, Mikell P., Op. Cit., p. 912.

⁶⁵ BONNÍN, Miguel A. y VAZQUEZ, Álvaro R. Op. Cit. p 4.

⁶⁶ Ibíd. p 5.

fabricación de las piezas. Es el método más laborioso, ya que debemos asignar un código a cada pieza según los siguientes parámetros:

- Diseño: según tamaño, forma, material.
- Proceso: según la secuencia en su proceso de fabricación.

5.1.1.3 Sistemas de codificación⁶⁷: Para clasificar y codificar las piezas, existen varios sistemas de codificación. Se dividen en tres categorías principales:

- Basados en las características de diseño.
- Basados en las características de fabricación.
- Basados en las características de diseños y fabricación.

En términos de concepto de código, encontramos tres estructuras típicas de codificación:

1. Estructura jerárquica o monocódigo: la interpretación de cada símbolo depende del valor de anterior.
2. Estructura en cadena o policódigo: la interpretación de cada símbolo en la secuencia siempre es la misma, no depende de los otros símbolos. Esta estructura es más simple de implementar que la anterior, pero necesita más símbolos para codificar una misma pieza. Además, hace más dificultoso el encontrar similitudes entre piezas.
3. Código Opitz: se trata de un sistema de codificación híbrido formado por 13 dígitos, los cuales se pueden englobar en tres grupos, donde los 5 primeros dígitos dan información sobre la forma de la pieza. Los 4 siguientes dígitos dan información de las materias primas de la pieza o si tienen agujeros. Los 4 últimos dígitos dan información del orden de producción y la secuencia de fabricación de la pieza.

5.1.1.4 Análisis del flujo de la producción (Production Flow Analysis, PFA)⁶⁸:

Para la aplicación de esta herramienta final, Bonnín y Vázquez proponen una metodología que se compone de 4 pasos:

- 1) Recogida de datos: los datos básicos que se necesitan son el número de piezas que se utilizan y la secuencia de producción que seguirá cada una de ellas (normalmente cada operación secuencia viene asociada a un tipo de máquina, por lo que se obtiene una lista de las máquinas utilizadas);

⁶⁷ Ibid. p 5.

⁶⁸ Ibid. p 8.

2) Tipos de rutas del proceso: consiste en agrupar las máquinas y/o procesos que se quiere que formen parte del análisis; para facilitar este paso, se codifica cada máquina y/o proceso,

3) Método PFA^{*}: una vez asignados los códigos se realiza una tabla con todas las máquinas y/o procesos en confrontación con todas las piezas, de tal modo que se marca con un '1' todas las piezas que pasan por una máquina y/o proceso; y

4) Análisis del conjunto: este último paso consiste en ordenar las filas y columnas de la matriz del Método PFA por medio del algoritmo iterativo *Rank Ordering Clustering* con el fin de obtener grupos de máquinas y piezas más consistentes, se ordenan las filas como si fueran números binarios, que se transforman a números decimales para ser ordenados de mayor a menor, este mismo paso se repite para las columnas. Por último, se repite este proceso hasta que la matriz se estabilice y quede una agrupación clara de las familias, dando como resultado la figura que se enseña en el Gráfico 1.

Gráfico 1. Ejemplo de Matriz de Relación Máquinas/procesos.

Máquina u Operación	Piezas								
	P1	P8	P2	P4	P6	P7	P9	P3	P5
A1	1	1							
E	1	1							
D			1	1	1				
A2			1	1					
G			1		1	1			
C							1	1	1
F							1	1	
B							1		1

Fuente: BONNÍN, Miguel A. y VÁZQUEZ, Álvaro R.: Sistemas Integrados de Fabricación. Tecnología de grupos. 2007-2008. p 11.

Este algoritmo sin embargo es muy subjetivo a la hora de realizar la agrupación de familias.

Por otra parte diversos autores, Rother y Shook⁶⁹ y Rajadell y Sánchez⁷⁰, definen una familia como un grupo de productos que atraviesan etapas de procesamiento similares y/o equipos comunes en los procesos aguas abajo.

Rother y Shook⁷¹, anotan en su libro, que si la mezcla de productos de una empresa es muy compleja, es decir que todos los productos tienen características

^{*} El método PFA (Production Flow Analysis) es una herramienta para agrupar las piezas en familias según su proceso de fabricación.

⁶⁹ ROTHER, Mike y SHOOK, John. Op. cit., p .6.

⁷⁰ RAJADELL, Manuel y SÁNCHEZ, José Luis. Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. Edición Díaz de Santos. 1999. p. 37.

diferentes, se puede crear una matriz con pasos de ensamblaje y equipos en un eje y los productos en el otro, como se muestra en el Gráfico 2 a continuación:

Gráfico 2. Matriz de relación Productos/Pasos de ensamblaje y equipo.

		Assembly Steps & Equipment							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUCTS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

A Product Family

Fuente: ROTHER, Mike y SHOOK, John .*Learning to See, value stream mapping to create value and eliminated muda*, Version 1.2. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute. 1999. p. 12.

5.1.1.5 Método Tabular⁷²: El objetivo del método tabular es desarrollar células de máquinas, para este trabajo células de procesos, tales que cada componente (producto) pueda, hasta donde sea posible, procesarse por completo en una sola célula. Por medio de este método se pueden realizar agrupaciones de una forma objetiva con cálculos sucesivos basados en una matriz de relación.

Se realiza el siguiente procedimiento de solución, que inicia con una matriz de relación como la señalada anteriormente por Rother y Shook (ver Gráfico 2):

Fase I

1. Crear una tabla de máquinas vs máquinas, es decir procesos vs procesos. Esta tabla indica el número de productos que pasan por ambos procesos; se crea comparando las columnas de la matriz producto/proceso (ver Gráfico 2) y contando el número de veces que el 1 es común a las dos columnas (contador de relación, RC). El RC indica el número de productos que los dos procesos tienen en común. De la tabla proceso vs proceso solo se necesitan los elementos de la parte inferior de la diagonal puesto que la matriz es simétrica.

2. Seleccionar el mayor valor de la matriz proceso vs proceso y designarlo como el valor presente RC. El RC define el valor de la relación que se está usando en el cálculo presente y cambia de forma descendiente a medida que se avanza en el proceso de agrupamiento.

⁷¹ ROTHER, Mike y SHOOK, John. Op. cit., p .6.

⁷² SULE, Dileep R., Instalaciones de manufactura: ubicación, planeación y diseño. Ed. 2. México: Thomson, 2001. p 151-154

3. Definir un valor de porcentaje mínimo (P). El P declara la cercanía que un proceso entrante debe tener con todos los procesos existentes dentro de un grupo para poder encajar en este. Dependiendo del porcentaje que un analista toma, así mismo la solución puede tener un número diferente de células, cada una con una cantidad diferente de procesos. Este porcentaje (P) se define una sola vez para encontrar una solución al problema.

4. Examinar la matriz proceso vs proceso comenzando desde la primera fila con el fin de encontrar un valor que iguale a RC. Cuando se encuentre el valor se observa la fila y la columna para obtener los procesos con los que se realiza el análisis.

5. Si los procesos asociados en la fila y la columna no se encuentran en un grupo, se forma un grupo con los dos procesos y se pasa al paso 7. Si ambas máquinas están asignadas al mismo grupo, ignorar la observación e ir al paso 7.

Si uno de los procesos ya está en un grupo y el otro no se ha asignado todavía (proceso entrante), ir al paso 6a. Si ambos procesos están asignados pero en diferentes grupos ir al paso 6b.

6 a. Calcular la razón de cercanía (CR) del proceso entrante con cada grupo que ya se haya formado. CR se define como la proporción del total de relaciones que el proceso entrante tiene con los procesos que están actualmente en un grupo sobre la cantidad de procesos que están asignados también a ese grupo.

El proceso entrante se coloca en un grupo que tiene la razón de cercanía máxima (MCR), mientras que este máximo sea mayor o igual al valor de umbral mínimo (MTV), el cual es P multiplicado por el valor RC ($MTV = P \times RC$). Si el valor MCR es menor que el MTV, se forma un nuevo grupo compuesto de los dos procesos del paso 4, que tienen el valor de relación igual al valor presente de RC. Vaya al paso 7.

6 b. Se sugiere la duplicación de un proceso o más. Hay dos alternativas, la primera es agregar un proceso de uno u otro tipo y colocarlo en el grupo apropiado; la segunda es agregar dos procesos adicionales, uno de cada tipo y formar un nuevo grupo o colocar el apropiado en cada uno de los existentes. Se sugieren las siguientes reglas (para propósitos ilustrativos se designa la pareja de procesos como A y B):

➤ **Duplicación de un proceso:** Determinar el valor CR de todos los grupos. Si el MCR es mayor que el MTV, el proceso que tiene el mayor CR se selecciona y se asigna al grupo asociado.

➤ **Agregado de dos procesos:** si el MCR en el cálculo anterior fue menor que MTV, se realiza una revisión para ver si se eligen ambos procesos. Se determina el MCR para los grupos donde A es el proceso entrante (MCRA) y el MCR para los grupos donde B es el proceso entrante (MCRB). Calcule el valor índice máximo como $RC \times P / 2$. Si MCRA y MCRB son mayores que el valor índice y $|MCRA - MCRB| < RC \times P / 2$, seleccione ambos procesos y coloque cada uno en el

grupo apropiado. Si MCRA o MCRB es mayor que el valor índice, independientemente del valor $|MCRA-MCRB|$, formar un nuevo grupo compuesto de los procesos A y B. Vaya al paso 7.

➤ **Ninguna máquina adicional:** si ninguna de las condiciones precedentes existe, se ignora la observación ya que la contribución de los nuevos procesos es muy limitada. Vaya al paso 7.

7. Continuar con la revisión de la tabla proceso vs proceso con el valor presente de RC, procediendo secuencialmente por filas. Si se encuentra un valor igual al valor presente RC, ir al paso 5, si no ir al paso 8.

8. Comprobar si todos los valores de RC mayores a 0 están revisados. Si es así ir al paso 9; de lo contrario, reduzca el valor RC al valor siguiente en su orden descendente de magnitud y regrese al paso 5. Otra regla de terminación es detenerse cuando todos los procesos estén asignados por lo menos a un grupo. Esta regla de detención mantiene las duplicaciones de procesos al mínimo.

9. Este paso consiste en la consolidación del grupo. Se comparan los grupos formulados hasta este punto. Si un grupo contiene procesos que lo convierten en un subconjunto del otro grupo, entonces se elimina.

Fase II

Asignar cada producto al grupo en el que tenga mayor número de procesos, dando como resultado una agrupación de familias de productos que se pueden procesar en una misma célula de manufactura.

5.1.2 Análisis ABC: es un método de clasificación de inventarios que tiene como base la aplicación del *principio de Pareto*. “En el siglo XIX, Vilfredo Pareto, en un estudio sobre la distribución de la riqueza en Milán, encontró que el 20% de las personas controlaban el 80% de la riqueza. Esta lógica de los pocos que tienen mucho y los muchos que tienen poco ha sido aplicada a muchas situaciones y se denomina el *principio de Pareto*”⁷³.

El análisis ABC tradicional o Mono-criterio, consiste en ordenar de mayor a menor todos los productos de una empresa basándose en el uso anual del dinero, que es calculado multiplicando el costo promedio anual por unidad por la demanda anual de cada producto, y ordenando los productos en 3 clases. Flores⁷⁴ y Lung Ng⁷⁵ en sus artículos clasifican los productos como se muestra en el Cuadro 1:

⁷³ CHASE, Richard B., JACOBS, F. Robert y AQUILANO, Nicholas J. Administración de operaciones, Producción y cadena de suministros. 12 ed. México D.F.: McGraw Hill, 2009. p 606.

⁷⁴FLORES, Benito y WHYBARK, Clay. *Multiple Criteria ABC Analysis. International Journal of Operation & Production Management*. [En línea], 1985, 38-46 p.

⁷⁵LUNG NG, Wan. *A simpler classifier for multicriteria ABC analysis. European Journal of Operational Research*. [En línea], 2007, 344-353 p. Disponible en <<http://www.sciencedirect.com>>.

Cuadro 1. Clasificación de los productos en el Análisis ABC.

Tipo	Porcentaje de productos	Porcentaje del uso anual del dinero
A	10%	Entre el 70% y 80%
B	20%	Entre el 15% y 25%
C	70%	Menos del 10%

Elaborado por: Los autores.

Lung Ng⁷⁶, reconoce que otros criterios son importantes y dependen de la industria en donde se aplique el análisis como el costo del inventario, *Lead Time*, obsolescencia, número de requisiciones en el año, durabilidad, facilidad de reparación, tamaño de orden de pedido, distribución de la demanda y costo de faltante.

Diversos autores han definido herramientas de decisión enfocadas a la clasificación de los inventarios donde se tienen en cuenta varios criterios, estas herramientas se basan en el *principio de Pareto*. Flores⁷⁷ plantea la clasificación relacionando dos criterios, el uso anual del dinero con el *Lead Time* y la obsolescencia con la criticidad. Por medio de la “*Joint Criteria Matrix*”, Partovi y Anandarajan⁷⁸ plantean que esta herramienta en su concepción presenta limitantes, primero porque no es viable realizar la extensión del análisis a más de dos criterios y segundo, porque los pesos de los criterios se asumen por igual.

Entre otras técnicas que se han utilizado para la clasificación de ítems teniendo en cuenta múltiples criterios, se encuentra el uso del “*Analytic Hierarchy Process (AHP)*”. Ramanathan⁷⁹ opina que esta herramienta se desarrolla obteniendo una medida escalar de la importancia de los artículos en el inventario, generando así, el problema de subjetividad asociada con los estudios.

Ramanathan⁸⁰ en su escrito, propone la utilización de un modelo lineal donde busca que los pesos que le competen a cada ítem sean óptimos, así mismo en su trabajo plantea la analogía con las herramientas de clasificación AHP y Uso Anual

⁷⁶Ibíd. p 345.

⁷⁷ FLORES y WHYBARK. Op.cit., 38-46 p.

⁷⁸ PARTOVI, Fariborz y ANANDARAJAN, Murugan. *Classifying Inventory using an artificial Neural Network*. *Computers & Industrial Engineering*. [En línea], 2002, p 390. Disponible en < www.sciencedirect.com >.

⁷⁹ RAMANATHAN, Ramakrishnan. *ABC Inventory Classification With Multiple-Criteria Using Weighted Linear Optimization*. *Computers & Operation Research*. [En línea], 2006 p 696. Disponible en <<http://www.sciencedirect.com>>.

⁸⁰Ibíd. p. 695-700.

del Dinero (costo promedio por demanda), donde llega a la conclusión que para la base de datos de estudio las herramientas coinciden en un 40% de la clasificación de los ítems, planteando que las diferencias se pueden presentar por procedimientos implícitos de los métodos, como definir unos pesos a los criterios de manera subjetiva y trabajar con un solo criterio para la clasificación de los ítems.

Lung Ng⁸¹, en su artículo “A simple classifier for multiple criteria ABC analysis”, presenta un modelo sencillo para clasificación ABC de múltiples criterios, el modelo convierte a una base comparable todas las medidas de los j criterios de un ítem de inventario i en una escala de 0 a 1 (valor transformado), por medio de la siguiente fórmula:

Ecuación 5. Normalización o Transformación de datos

$$\frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,I} \{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,I} \{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,I} \{y_{ij}\}}$$

y_{ij} es el valor transformado del criterio j del ítem i .

Después, se jerarquizan los criterios en orden descendente de tal manera que $w_{i1} \geq w_{i2} \geq \dots \geq w_{ij}$, requiriendo cierta subjetividad de la persona que aplicará el modelo, además, los pesos tienen restricción de no negatividad.

El siguiente es el modelo inicial de programación lineal:

Ecuación 6. Modelo Programación Lineal Lung-Ng

$$\begin{aligned} \max \quad & S_i = \sum_{j=1}^J w_{ij} y_{ij} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^J w_{ij} = 1, \\ & w_{ij} - w_{i(j+1)} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, (J-1), \\ & w_{ij} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, J \end{aligned}$$

Este modelo puede ser resuelto por medio de un programa de optimización, el autor lo simplifica llegando a los siguientes pasos fáciles de aplicar para cualquier persona que tenga pocos conocimientos en programación lineal:

⁸¹LUNG NG, Wan. Op. cit. 344-353 p.

Paso 1: Calcular los promedios parciales (P1, P2, P3,...Pj) por medio de la siguiente fórmula:

Ecuación 7. Promedios Parciales Lung-Ng

$$\frac{1}{j} \sum_{k=1}^j x_{ik}, \quad j = 1, 2, \dots, J.$$

Donde: j , es el número de criterios.
 i , es el ítem.
 k , es la posición de los promedios parciales.

Paso 2: Comparar y localizar el máximo entre los promedios parciales (P1, P2, P3, ...Pj). El valor máximo correspondiente es el puntaje S_i del ítem i .

Paso 3: Ordenar los puntajes S_i en orden descendente.

Paso 4: Agrupar los ítems de inventario por el principio del análisis ABC.

Este modelo es conocido como el modelo-Ng.

Hadi⁸², realiza una mejora al modelo-Ng, argumentando que el modelo “conduce a una situación donde la puntuación de cada ítem es independiente de los pesos obtenidos del modelo. Es decir, que los pesos no tienen ningún rol para determinar la puntuación total de cada ítem”⁸³. Asegurando que esto conlleva a una clasificación inadecuada de los ítems.

El modelo de programación no lineal propuesto es el siguiente:

Ecuación 8. Modelo Programación No Lineal Hadi

$$\begin{aligned} \max \quad & S_i = \sum_{j=1}^J s_{ij} w_j, \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^J w_j^2 = 1, \\ & w_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, J, \end{aligned}$$

Donde: s_{ij} , es el valor transformado del ítem i con respecto al criterio j .

⁸²HADI-VCHEH, A. *An improvement to multiple criteria ABC inventory classification*. *European Journal of Operational Research*. [En línea], 2010, p 962-965. Disponible en <<http://www.sciencedirect.com>>.

⁸³Ibíd., p 962.

J , es el número de criterios.

i , es el ítem.

w_j , es el peso del criterio j .

El modelo tiene en cuenta que en los ítems algunos criterios dominan más que otros y por esto les asigna un mayor peso.

5.1.3 Lean Thinking: El *Lean Manufacturing* o *Lean Production* comenzó a escucharse en 1990 con el libro “*The Machine That Change de World*” de los autores James P. Womack y Daniel T. Jones. Este libro consiste en un estudio de Benchmarking donde sus autores enseñan al mundo que hay una mejor manera de organizar sus empresas para ser más competitivas, dejando a un lado el sistema de producción en masa y transformándose a un sistema *Lean*, nombrado como tal, porque se hace más con menos. Después de la segunda guerra mundial Toyota estructuro su sistema de producción el cual se denominó TPS (Toyota Production System) y en el occidente se empezó a llamar *Lean Manufacturing*.

La aceptación del libro generó muchas dudas a nivel mundial sobre la transformación o implementación de un sistema de producción *Lean*, y la falta de literatura que resolviera estas preguntas creo la necesidad de mostrar al mundo como las más grandes empresas de talla internacional llegaron a realizar este cambio. Como respuesta a esta necesidad Womack y Jones escribieron el libro “*Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your corporation*” que contiene los principios del pensamiento *Lean* (*Lean Thinking*), algunos casos exitosos, un plan de acción o pasos secuenciales para empezar la implementación y las categorías de desperdicios en el pensamiento *Lean*, enseñados a continuación.

5.1.3.1 Categorías de desperdicios⁸⁴.

- **Sobreproducción**, es el más significativo de los desperdicios y causa todos los otros, consiste en producir más, más rápido o antes que sea necesitado por el proceso siguiente.
- **Inventario innecesario**, es inventario de materia prima, producto en proceso y producto terminado que no requieren los clientes aguas abajo.
- **Transporte**, mover materiales en las instalaciones de un proceso a otro. Los productos deben ser movidos de un área a otra mientras se conviertan a un estado más completo y en la menor distancia posible.
- **Procesos**, los desperdicios de los procesos pueden ser: métodos de trabajo mal diseñados que generan inconformidad en las personas que los realizan, reprocesamiento de piezas, redundancia de operaciones.

⁸⁴ CARREIRA, Bill, The What. Chapter 8. Waste. Op. Cit. p. 53- 65.

- **Rechazos**, consiste en la fabricación de un producto que en un punto determinado del flujo no cumple con las especificaciones, generando paros y acumulando sobrecostos de materiales y de mano de obra.
- **Esperas**, cuando un proceso u operación tiene que esperar materiales, personas, o que otras operaciones se realicen para poder procesar el producto.
- **Movimientos innecesarios**, se refiere a las personas. Consiste en la repetitividad de movimientos para recoger piezas o transportar elementos a distancias muy largas que se pueden reorganizar más cerca.

5.1.3.2 Principios *Lean*⁸⁵.

a) Especificar valor, este puede ser definido por el consumidor y es significativo cuando está expresado en términos de un producto específico (un bien o un servicio o ambos) que cumple con las necesidades del cliente a un precio en un tiempo determinado.

Hay tres tipos de actividades de valor: 1) valor agregado, son las actividades que transforman el producto (tangible o intangible), desde el punto de vista del cliente a un estado más completo, el producto cambia físicamente y el valor para el cliente se incrementa, también se puede definir como una actividad por la que el cliente está dispuesto a pagar, 2) no agregan valor, son actividades que consumen tiempo, materiales y/o espacio (infraestructura), aun así no avanza físicamente el producto o incrementan su valor, y el cliente no está dispuesto a pagar por ellas, estas son tomadas como desperdicios, 3) actividades requeridas que no agregan valor, estas no cambian físicamente el producto, pero son necesarias para el desarrollo del proceso.

b) Identificar el flujo de valor*, se debe identificar el flujo de valor a través de las tres tareas críticas de gestión de cualquier negocio:

1) Tarea de solución de problemas que se inicia en la concepción, sigue en diseño detallado e ingeniería, hasta su lanzamiento a la producción.

2) La tarea de gestión de la información que va desde la recepción del pedido a la entrega, a través de una programación detallada.

⁸⁵ WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. Part I. Lean Principles. En: *Lean Thinking, Banish waste and create wealth in your corporation*. 1 ed. New York: Simon & Schuster, 1996. p 15-90.

* La diferencia entre cadena de valor y flujo de valor es que este último se aplica a todo el conjunto de actividades desde la materia prima hasta finalizar un producto específico y se busca optimizar el todo desde el punto de vista del cliente final, mientras que la cadena de valor como normalmente se le conoce, totaliza las actividades como producción, ventas y mercadeo para un rango de productos y se pregunta en que es lo que una empresa puede hacer para maximizar sus utilidades y como fomentar las actividades desarrolladas por otras empresas aguas arriba y aguas abajo para obtener la mejor ventaja competitiva.

3) la tarea de transformación física, con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto acabado en manos del consumidor. Identificar el flujo de valor es un paso que es poco probado pero que expone enormes cantidades de *Muda*.

c) Flujo, implica una secuencia perfecta de actividades durante todo el proceso, sin paradas, sin interrupciones, sin desconexiones o devoluciones entre los procesos. El flujo continuo se logra realizando pequeños lotes de producción, mejorando los tiempos de cambios de preparación de las máquinas y obteniendo una mayor diferenciación de productos. Una forma de lograr el flujo continuo es por medio del *Takt Time* que sincroniza la tasa de producción con la tasa de ventas al cliente.

d) Halar (*Pull*), consiste en tener la habilidad de diseñar, programar, y hacer exactamente lo que el cliente quiere y solo cuando el cliente lo quiera, es decir que el proceso aguas arriba no debe producir un bien o servicio si el proceso cliente no lo ha solicitado.

e) Perfección, consiste en el mejoramiento continuo de los procesos y productos de la organización.

5.1.3.3 Pasos para la transformación a un sistema *Lean*⁸⁶: a continuación se enumeran los pasos:

a) Encontrar un agente de cambio, es una persona dentro de la empresa encargada de la implementación del sistema. No es necesario que tenga conocimientos sobre el tema pero debe conocer bien la empresa, tener muchas ganas de dedicarse a la implementación y ser una persona que tenga empatía con la gente, que sea un líder.

b) Adquirir el conocimiento, consiste en conseguir un experto en el tema que enseñe a los trabajadores las ventajas para empresa sobre el pensamiento *Lean* y que sea un guía para el agente de cambio.

c) Encontrar una palanca aprovechando una crisis o creándola, la organización debe aprovechar una crisis en la empresa y tomar una subunidad de la organización y enfocar todos sus esfuerzos en la aplicación de las herramientas *Lean*. Idealmente, la subunidad debe ser una unidad de negocio y tener un conjunto de familias de productos; también puede ser una sola planta, un grupo de desarrollo de productos, una línea de producción en una planta o un equipo de desarrollo de productos para un producto específico.

⁸⁶ Ibid, Chapter 11: An action plan. p 247-275.

d) Mapear los flujos de valor, una vez obtenido el liderazgo, el conocimiento y el sentido de urgencia, es hora de identificar los flujos de valor actuales y mapearlos (actividad por actividad y paso por paso) por familias de productos. Se debe observar el flujo de valor completo para productos individuales y brindar más importancia a la identificación de las necesidades del cliente, más que a los intereses propios de la organización (en el Capítulo 4.1.3.4 se profundiza sobre el mapeo del flujo de valor).

e) Comenzar lo más pronto posible con una actividad importante y visible, se debe involucrar a un grupo directo de trabajo, los directivos de todos los niveles de la organización, el experto en el tema y el agente de cambio. Es preferible empezar con una actividad física de producción para que el cambio sea más fácil de ver para todas las personas.

f) Demandar resultados inmediatos, las personas deben tener acceso a ver cómo están cambiando las cosas en frente de sus ojos.

g) Tan pronto llegue el momento, expandir el alcance, cuando la primera ronda de mejoras este realizándose es tiempo de encadenar las diferentes partes del flujo de valor de las familias de productos.

5.1.3.4 Value Stream Mapping (VSM), es una herramienta *Lean* que consiste en mapear todas las actividades o acciones necesarias para llevar un producto a las manos del cliente, su objetivo es dar una perspectiva amplia de las actividades presentes en el flujo de valor de los productos, identificando fuentes de desperdicios y buscando mejorar el todo y no solo las partes, por medio de la eliminación de los desperdicios encontrados en el flujo de valor. Las etapas del VSM se presentan a continuación⁸⁷:

1. Iniciar, antes de realizar el *Value Stream Mapping* Inicial (Mapeo Inicial del Flujo de Valor) se debe conocer los conceptos de flujo de valor de materiales e información, concepto de familia de productos, seleccionar una familia de productos y seleccionar una persona responsable de todo el flujo de valor.

2. Mapear el flujo de valor actual, comenzar en el nivel puerta a puerta desde el proceso donde se finaliza o almacena el producto terminado hasta el inicio del proceso de producción sin llegar al nivel de detalle de las operaciones, ya que este se realizará una vez obtenido el mapa general del flujo. Luego se empieza a obtener información de cada proceso como el tiempo de ciclo, número de trabajadores por proceso, tiempo de cambio de formato de la máquina, demanda de la familia de productos, tiempos de entrega al cliente, tiempos de entrega de los proveedores principales, turnos, lotes de transferencia entre procesos, lotes de

⁸⁷ : ROTHER, Mike y SHOOK, John . Op. Cit. 120 p.

producción, lotes de entrega de los proveedores, cómo se conectan los procesos identificando los flujos de materiales y de información, unidades en inventario entre procesos, tiempos de descanso, tiempo disponible para procesamiento, entre otras, para realizar el mapa del flujo de valor del VSM Inicial.

3. ¿Qué hace un flujo de valor *Lean*?, en esta etapa del desarrollo del VSM se identifican los desperdicios encontrados en el flujo de valor inicial. La sobreproducción es conocida como la principal fuente de desperdicio y el generador de los otros desperdicios, puesto que el sistema de producción *Push* hace que los procesos funcionen como islas desoladas, sin comunicación alguna, generando inventarios entre los procesos y más desperdicios. Lo que busca el *Lean Manufacturing* es hacer que cada proceso haga solo lo que el siguiente necesite, se trata de encadenar los procesos desde el consumidor final hasta la materia prima, por medio de sistemas e indicadores, como el *Takt Time*, supermercados, *kanban*, nivelación de la mezcla de producción y nivelación del volumen de producción.

4. Mapear el flujo de valor futuro, teniendo en cuenta los desperdicios encontrados en el mapeo del flujo de valor inicial, se realiza un VSM futuro con el objetivo que los procesos de la empresa sean encadenados con el cliente por un flujo continuo o sistemas *Pull*. Cada proceso debe llegar a producir lo más cerca posible la necesidad del cliente, en el tiempo que lo necesite; esto se realiza determinando el *Takt Time* de la familia seleccionada.

5. Lograr el VSM futuro, el VSM es una herramienta que permite identificar puntos de mejora en el flujo de valor en un momento determinado, que se ilustran en el estado futuro. Teniendo en cuenta que en la mayoría de las ocasiones son muchos los cambios que se deben realizar al flujo de valor, la implementación del VSM futuro se divide en etapas, es decir en bucles o segmentos, que consisten en un proceso y un supermercado aguas abajo. Cada bucle o segmento debe tener metas, objetivos y responsables para plasmar esta información en un plan de implementación con fechas definidas para cada actividad.

5.1.4 Simulación de sistemas, la definición de simulación en el transcurso de la historia ha tenido muchos cambios y puntos de vista respecto a lo que puede significar. El profesor Robert E. Shannon⁸⁸ plantea que la simulación, es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema y conducir experimentos en el modelo con el propósito de entender su comportamiento, evaluando varias estrategias con las cuales se pueda operar.

⁸⁸ SHANNON, Robert E. La Simulación de los Sistemas: El Arte y Ciencia, los Precipicios de Englewood. N.J.: PRENTICE-HALL, 1975.p.15. Citado en: REALPE, Oscar y CASTILLO, Jorge. Modelo Para El Dimensionamiento De Un Mesa De Ayuda Basado En Simulación Para Una Empresa Prestadora De Servicio De Soporte Técnico En Infraestructura De Tecnologías De Información. Pregrado. Colombia. Universidad del Valle. 2010. 134.

Por otra parte, se define sistema como el conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo⁸⁹, con el fin de lograr un fin común.

De esta manera, un sistema de producción o de operaciones es un conjunto de personas, máquinas, materiales, conocimientos, capital y servicios que interactúan para lograr un objetivo básico; por ejemplo la producción de un bien o servicio.

Una característica única para la simulación es el hecho de que puede ser utilizada en casi cualquier aplicación operativa⁹⁰.

Simulación es la imitación de un sistema dinámico utilizando un modelo informático para evaluar y mejorar su rendimiento⁹¹, requiere de una comprensión profunda de su comportamiento, definir cómo funcionan en tiempo real las diferentes operaciones, recursos, materiales, el efecto de la información entre sí tiene que ser conocido. Es aconsejable conocer el sistema o el problema interno que participará en el proceso de simulación⁹².

Hay diferentes paquetes de simulación en el mercado como Crystall Ball, Arena, SIMUL8, diversos autores como García, García y Cárdenas⁹³ comentan que “ProModel es uno de los paquetes de software comercial para simulación más usados en el mercado. Cuenta con herramientas de análisis y diseño que, unidas a la animación de los modelos bajo estudio, permiten al analista conocer mejor el problema y alcanzar resultados más confiables respecto de las decisiones a tomar. Básicamente este producto se enfoca a procesos de fabricación de uno o varios productos, líneas de ensamble y de transformación, entre otros.”

Ventajas y desventajas del software ProModel y proceso de simulación⁹⁴:

- Es muy buena herramienta para conocer el impacto de los cambios en los procesos sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad.
- Mejora el conocimiento del proceso actual al permitir que el analista vea cómo se comporta el modelo generado bajo diferentes escenarios.

⁸⁹ GARCÍA, Eduardo; GARCÍA, Heriberto y CÁRDENAS, Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. México D.F.: Pearson Educación, 2006. p.3.

⁹⁰ SCULLIN, M. E. *Integrating Value Stream Mapping and Simulation*. Magister en Ciencias. Brigham. Brigham Young University. School of Technology. 2005. p 24.

⁹¹ GHOSH, Harrell y BOWDEN. *Simulation Using ProModel Second Edition*. New York, NY: McGraw-Hill Companies, Inc, 1-680. 2004 Citado por: SCULLIN, M. E. *Integrating Value Stream Mapping and Simulation*. Magister en Ciencias. Brigham. Brigham Young University. School of Technology. 2005. 97 p.

⁹² SCULLIN, M. E. Op. Cit. p 24.

⁹³ GARCÍA Dunna E, GARCÍA Reyes H, CARDENAS Barrón L.E. Subcapítulo 1.3. Ventajas y Desventajas de la Simulación. Op. Cit. p 132

⁹⁴ Ibid. p 7.

- Puede utilizarse como medio de capacitación para la toma de decisiones.
- Es más económico realizar un estudio de simulación que hacer muchos cambios en los procesos reales.
- Permite probar varios escenarios en busca de las mejores condiciones de trabajo de los procesos que se simulan.
- En problemas de gran complejidad, la simulación permite generar una buena solución.
- Este software tiende a ser sencillo de comprender y manejar, lo que facilita su aplicación.
- Gracias a las herramientas de animación que forman parte de muchos de esos paquetes es posible ver cómo se comportará un proceso una vez mejorado.
- Aunque muchos paquetes de software permiten obtener el mejor escenario a partir de una combinación de variaciones posibles, la simulación no es una herramienta de optimización.
- La simulación puede ser costosa cuando se quiere emplear en problemas relativamente sencillos de resolver, en lugar de utilizar soluciones analíticas que se han desarrollado de manera específica para ese tipo de casos.
- Se requiere bastante tiempo – generalmente meses – para realizar un buen estudio de simulación; por desgracia no todos los analistas tienen la disposición (o la oportunidad) de esperar ese tiempo para obtener una respuesta.

5.1.4.1 Etapas de una simulación: para realizar una simulación se identifica primero el producto o servicio que se va a simular. La decisión de simular un proceso se toma cuando es necesario diseñar un nuevo sistema o modificar el existente para mejorarlo, se necesita de un minucioso análisis de los resultados obtenidos, buena comunicación y habilidades de ingeniería para visualizar las interrelaciones del sistema. Blanco y Fajardo⁹⁵ plantean que el éxito depende de la planeación, conocimiento y comprensión de los requerimientos del sistema. A continuación se presentan las etapas del proceso de simulación⁹⁶:

a) Elaborar un plan de estudio, muchos proyectos de simulación fallan debido a la deficiente definición de sus objetivos, que crea falsas expectativas del proyecto

⁹⁵ BLANCO. R. Luis E. y FAJARDO. P, Ivan D. Simulación con ProModel. Casos de producción y Logística. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2da ed. Colombia. 2003. p 8.

⁹⁶ Ibíd. p 8.

o no explica de forma correcta los requerimientos. La planeación de la simulación involucra las siguientes tareas:

Definir objetivos: Tener claros los objetivos que se persiguen. Es importante saber hasta dónde se quiere llegar con la simulación del sistema, por lo tanto el objetivo debe ser claro y conciso.

Identificar limitaciones o restricciones: Las principales limitaciones están relacionadas con los recursos económicos que se dispongan durante el proyecto, el tiempo con que se cuenta para realizar la simulación y una de las más importantes, poseer la información del sistema que se pretende simular.

Conocer las especificaciones: Se deben tener las limitaciones y conocer los requerimientos de la simulación. La definición de las especificaciones es esencial para el proyecto, desde el punto de vista de tiempo y costo.

Desarrollar la planeación y definir resultados: La forma de presentación de los resultados es trascendental, debido a que éstos son la razón principal de la simulación. Obtener resultados que ayuden a tomar decisiones y que sean confiables, puede involucrar una gran cantidad de esfuerzo y tiempo.

b) Definir el sistema: El primer paso para definir el sistema es comprender y entender el proceso que se desea simular, esto permite determinar en dónde se va a recolectar la información, quién la suministrará, las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro de éste y sus interrelaciones, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.

c) Formulación del modelo: Una vez que están definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, el siguiente paso es definir y construir el modelo con el que se obtienen los resultados deseados, es necesario dimensionar el proceso y el alcance que tendrá la simulación. En la formulación del modelo es necesario definir todas sus variables, relaciones lógicas y los diagramas de flujo. El modelo se deberá ajustar progresivamente, por lo que se le podrán hacer mejoras en el proceso, tiempos, en las actualizaciones de los datos, entre otros.

Recolección y análisis de los datos: Es posible que la facilidad de obtención de algunos datos o la dificultad de conseguir otros, pueda influenciar el desarrollo y formulación del modelo. Por consiguiente, es muy importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados. La información se puede obtener de fuentes como las siguientes:

➤ Los diagramas de proceso.

- Los estudios de tiempos.
- Los planos de la planta.
- Los diagramas de flujo.
- Los históricos de ventas.
- Reportes históricos o en otro tipo de formato.
- Registros contables.
- Órdenes de trabajo.
- Opiniones de expertos.
- Experimentación.

El análisis de los datos es necesario para asociar una distribución de probabilidad a una variable aleatoria, así como las pruebas de Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov y Anderson y Darling, que se deben aplicar de acuerdo a los datos obtenidos, como se enseña a continuación:

Prueba Chi-cuadrado⁹⁷:

Es una prueba de hipótesis a partir de datos, basada en el cálculo del estadístico de prueba, suele compararse con un valor conocido como valor crítico, que se obtiene generalmente de tablas estadísticas. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener al menos 30 datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y varianza de los datos.

Ecuación 9. Media y Varianza.

$$Media = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \qquad Varianza = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

3. Crear un histograma de $m = \sqrt{n}$ intervalos, y obtener la frecuencia observada en cada intervalo O_j .
4. Establecer explícitamente la hipótesis nula (H_0), proponiendo una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma.

H_0 : La variable tiene distribución X con parámetros Y

⁹⁷ GARCÍA, Eduardo; GARCÍA, Heriberto y CÁRDENAS, Leopoldo. Op. Cit. p 34.

H_1 : La variable no tiene la distribución X

5. Calcular la frecuencia esperada E_j , a partir de la función de probabilidad propuesta.
6. Calcular el estadístico de prueba:

Ecuación 10. Estadístico de Prueba Chi-Cuadrado.

$$C = \sum_{j=1}^m \frac{(E_j - O_j)^2}{E_j}$$

7. Definir el nivel de significancia de la prueba α , y determinar el valor crítico de la prueba $\chi^2_{\alpha, m-k-1}$, (k es el número de parámetros estimados en la distribución propuesta).
8. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov⁹⁸

Desarrollada en la década de los treinta del siglo XX, esta prueba permite al igual que la prueba Chi-cuadrada determinar la distribución de probabilidad de una serie de datos. Una limitante de la prueba de Kolmogorov-Smirnov consiste en que solamente se puede aplicar al análisis de variables continuas. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener al menos 30 datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y la varianza de los datos.
3. Crear un histograma de $m = \sqrt{n}$ intervalos, y obtener la frecuencia observada en cada intervalo O_j
4. Calcular la probabilidad observada en cada intervalo $PO_j = \frac{O_j}{n}$, esto es, dividir la frecuencia observada O_j entre el número total de datos, n .
5. Acumular las probabilidades PO_j para obtener la probabilidad observada hasta el i -ésimo intervalo POA_j

⁹⁸ Ibíd. p 35.

6. Establecer explícitamente la hipótesis nula (H_0), proponiendo una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma.
7. Calcular la probabilidad esperada acumulada para cada intervalo PEA_j a partir de la función de probabilidad propuesta.
8. Calcular el estadístico de prueba:

Ecuación 11. Estadístico de Prueba Kolmogorov-Smirnov

$$C = \text{Max}|PEA_j - POA_j| \quad j = 1, 2, 3, 4, \dots, k \dots m$$

9. Definir el nivel de significancia de la prueba α , y determinar el valor crítico de la prueba, $D_{\alpha, n}$, (consultar la tabla de valores críticos de la prueba de Kolmogorov-Smirnov).
10. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

Prueba de Anderson-Darling⁹⁹

Dada a conocer en 1954, esta prueba tiene como propósito corroborar si una muestra de variables aleatorias proviene de una población con una distribución de probabilidad específica. En realidad se trata de una modificación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, aunque tiene la virtud de detectar las discrepancias en los extremos de las distribuciones. La principal desventaja de la prueba de Anderson-Darling estriba en que es necesario calcular los valores críticos para cada distribución. Actualmente es posible encontrar tablas de valores críticos para las distribuciones Normal, Log normal, Exponencial, Log-logística, Weibull y Valor extremo tipo I. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener n datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y la varianza de los datos.
3. Organizar los datos en forma ascendente: Y_i donde $i=1, 2, \dots, n$.
4. Ordenar los datos en forma descendente: Y_{n+1-i} donde $i=1, 2, \dots, n$.
5. Establecer explícitamente la hipótesis nula (H_0), proponiendo una distribución de probabilidad.

⁹⁹ Ibid. p 62.

6. Calcular la probabilidad esperada acumulada para cada número Y_i , $PEA(Y_i)$, y la probabilidad esperada acumulada para cada número, $PEA(Y_{n+1-i})$ a partir de la función de probabilidad propuesta.
7. Calcular el estadístico de prueba:

Ecuación 12. Estadístico de Prueba Anderson -Darling

$$A_n^2 = - \left[n + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i - 1) [1nPEA(y_i) + 1n(1 - PEA(Y_{n+1-i}))] \right]$$

8. Ajustar el estadístico de prueba de acuerdo con la distribución de probabilidad propuesta.
9. Definir el nivel de significancia de la prueba α , y determinar su valor crítico, $\alpha_{\alpha,n}$
10. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

Generación del modelo preliminar: En esta etapa se integra con un software determinado, la información obtenida a partir del análisis de los datos, los supuestos del modelo y todos los datos que se requieran para tener un modelo lo más cercano posible a la realidad del problema bajo estudio.

d) Ejecutar experimentos: Cuando ya se tiene el modelo, es importante ejecutarlo varias veces, cambiándole las condiciones para cerciorarse que el modelo representa la realidad y no únicamente una situación puntual. Todo modelo debe contemplar la variabilidad del proceso y ésta se debe estudiar con precisión.

Para ejecutar varios experimentos es necesario definir el tiempo que durará la simulación, el número de réplicas por ejecutar y tener claro el objetivo y la precisión de los resultados de la simulación, esto se realiza de acuerdo al tipo de simulación que se tenga.

Existen dos tipos de simulaciones:

➤ **Terminales**¹⁰⁰, modelos en los cuales el proceso está definido en el tiempo. El comienzo y el final están perfectamente determinados por un estado o por un número. Por ejemplo, a una ceramista le encargan 30 figuras. Como el modelo tiene un final determinado, se detendrá cuando haya realizado las 30 figuras.

¹⁰⁰ Ibid. p 106.

También se presenta en los casos donde se desea conocer el tiempo que llevará procesar un lote de 100 unidades, el tiempo requerido para vender 1000 periódicos o el número de clientes que se atienden en una cafetería entre las 8:00 y 9:00am.

El análisis estadístico recomendado para este tipo de simulación involucra la utilización de intervalos de confianza y la determinación de la distribución de probabilidad de la variable de salida, de acuerdo a la siguiente fórmula¹⁰¹:

Ecuación 13. Intervalo de Confianza Simulaciones Terminales

$$IC = \left[\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{r \alpha/2}}, \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{r \alpha/2}} \right]$$

Donde:

IC: intervalo de confianza.

r = Número de réplicas

α = Nivel de rechazo

y la media de la demanda ($\bar{x}$) y la desviación estándar (s) se obtienen de la siguiente ecuación:

Ecuación 14. Media y Desviación Estándar Simulaciones Terminales

$$\bar{x} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r x_i \quad s = \left(\frac{1}{r-1} \sum_{i=1}^r (x_i - \bar{x})^2 \right)^{1/2}$$

Donde:

x_i = la demanda en un periodo.

➤ **No terminales**,¹⁰² a diferencia del modelo anteriormente planteado, la simulación no terminal o de estado estable no involucra una ocurrencia en el tiempo en que se tengan que finalizar. Por ejemplo: Si deseamos conocer el número de máquinas que deben instalarse en un sistema de producción cuya

¹⁰¹ Ibid.p.107.

¹⁰² Ibid. p 109.

operación tiene que mantenerse activa continuamente durante todo el año, podríamos modelar el sistema hasta que la variable de interés llega a un estado estable. En este caso surge la necesidad de determinar la longitud de corrida para asegurar la estabilización de los resultados del modelo¹⁰³.

Validación del modelo, una de las principales etapas en un estudio de simulación es la validación. Esta etapa tiene como objetivo determinar la habilidad que tiene un modelo para representar el sistema real. El proceso de validación consiste en realizar una serie de pruebas en el modelo, utilizando información de entrada del modelo (datos reales), para observar su comportamiento y analizar sus resultados. También existen otras formas de validar un modelo de simulación como lo son¹⁰⁴:

- La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
- La exactitud con que se predican datos históricos.
- La exactitud en la predicción del futuro.
- La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
- La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que genere el experimento de simulación.
- Lograr que el modelo muestre cómo funciona el sistema modelado.

e) Reportar los resultados, para finalizar, es necesario realizar un reporte con los resultados. La presentación de resultados es, muchas veces, tan importante como la información que contiene los reportes; por eso es necesario hacer un informe conciso, que utilice el mayor número de gráficos, debido a que éstos explican más que un simple número. Los resultados deben presentarse en términos fáciles de comprender y evaluar, y en ellos han de proponerse recomendaciones y conclusiones acerca del sistema, basadas en los resultados de la simulación.

En el modelo es muy importante documentar aspectos como los siguientes:

- De qué manera se construyó.
- De dónde se obtuvo la información.
- Cómo almacenar la información original.
- Documentar las rutinas del programa.
- Identificar variables y atributos utilizados.
- Identificar a las personas que realizaron la simulación.

¹⁰³ GARCÍA, Eduardo; GARCÍA, Heriberto y CÁRDENAS, Leopoldo. Op. Cit 105-126.

¹⁰⁴ COSS BU Raúl. Simulación: Un enfoque práctico. México D.F; Limusa, S.A. 2003. p 13.

- Establecer la fecha de la simulación.

5.2 MARCO DE ANTECEDENTES

5.2.1 Análisis ABC.

Hadi-Vencheh (2010) en su artículo *“An improvement to multiple criteria ABC inventory classification”* presenta una extensión del modelo-Ng. El modelo presentado de programación no lineal, determina un conjunto de pesos para todos los ítems. Este modelo no solo incorpora múltiples criterios para el Análisis ABC sino que también mantiene el efecto de los pesos en la solución final. Por último, se compara la solución con el Modelo-Ng y el Modelo-ZF y llega a la conclusión que el modelo propuesto puede proveer una clasificación más razonable ya que tiene en cuenta los pesos de cada criterio de cada ítem.

Lung Ng (2007) en su artículo *“A simple classifier for multiple criteria ABC analysis”* proponen un modelo simple para Análisis ABC Multi-criterio de inventarios, donde el modelo convierte todas las medidas de los criterios en una escala de puntuación, para ser aplicado se escogen los diferentes criterios y se organizan en orden de importancia, luego se formula un modelo de ponderación lineal, simplificado a un algoritmo donde se obtienen promedios parciales de los criterios para dar una calificación al producto, este modelo es de fácil uso para administradores que tienen poco conocimiento en programación lineal. Es conocido como el modelo-Ng.

Zhou y Fan (2007), en su artículo *“A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization”* presentan una versión extendida del modelo-R (Ramanathan, 2006). Argumentan que en el modelo-R se puede dar la situación donde un ítem con un alto valor de un criterio de poca importancia, es inapropiadamente clasificado como tipo A. Comparan los resultados de los dos modelos, llegando a la conclusión de que la extensión de su modelo provee una clasificación más razonable para un Análisis ABC Multi-criterio en comparación al modelo-R. Este modelo es conocido como el modelo-ZF.

Ramanathan (2006) en su publicación *“ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization”* propone un esquema de clasificación usando optimización lineal ponderada, donde se comparan los resultados de este modelo con el clásico Análisis ABC (Mono-criterio) y el *Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Este modelo es conocido como el modelo-R.

Flores y Whybark (1985), en su publicación *“Multiple criteria ABC analysis”* presentan una extensión del clásico Análisis ABC, argumentando un producto o artículo no solo tiene un criterio para clasificarlo y tomar decisiones si no que puede tener múltiples. Por lo tanto, aplican el concepto *“The Joint Criteria Matrix”*

donde en una matriz clasifican los artículos en ABC con base en los dos criterios escogidos y después son reclasificados en AA, BB y CC, con diferentes enfoques como programación lineal o procedimientos heurísticos. *The Joint Criteria Matrix* permite tener en cuenta dos criterios para realizar la clasificación y acogió el termino Análisis ABC Bi-criterio.

5.2.2 Tecnología de grupos

Bonin y Rey (2008), en “Sistemas Integrados de Fabricación”, proponen herramientas para formación de celdas de manufactura, donde presentan que se puede formar desde un panorama visual, por clasificación y codificación de las piezas ó por el análisis del flujo de producción. Bonin y Rey, en el desarrollo de su escrito se centran en la metodología del análisis del flujo de producción, ilustrando la herramienta de los Gráficos PFA (Production Flow Analysis) quienes con su elaboración permiten la formación de las familias.

Honmo y Goto (2006), en “*An Optimized Design Method for Product Families Taking Into Account Their Modularity*” proponen un método de diseño para familias de productos tomando en cuenta su modularidad, donde formulan varias propuestas que son comunes o similares en varios productos, introduciendo un índice de optimalidad.

Kusiak Adrew (2002), en “Integrated product and process design: a modularity perspective” propone la integración de los productos, procesos y recursos en el momento de diseñar grupos de fabricación. Kusiak propone un algoritmo modular (software) donde se ingresar la información de relación de las tres variables mencionadas, (productos, procesos y recursos) y se generan grupos de fabricación que permite a las industrias ampliar la variedad de productos a un bajo costo, módulos de diseño de productos flexibles que se adaptan a los cambios del mercado, quien a su vez cita ejemplos de compañías exitosas en la aplicación de este tipo de tecnología, como lo es el caso de SONY y BOEING 777.

López Eduardo O, en su libro “Sistemas Celulares de Producción”, busca mostrar las ideas fundamentales de la manufactura celular, los conceptos y aplicabilidad para el mejoramiento de la competitividad en las empresas, además describe los métodos que se encuentran en la literatura y da referencias bibliográficas donde se pueda encontrar sobre este tema.

5.2.3 Lean Manufacturing, Value Stream Mapping y Simulación.

Arrieta, Botero y Romano (2010), en “*Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)* en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia” realizan un estudio de *benchmarking* a 30 empresas del sector de confección de la ciudad de Medellín sobre el grado de implementación de *Lean Manufacturing* en los procesos productivos. Por medio de un cuestionario, evalúan

cuatro tipos de indicadores *Lean* (piso de fábrica, personal de planta, diseño de producto, administración de la cadena de abastecimiento), comparando los resultados de estos con compañías catalogadas como de categoría mundial en la implementación de *Lean*. Llegan a la principal conclusión, que las empresas se encuentran por encima de un nivel mínimo aceptable, sin embargo, muy deficiente para ser comparadas con las compañías de categoría mundial y realizan sugerencias de implementación para fortalecer las empresas del sector.

Al-Aomar (2010), plantea en *“Handling multi-Lean measures with simulation and simulated annealing”* el estudio de tres medidas de *Lean Manufacturing*, Productividad, Tiempo de Ciclo e Inventario en Proceso, planteando los estados de estas medidas bajo la herramienta *Value Stream Mapping (VSM)* y generando resultados y conclusiones bajo la simulación de eventos discretos (*Discrete Event Simulation - DES*).

Grewal (2008), *“An initiative to implement Lean Manufacturing using Value Stream Mapping in a small company”* describe la implementación de *Value Stream Mapping (VSM)* en una pequeña empresa manufacturera como una iniciativa de mejoramiento *Lean Manufacturing*, logrando reducciones del 33,18% en el tiempo de ciclo, 81,5% en el tiempo de cambio de referencia, 81,4% en el *Lead Time* y 1,41% de reducción en el tiempo de valor agregado, encontrando que hasta en una pequeña empresa se pueden realizar mejoras adoptando *Value Stream Mapping*.

Ramesh, Sreenivasa y Srinivas (2008), en *“Implementation of a Lean Model for Carrying out Value Stream Mapping in a Manufacturing Industry”* realizan un estudio práctico en una industria manufacturera, específicamente en el centro de mecanizado, donde se dibuja el estado inicial del *Value Stream Mapping (VSM)*, identificando los desperdicios en el flujo de valor y llegando a la conclusión que algunos procesos se pueden llevar a cabo por subcontratistas. Presentan posibles reducciones del tiempo de preparación y del tiempo de ciclo que se puede obtener.

Manotas y Rivera (2007), en *“Lean Manufacturing Measurement: The Relationships Between Lean Activities And Lean Metrics”*, buscan integrar un conjunto de métricas propuestas por diversos autores, de tal manera que sean consistentes con las etapas y elementos de la implementación del *Lean Manufacturing*.

Abdulmalek y Rajgopal (2007) en *“Analyzing the benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via simulation: A process sector case study”*, aplican *VSM* y simulan con *System Modeling Corporation's Arena 5 Software* el estado actual y futuro de una fábrica de producción continua de acero, aplicando *TPM (Total Productive Maintenance)*, reducción del tiempo de preparación y modificando el sistema de producción de *Push* a un híbrido *Push-Pull* y muestran

beneficios como la reducción de casi el 70% del tiempo total de producción (*Lead Time*) y una reducción del *Work In Process (WIP)* en casi 90%.B

Barcia y De Loor, (2007) en “Metodología para Mejorar un Proceso de Ensamble Aplicando el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)” resalta la fortaleza de la herramienta *Value Stream Mapping* para detectar los problemas y desperdicios que se presentan en la cadena logística del proceso de ensamble de PC's, de manufactura) de *Lean Manufacturing* para eliminar dichos desperdicios y construyen un igual manera realiza una selección de técnicas (5S's, *Kanban* y celdas de *Value Stream Mapping* futuro para evidenciar la ejecución desarrollada. Esta implementación genera para la compañía logros del incremento del 100% de la capacidad productiva, reducción del 72,93% del tiempo de ciclo, disminución del 42,3% del tiempo de transformación, reducción del 37,92% en el plazo de entrega y la disminución del personal.

Sandoval y Vidal (2006), en “Implantación del método *Kanban* en una industria textil” implementaron el sistema *Kanban* en cinco células de manufactura de una empresa maquiladora de ropa deportiva. En este trabajo se toman como muestra 20 días de producción, donde hay acumulación de inventarios e incumplimiento de órdenes de entrega y se comparan con la aplicación de otros 20 días en los que se trabajó con el método *Kanban*. En este caso aumenta en 42,03% la productividad de la empresa y en 74,14% el cubrimiento de la demanda diaria, además de otros beneficios como reducción del nivel de defectuosos, el nivel de inventarios en proceso en las células y se adopta una actitud de trabajo en equipo por parte de los operarios.

Carreira (2005), presenta su libro “*Lean Manufacturing That Works: Powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits*”, el paso a paso para poner el *Lean Manufacturing* a funcionar para mejorar las empresas. Se divide en dos partes: el “*What*” donde se discute e ilustra las ideas y la lógica que se busca lograr adoptando una filosofía de operación *Lean*, la otra parte el “*How*”, ilustra algunas de las herramientas del pensamiento *Lean* y cómo ponerlas en funcionamiento, entre las que se encuentran *Value Stream Mapping (VSM)*, 5S's, *Setup Reduction* y *Total Productive Maintenance (TPM)*, explicando con ejemplos de la vida real.

Melton (2005) en “*The Benefits of Lean Manufacturing, What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*”, realiza una breve historia de *Lean*, explica los desperdicios y la manera de llegar a implementarlo, además de los beneficios típicos que se pueden tener como, reducción de desperdicios en los procesos, reducción del *Lead Time*, menos re-procesos, ahorros financieros, reducción del inventario e incremento del entendimiento de los procesos. Llega a la conclusión que el *Lean Thinking* puede ofrecer mejoras en el desempeño a lo largo de toda la cadena de suministros, soportados por el desempeño del negocio.

Scullin (2005), en su tesis de maestría, "*Integrating Value Stream Mapping and Simulation*" plantea como primera medida la implantación del pensamiento *Lean*, pero el foco de su estudio es la viabilidad de la integración entre las herramientas *Value Stream Mapping (VSM)* y la simulación, llegando a la conclusión que con la unión de estas dos metodologías se puede pasar de una perspectiva estática del sistema (*VSM*) a una dinámica (Simulación).

Rosentrater y Balamuralikrishna (2005), en "*Value Stream Mapping – A Tool for Engineering and Technology Education and Practice*" introduce a los educadores en ingeniería y tecnología al uso de herramientas de *Lean Manufacturing* como el *Value Stream Mapping (VSM)*, dada la importancia que han ganado los conceptos *Lean* y calidad en el escenario de la manufactura y los negocios.

Abdullah (2003), en "*Lean Manufacturing. Tools and techniques in the process industry with a focus on steel.*" realiza una aplicación de los conceptos de *Lean Manufacturing* en una empresa de producción continua con un enfoque en la industria del acero, donde aplica *Value Stream Mapping (VSM)* y simulación. Concluye que el *VSM* es una herramienta ideal para exponer el desperdicio en el flujo de valor de un producto y para la identificación de herramientas de mejora, además, por medio del modelo de simulación, llega a una reducción mayor al 65% en el *Lead Time* y de más del 89% en el inventario.

Sullivan, McDonald y Van Aken (2002), en el artículo "*Equipment Replacement Decisions and Lean Manufacturing*" utilizan *Lean Manufacturing* para las decisiones de cambios de equipos en la compañía y soportan la toma de decisiones, planteando estados iniciales y futuros bajo la herramienta *Value Stream Mapping (VSM)*.

Kalsaas (2002), realiza un estudio "*Value Stream Mapping. An Adequate Method for Going Lean?*", en una empresa subcontratista de la industria de automóviles, aplicando *Value Stream Mapping (VSM)* y analiza si esta herramienta es o no adecuada para empezar la implementación de *Lean Manufacturing*.

Lian y Landeghem (2002), en "*An Application of Simulation and Value Stream Mapping in Lean Manufacturing*" aplican *Value Stream Mapping* y Simulación obteniendo una reducción del 78% en el *Lead Time* y 77% en el *WIP (Work in Process)* al pasar de un sistema *Push* a un sistema *Pull* aplicando *Kanban* y células de manufactura.

Hines y Rich (1997), en "*The Seven Value Stream Mapping Tools*", explican la importancia del analizar el flujo de valor, basándose en que este se refiere solo a las partes específicas de las compañías que actualmente agregan valor a un producto o servicio específico y presentan las herramientas de análisis para el flujo de valor las cuales son: *Process Activity Mapping*, *Supply Chain Response Matrix*,

Production Variety Funnel, Quality Filter Mapping, Demand Amplification Mapping, Decision Point Analysis and Physical Structure.

Rother y Shook (1999), en su libro *“Learning to See. Value stream mapping to add value and eliminated muda”* presentan el *Value Stream Mapping (VSM)* como una herramienta que permite mapear el flujo de valor y muestran de qué forma puede enseñar a los administradores, ingenieros, programadores, proveedores, asociados a producción y los clientes cómo ver el valor, diferenciarlo del desperdicio y deshacerse del mismo. Explican la metodología para la aplicación de VSM, ilustran ejemplos de cómo aplicar la herramienta y por último, concluyen que es una herramienta esencial para analizar el flujo de los productos teniendo en cuenta un enfoque *Lean* y que se puede aplicar en cualquier tipo de sector.

Womack y Jones, presentan el libro *“Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your corporation”*, como un apoyo a las empresas que quisieran dar el paso de un sistema de producción en masa a un sistema de producción *Lean*, dado que a pesar que su libro anterior *“The Machine That Changed The World”* había tenido gran acogida a nivel mundial, las empresas no sabían cómo dar el paso inicial de transformación, además se muestran ejemplos de implementación de compañías importantes a nivel mundial, como *Pratt & Whitney*, una de las mayores productoras de motores para aviones, y hacen comparaciones con las técnicas de producción alemanas, tomando como ejemplo *Porsche*.

.

6 DESARROLLO DEL TRABAJO

Para la realización del presente trabajo fue necesario seleccionar una empresa caso estudio, con la finalidad de obtener los valores de entrada que permitan desarrollar el análisis del flujo de valor de una familia de sus productos con la utilización de *Value Stream Mapping* y así simular propuestas de mejora.

En los próximos apartados se detalla la ejecución del trabajo realizado en la empresa caso estudio.

6.1 FLUJO DE VALOR DE UNA FAMILIA DE PRODUCTOS DE LA EMPRESA CASO ESTUDIO

El *Value Stream Mapping (VSM)* es conocido en Toyota como Mapeo del Flujo de Materiales e Información. Rother y Shook¹⁰⁵ lo definen como la representación de todas las acciones, que agregan y no valor, actualmente requeridas por un producto para conducirlo a través de sus flujos esenciales: (1) el flujo de producción desde la materia prima hasta los brazos del cliente, y (2) el diseño del flujo desde el concepto del producto hasta el lanzamiento. El *VSM* ayuda a observar el flujo de valor de una familia de productos, desde una perspectiva más amplia permitiendo mejorarlo como un todo y no solo optimizar las partes. El presente trabajo está enfocado al flujo de producción desde la materia prima hasta los brazos del cliente.

El *VSM* fue desarrollado después del lanzamiento del libro *Lean Thinking* de Womack y Jones¹⁰⁶ por Rother y Shook¹⁰⁷ en 1999, puesto que las empresas que empezaban la implementación *Lean Manufacturing* se saltaban los pasos de implementación pasando del paso tres **Encontrar una palanca aprovechando una crisis, o creándola**, al cinco **Comenzar los más pronto posible con una actividad importante y visible**, pasando por alto el cuarto que es el más crítico de todos **(Mapear los flujos de valor)***. Al pasar por alto el paso cuatro, no se logra que los beneficios obtenidos por las actividades de mejoramiento se mantengan, obteniendo como resultado que el flujo de valor de los productos se detenga y no sea de una sola pieza (*Single-piece Flow*), los inventarios se

¹⁰⁵ ROTHER, Mike y SHOOK, John. Op. cit., p 3.

¹⁰⁶ Ibid. 350 p.

¹⁰⁷ Ibid. p 3.

* ver 5.1.3.3. Pasos para la transformación a un sistema Lean.

incrementen y las operaciones aguas abajo en el flujo de valor se detengan y desvíen.

Con base en lo mencionado anteriormente, el VSM se ha catalogado como un paso inicial de vital importancia a la de hora analizar el flujo de valor. Grewal¹⁰⁸ en su estudio define que cuando se inicia un proceso de implementación de *Lean*, aún en una pequeña compañía, se pueden hacer significantes mejoras adoptando VSM, mientras que Abdullah¹⁰⁹ concluye que el VSM además de ser una herramienta ideal para exponer el desperdicio en el flujo de valor, es muy útil para ayudar a las empresas a decidir cuáles técnicas *Lean* se adaptan más a la industria en la que se encuentran las empresas y cuáles aplicar primero.

A continuación se desarrolla la metodología para el levantamiento del VSM actual, donde inicialmente se agrupan los productos de la empresa caso estudio en familias y se selecciona la principal por medio de Análisis ABC.

6.1.1 Selección de la Familia de Productos. La empresa caso estudio fabrica productos de seguridad industrial pero no cuenta con una clasificación de familias necesaria para poder realizar el VSM, por lo tanto, se define cuáles son las diferentes familias de productos que tiene la empresa.

6.1.1.1 Metodología para la selección de familias. Para realizar la agrupación de familias se utiliza la matriz presentada por Rother y Shook¹¹⁰, donde se relaciona en un eje los productos y en el otro el universo de procesos de la empresa. Para el eje de los procesos se debe tener en cuenta los materiales con los que son elaborados los productos y la maquinaria con la que se transforman.

Posteriormente a esta matriz se le aplica el Método Tabular (ver 5.1.1.5 Método Tabular) cuyo objetivo es desarrollar agrupaciones de procesos tales que cada componente (producto) pueda, hasta donde sea posible, procesarse por completo en una sola célula (grupo), creando así familias de productos por cada célula. Para la aplicación del método se describen los diferentes productos de la empresa, los procesos con la maquinaria y las diferentes materias primas utilizadas, para posteriormente realizar la matriz producto vs proceso y el procedimiento de agrupación.

6.1.1.2 Descripción de los productos. La empresa caso estudio tiene dentro de su portafolio diferentes tipos de productos nombrados a continuación (ver Gráfico 3).

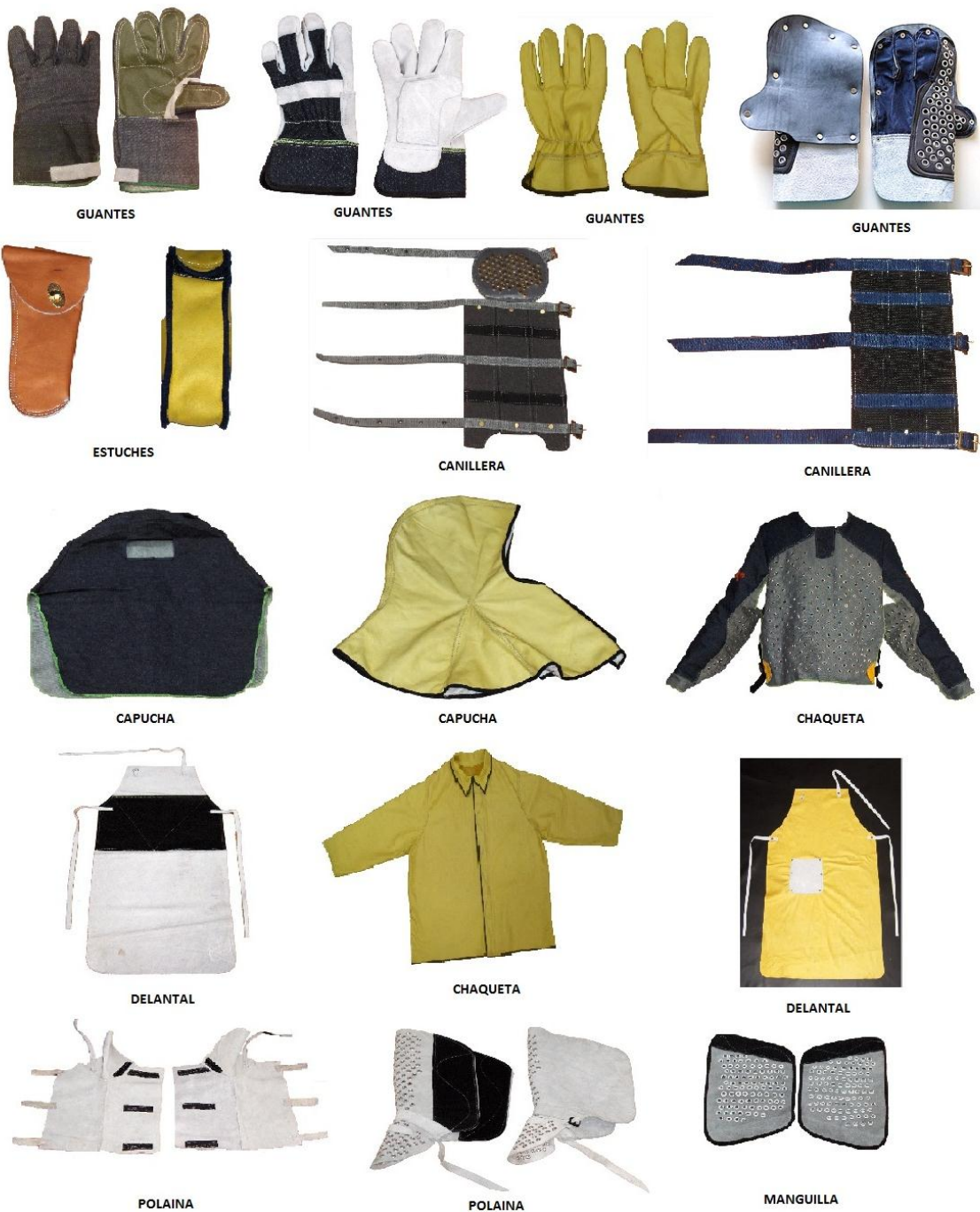
¹⁰⁸ GREWAL, Chandandeep. *An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company*, *Int. J. Manufacturing Technology and Management*, Vol. 15, Nos. 3/4, 2008.

¹⁰⁹ ABDULLAH, Fawaz. *Lean Manufacturing. Tools and Techniques in the Process Industry with a Focus on Steel*. Pittsburg.: 2003, 245 p. Tesis. *PhD. Universidad de Pittsburg*. Escuela de Ingeniería. p 152.

¹¹⁰ ROTHER, Mike y SHOOK, John. Op. cit., p 12.

- *Guantes*, son utilizados para la protección de las manos de los empleados en diferentes sectores industriales, la empresa los cataloga como sus productos más importantes, se componen por cinco piezas principales: mariposa, cuatro dedos, palma, pulgar y puño. Las piezas de estos productos se pueden realizar con los diferentes materiales que utiliza la empresa, pero principalmente se fabrican con vaqueta y carnaza.
- *Canilleras*, son utilizadas para proteger contra golpes la parte baja de las piernas, donde se encuentra la tibia, son hechas con riatas, vaqueta, carnaza, cuero tula, remaches, adhesivos y platinas.
- *Polainas*, al igual que las canilleras protegen la parte baja de las piernas, pero estas se realizan principalmente de materiales blandos para proteger de chispas o materiales peligrosos para la piel humana.
- *Capuchas, gorros y sombreros*, se utilizan para proteger la cabeza de chispas y materiales peligrosos para la piel humana.
- *Cortinas*, superficie utilizada para cubrir objetos.
- *Cubiertas, fundas y estuches*, son hechas para cargar machetes.
- *Cuelleras*, protegen el cuello de esquirlas.
- *Delantales*, se utilizan para proteger la parte frontal del cuerpo humano de esquirlas, chispas y líquidos peligrosos.
- *Chalecos y chaquetas*, se utilizan para proteger el dorso del cuerpo humano de esquirlas, chispas y líquidos peligrosos.
- *Hombreras*, son utilizadas para proteger los hombros cuando se cargan objetos con ellos.
- *Mangas*, protegen las manos y los brazos de objetos corto punzantes, líquido dañino para la piel y de chispas.
- *Manguillas*, protegen las muñecas.
- *Pantalones*, se venden como dotación y se pueden realizar en diferentes materiales como cueros, asbesto y jean.

Gráfico 3. Imágenes de productos.



Elaborado por: los autores.

6.1.1.3 Universo de materias primas, las materias primas utilizadas en la realización de los productos de la empresa son: la Vaqueta y la Carnaza; son cueros que se curten para evitar su putrefacción y mejorar las propiedades de resistencia, son la principal materia prima puesto que la gran parte de sus productos son hechos de estos materiales, además se tienen otros materiales como el Jean, Cuero tula, Caucho, Hule, Pantiflex, Cuerina, Asbesto, Chale, Drill, Lona, Seda tafeta, Tricot, Vicuña (utilizada en los forros internos de los guantes), Franela y Paño.

Los procesos de fabricación de la empresa caso estudio no se modifican con las diferentes materias primas que se utilizan, solo cambian los tiempos de procesamiento, debido a que algunos materiales son más difíciles de procesar por sus características físicas*.

6.1.1.4 Universo de procesos. En el pensamiento *Lean* cada proceso se divide del siguiente aguas abajo cuando hay estancamiento de inventario, acumulación y los materiales se mueven en lotes, con base en este comentario se presenta una breve descripción de los procesos y la maquinaria que se utilizan para realizar la transformación de los productos.

➤ **troquelado,** es un proceso donde se cortan las piezas de la materia prima para los productos. Este se realiza con una máquina troqueladora que consta de un cabezal (Martillo) y una base. Cuando la máquina se acciona, baja sobre un molde metálico (Troquel) ubicado encima del material, dejando la pieza cortada. Este proceso se realiza principalmente para piezas pequeñas y medianas.

➤ **Corte manual,** para este proceso se utilizan moldes ya estipulados por la empresa, se realiza con el molde sobre la piel o tela y con un cuchillo se corta por el borde del molde quedando la pieza necesaria para el producto. Este proceso se realiza principalmente para piezas grandes y en ocasiones es utilizada en algunas medianas, dependiendo de la complejidad de la pieza y de si se tiene el troquel necesario.

➤ **Separado y encarrado,** este proceso es realizado manualmente y consiste en seleccionar las piezas geoméricamente iguales, que salen del proceso de troquelado y se agrupan en cantidades de 120 piezas para ser enviadas a producción interna (armado), externa y almacenamiento.

➤ **Armado,** es realizado con una máquina plana y consiste en ensamblar las piezas de los productos.

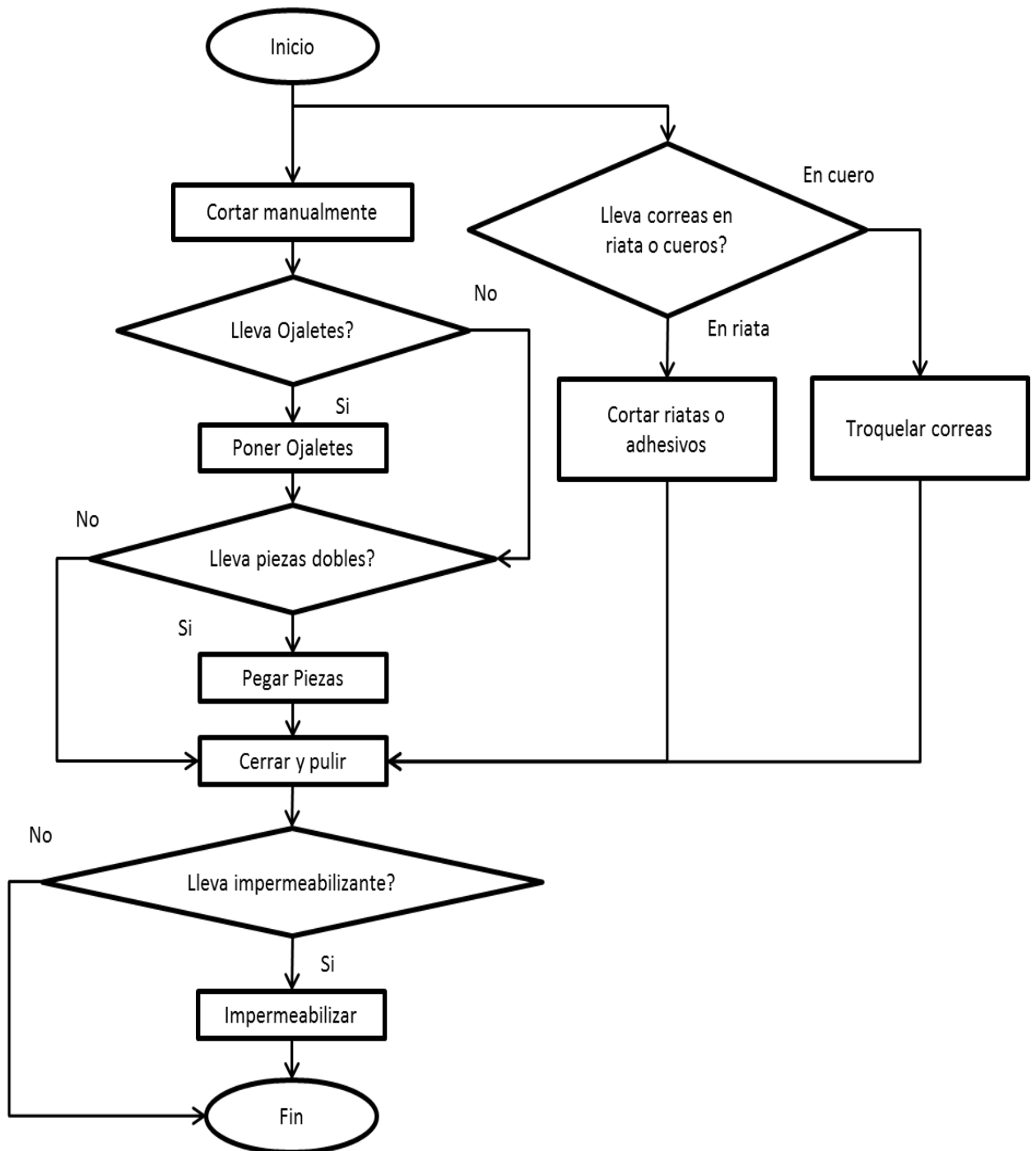
➤ **Ribete,** es un refuerzo de tela que se sitúa en el borde del puño o manga de los guantes.

* La empresa no cuenta con datos para justificar este párrafo, solo se fundamenta en la evidencia empírica de los empleados de la empresa.

- **Fileteado**, es un refuerzo de hilo que se sitúa en el borde del puño o manga de los productos realizados en Jean, con el fin de proteger que el material no se deshilache.
- **Cerrado**, en los guantes este proceso se realiza con el fin de unir los bordes del guante semi-procesado en el proceso de ribeteado o fileteado.
- **Punteado**, se realiza solo en los guantes que tienen forro interno y consiste en coser los extremos del guante principal a los mismos extremos del forro, para asegurar que el forro quede en la ubicación correcta y dar paso al proceso de fijado.
- **Fijado**, consiste en terminar de fijar el forro al guante para poder dar paso a proceso de volteado.
- **Volteado**, el proceso de volteado se utiliza para los guantes, mangas y pantalones, debido a que se arman por su parte interna generando la necesidad de voltearlos. En este además de voltear producto, se pule y se revisa para ver su conformidad con las especificaciones.
- **Impermeabilizar**, se utiliza en todos los productos de la empresa en caso que el cliente lo solicite. Consiste en agregar con un cepillo, aditivos a los productos para proteger las costuras y el producto de la fricción, del calor y de materiales que afecten la protección de la piel del operario.
- **Corte varios**, se corta de forma manual las diferentes materias primas que utiliza la empresa por medio de un cable que se calienta a altas temperaturas.
- **Remachado**, el proceso se realiza de forma manual con un martillo y remaches que fijan las piezas a los productos. Estos productos son utilizados en trabajos que exigen una mayor resistencia.
- **Ojalete**, pieza metálica que se coloca en los orificios realizados a algunos productos, con el fin de reforzar partes del material que pueden llegar a tener contacto con objetos corto punzantes, además de esto mejoran la entrada de aire al cuerpo.
- **Pegado**, consiste en unir dos o más piezas por medio de pegantes industriales para darle mayor resistencia al material y a los productos.
- **Corte por calor**, este proceso es utilizado para cortar las riatas de los productos. Se utiliza una máquina creada empíricamente que tiene un cable de cobre, esta al ser activada calienta el cable a altas temperaturas, luego se toma la riata y se pasa por el cable caliente cortándola a la medida necesaria.

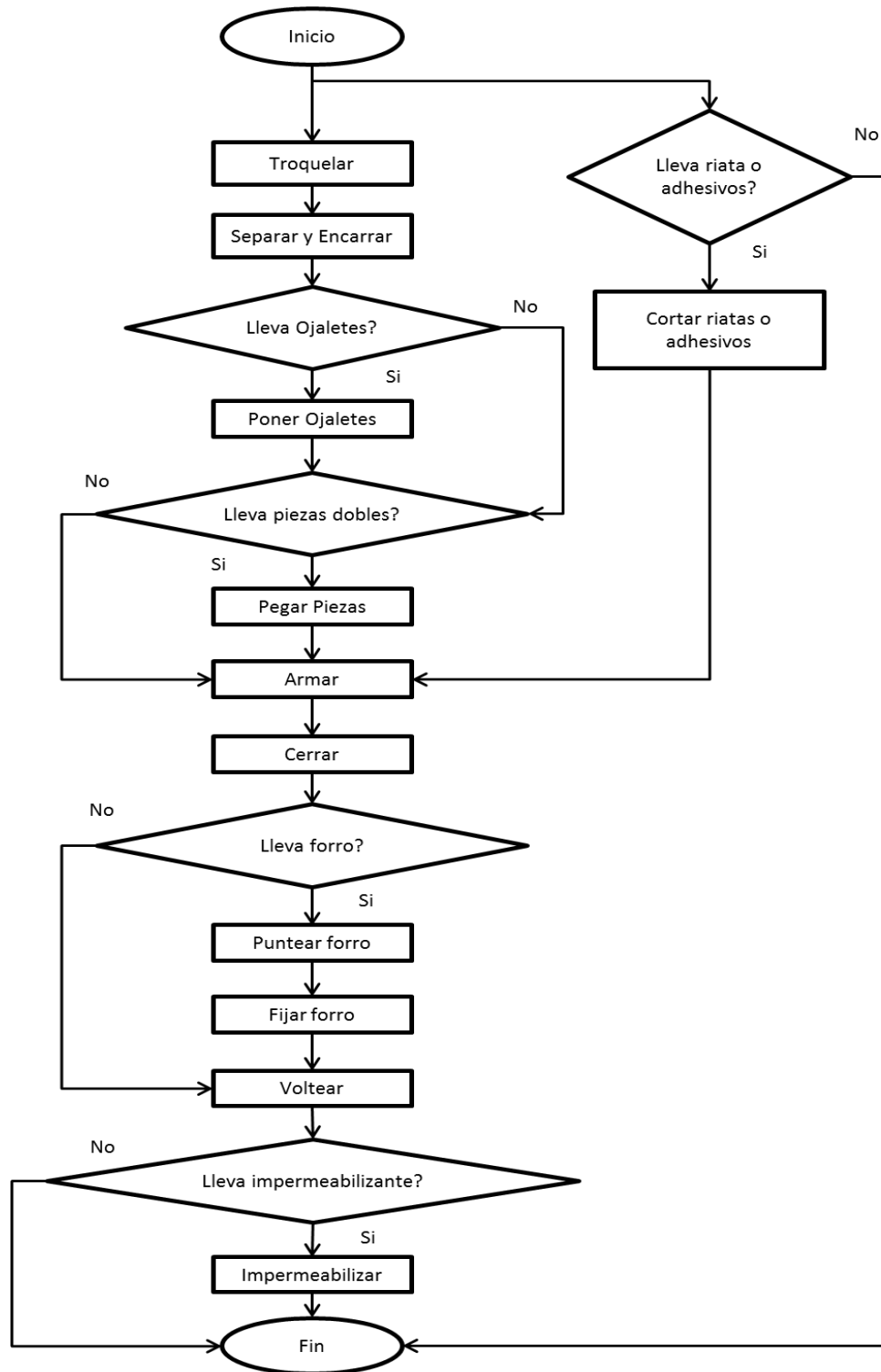
6.1.1.5 Diagramas de proceso, en el Gráfico 4 y Gráfico 5 se muestra la secuencia de producción de dos tipos de productos que según el gerente de la empresa son los más vendidos por medio de diagramas de flujo, diseñados por los autores puesto que la empresa a pesar de estar en proceso de certificación no contaba con ellos.

Gráfico 4. Diagrama general de proceso delantales



Elaborado por los autores

Gráfico 5. Diagrama de Flujo de Guantes



Elaborado por los autores

6.1.1.6 Método tabular: Con los productos y los procesos de la empresa anteriormente nombrados, se realiza una matriz donde en el eje Y se ubican todos los productos de la empresa vendidos en el año 2010 y en el eje X el universo de procesos de la empresa. En esta matriz se relaciona cada uno de los productos con sus respectivos procesos por medio de un número 1, que permita la suma de las relaciones en una hoja electrónica, como se muestra en el Cuadro 3 (ver ANEXO A).

Fase I

Con todos los procesos obtenidos se realiza la matriz proceso vs proceso con sus respectivos indicadores de relación (ver Tabla 1).

La Tabla 1 indica la cantidad de productos que el proceso tiene en común, posterior a la creación de la tabla se selecciona el porcentaje mínimo (P), se elige el valor $P=0.5$. Se inicia la revisión de la matriz proceso vs proceso y se toma el mayor RC y se designa como el valor presente de RC, en este caso el valor presente de RC de la iteración 1 es 237, que representa la unión de los procesos de troquelado y cerrado. Como los procesos no se encuentran en un grupo se forma el grupo 1, G1 (ver Cuadro 2) y se revisa la matriz proceso vs proceso buscando un valor igual al valor presente $RC=237$, como no se encuentra uno igual a 237, se comprueba si es el último valor RC mayor que cero (0), como este caso no se da tampoco, se busca en la matriz proceso vs proceso el próximo valor RC en forma descendente y se selecciona como el valor presente $RC=223$.

Cuadro 2. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 1

Grupo No.	Procesos
G1	Troquelado y cerrado

Elaborado por los autores.

Se examina la matriz nuevamente buscando un valor igual al 223, dando como resultado los procesos de volteado y cerrado. Como el proceso de cerrado ya se encuentra en el G1 y el de volteado no se ha asignado, se procede a definir si volteado entra en G1 o si se realiza otro grupo con volteado y cerrado, duplicando el proceso de cerrado para iniciar un nuevo grupo o familia la decisión se toma de la siguiente forma:

Se calcula la razón de cercanía CR del proceso entrante (volteado) dividiendo la suma de las relaciones que tiene volteado con los procesos que contiene G1 sobre la cantidad de procesos que se encuentran en G1. En este caso como solo se ha creado un grupo, el RC es igual a la razón de cercanía máxima. El MCR se compara con el valor del umbral mínimo ($MTV=0.5 \times 223$), como el MCR es mayor que el MTV el proceso de volteado entra al G1 (ver Tabla 2 y Cuadro 4).

Cuadro 3. Segmento de Matriz inicial de relación producto/proceso.

Descripción de los productos	Referencia	PROCESOS								
		Troquelado	Volteado	Separado y Encarrado	Armado	Corte Manual	Cerrado	Impermeabilizar	Ribete	...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T/CARTUCHO	A1-5IA TC	1	1	1	1		1			...
GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 ext. CAUCHO (NEUMATICO) T/C S/VOLTEAR	A2-5eH(15) T/C S/V	1		1	1		1		1	...
MANGAS EN VAQUETA CON RESORTE Y ADHESIVO EN LA MUÑECA	MC-C/RESORTE-ADH					1	1			...
GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 ext. CAUCHO (NEUMATICO) T/C S/VOLTEAR	A3-5eH(20)T/C S/V	1		1	1		1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-1 T/CARTUCHO C/IMP PYC	A1-5IA-1eA TC-I2	1	1	1	1		1	1		...
DELANTAL EN CARNAZA DE 60X100	DA-60X100					1	1			...
GUANTE EN VAQUETA TIPO INGENIERO CON UÑAS DORSO EN JEAN	C1EJA-1eC/ÑA	1	1	1	1		1		1	...
MANGAS EN VAQUETA	MC		1			1	1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T.A	A1-5IA TA	1	1	1	1		1			...
GUANTE EN VAQUETA TIPO INGENIERO	C1E	1	1	1	1		1		1	...
DELANTAL EN CARNAZA DE 60X90 C/ADH	DA-60X90 ADH	1				1	1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 ext. EN VQTA. TIPO INGENIERO	A1E-5eC	1	1	1	1		1			...
CHALECO COLOR NARANJA REFLECTIVO	CHAL-REFLEC.					1	1			...
CUBIERTA EN CUERINA Y CARNAZA C/TAPA P/MACHETE CATANA REF EN CHALE Y ZUNCHO	CTA-NA KT REF CH Y Z					1	1			...
CUBIERTA EN HULE DEMBER Y CARNAZA C/CIERRE P/MACHETE CATANA C/GANCHO	CTA-HDA-KTNA C/CIERR					1	1			...
GUANTE EN CARNAZA NEGRA M/20 R-5 EN CARNAZA T/C CON IMPERMEABILIZANTE EN COSTURA	Ag3-5IA(20)T/C-I1	1	1	1	1		1	1	1	...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	A1-5eC TC	1	1	1	1		1			...
CANILLERA EN CHALET CON ZUNCHO C/RODILLERA C/OJ	CLL-CHALE-ROO	1					1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN VAQUETA T.A	A1-5eC TA	1	1	1	1		1			...
POLAINA EN CARNAZA CON PROTECCION EN PLATINA RECUB. EN CARNAZA	PA-PL	1					1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 CARNAZA Y R-3 EN VAQUETA T/CARTUCHO	A1-5IA-3eC TC	1	1	1	1		1			...
CHALECO EN JEAN C/ADH Y MANGAS	CHAL-J		1			1	1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T/CARTUCHO C/IMP PYC	A1-5IA TC-I2	1	1	1	1		1	1		...
CHAQUETA EN CARNAZA	CH-A					1	1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-3 EN CARNAZA T/CARTUCHO	A1-5IA-3eA TC	1	1	1	1		1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 CARNAZA Y R-3 EN C-TULA T/CARTUCHO	A1-5IA-3eT TC	1	1	1	1		1			...
DELANTAL EN ASBESTO DE 60X90	DG-60X90	1				1	1			...
DELANTAL EN VAQUETA DE 60 X 100 SIN BOLSILLOS	DC-60X100 S/B					1	1			...
POLAINAS EN CARNAZA C/ADH Y LATEX	PA-ADH L4						1	1		...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN C-TULA R-1 EN CARNAZA T/CARTUCHO	A1-5eT-1eA TC	1	1	1	1		1			...
GUANTE EN CARNAZA TIPO INGENIERO	A1E	1	1	1	1		1			...
CHALECO EN LONA JEAN C/OJ DE ALUMINIO TALLA XL	CHAL-LJ-OO T-XL					1	1			...
MANGUILLAS EN HULE LASIO C/ADH	MAG-U ADH		1			1	1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-1 EN C-TULA T/CARTUCHO C/ LATEX EN COSTURA	A1-5eT-1eT TC-L1	1	1	1	1		1	1		...
POLAINA EN CUERO-T T-L C.PROTECCION EN NEOLAY .3 FRANJAS C/ ADH	CLL-C-T-ADH-T L	1					1			...
PANTALON EN CARNAZA	PT-A					1	1			...
POLAINA EN CARNAZA LARGA REFORZADA CON PLATINA EN ALUMINIO RECUB EN HULE	PA-L-REF-T M					1	1			...
GUANTE EN CARNAZA M/C TIPO CICLISTA	A1T	1	1	1	1		1			...
DELANTAL EN CARNAZA DE 60X90 REF. EN C-TULA DE 45X60	DA 60X90 REF 45X60					1	1			...
GUANTE EN CARNAZA TIPO INGENIERO CON DORSO EN JEAN	A1EJ	1	1	1	1		1			...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Elaborado por los autores

Tabla 1. Matriz proceso/proceso

		Troquelado	Separado y Encarrado	Armado	Cerrado	Ribete	Volteado	Fileteado	Punteado	Fijado	Corte Manual	Corte Varios	Remachado	Ojaletes	Impermeabilizar	Pegado
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Troquelado	1	0														
Separado y Encarrado	2	212	0													
Armado	3	212	212	0												
Cerrado	4	237	212	212	0											
Ribete	5	127	126	126	127	0										
Volteado	6	212	210	210	223	125	0									
Fileteado	7	34	34	34	35	2	35	0								
Punteado	8	26	26	26	26	20	26	2	0							
Fijado	9	26	26	26	26	20	26	2	26	0						
Corte Manual	10	6	0	0	80	0	13	1	0	0	0					
Corte Varios	11	32	15	15	81	2	24	14	0	0	49	0				
Remachado	12	14	5	5	29	0	5	5	0	0	13	22	0			
Ojaletes	13	7	0	0	17	0	0	0	0	0	10	11	8	0		
Impermeabilizar	14	29	26	26	29	17	27	0	5	5	1	3	1	0	0	
Pegado	15	1	0	0	8	0	0	0	0	0	7	4	3	3	0	0
Elaborado por los autores																

Elaborado por los autores

Tabla 2. Iteración 2. Evaluación de entrada del proceso de volteado al G1.

Proceso entrante.	Grupos Existentes		MTV
	Grupo 1	Relación.	
Volteado	Cerrado	223	111,5
	Troquelado	212	
Total	2	435	
Razón de Cercanía, CR	217.5		
Razón de Cercanía Máxima, MCR	217.5		

Elaborado por los autores

Cuadro 4. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 2

Grupo No.	Procesos
G1	Troquelado, cerrado y volteado

Elaborado por los autores.

Se continúa con la revisión de la matriz proceso vs proceso buscando un valor igual al valor presente RC, como en la matriz no hay un valor igual a 223, se comprueba si todos los valores positivos de RC mayores a 0 están revisados, como no se cumple esta condición, se busca el próximo valor RC en orden descendente para realizar la iteración 2 y se selecciona como valor presente RC=212 (ver ANEXO B). De esta forma se siguen realizando las iteraciones, por ejemplo en la iteración 5, con un valor de RC de 212 se encuentran el proceso de troquelado con armado, pero estos ya se encuentran en el grupo G1 (que contiene troquelado, separado y encarrado, cerrado, volteado, armado y ribete), por lo tanto la observación se ignora.

Cuando se realiza la iteración 16, se duplica un proceso y se forma un nuevo grupo, este procedimiento se muestra a continuación:

Se selecciona el valor presente RC como 81, este valor se encuentra en la unión del proceso de Corte varios con cerrado. En este caso cerrado se encuentra en G1, por lo tanto se procede a realizar los cálculos para determinar si Corte varios entra al G1 o si se crea un nuevo grupo con un duplicado de cerrado y con el proceso de Corte varios, los cálculos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Iteración 16. Evaluación de entrada del proceso Corte varios al G1

Proceso entrante.	Grupos existentes		MTV
	G1	Relación.	
Corte Varios	Troquelado	32	40.50
	Separado y encarrado	15	
	Armado	15	
	Cerrado	81	
	Ribete	2	
	Volteado	24	
Total	6	169	
Razón de Cercanía, CR	28.17		
Razón de Cercanía Máxima. MCR	28.17		

Elaborado por los Autores

En este caso como el MCR es menor que el MTV se crea un nuevo grupo (G2) con el proceso Corte varios y la duplicación del proceso de cerrado.

Cuadro 5. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 16

Grupo No.	Procesos
G1	Cerrado, troquelado, volteado, separado y encarrado, armado, ribete
G2	Corte varios. cerrado

Elaborado por los autores.

Se continúa con la revisión de la matriz proceso/proceso buscando un valor igual al valor presente RC, como en la matriz no hay ninguno igual a 81, se comprueba si todos los valores positivos de RC mayores a 0 están revisados, como no se cumple esta condición, se busca el próximo valor RC en orden descendente para realizar la iteración 17. Se cambia el valor presente RC a 80, y se buscan en la matriz proceso vs proceso hallando en la unión al proceso de Corte manual con el proceso de cerrado (ver Gráfico 6). Como en este caso el proceso de cerrado se encuentra en el G1 y en G2, y Corte manual no se ha asignado a un grupo, se procede a realizar los cálculos para evaluar a qué grupo ingresa el proceso Corte manual (ver Tabla 4):

Gráfico 6. Relación entre procesos Iteración 16.

		Troquelado	Separado y Encarrado	Armado	Cerrado	Ribete
		1	2	3	4	5
Troquelado	1	0				
Separado y Encarrado	2	212	0			
Armado	3	212	212	0		
Cerrado	4	237	212	212	0	
Ribete	5	127	126	126	127	0
Volteado	6	212	210	210	223	125
Fileteado	7	34	34	34	35	2
Punteado	8	26	26	26	26	20
Fijado	9	26	26	26	26	20
Corte Manual	10	6	0	0	80	0

Elaborado por los autores.

Tabla 4. Iteración 17. Evaluación de entrada del proceso corte manual a G1 o a G2.

Proceso entrante.	Grupos existentes				MTV
	G1	Relación.	G2	Relación.	
Corte Manual	Troquelado	6	Cerrado	80	40.00
	Separado y encarrado	0	Corte Varios	49	
	Armado	0			
	Cerrado	80			
	Ribete	0			
	Volteado	13			
Total	6	99	2	129	
CR	16.50		64.50		
MCR	64.50				

Elaborado por los autores.

El MCR da como resultado 64.50 siendo mayor que el valor MTV=40.00, por lo tanto el proceso de Corte manual entra a G2, que tiene el CR igual al MCR, abarcando G2 los procesos de cerrado, Corte varios y Corte manual (ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 17

Grupo No.	Procesos
G1	Cerrado, troquelado, volteado, separado y encarrado, armado, ribete
G2	Corte varios. cerrado, Corte manual

Elaborado por los autores.

Se continúa con la revisión de la matriz proceso vs proceso buscando un valor igual al valor presente RC, como en la matriz no hay ninguno igual a 80, se comprueba si todos los valores positivos de RC mayores a 0 están revisados, como no se cumple esta condición, se busca el próximo valor RC en orden descendente para realizar la iteración 18 (ver ANEXO B).

Al realizar la iteración 24, se da el caso que los dos procesos que se encuentran en la unión del valor RC=32 (Corte varios y troquelado), ya se encuentran cada uno en un grupo diferente, por lo tanto, se realiza el procedimiento que se enseña en la Tabla 5:

Tabla 5. Iteración 24. Evaluación de entrada del proceso corte varios a G1 o troquelado a G2.

Proceso entrante.	Grupo		Proceso entrante.	Grupo		MTV
	G1	Relación		G2	Relación	
Corte Varios	Troquelado	32	Troquelado	cerrado	237	16.00
	Separado y encarrado	15		Corte Manual	6	
	Armado	15		Corte Varios	32	
	Cerrado	81				
	Ribete	2				
	Volteado	24				
	Fileteado	14				
Total	7	183	Total	3	275	
CR	26.14		CR	91.67		
MCR			91.67			

Elaborado por los autores

El MCR da como resultado 91.67 que es mayor que el valor MTV=16.00, por esto el proceso de troquelado entra a G2, quien tiene el CR mayor, quedando el G2 con los procesos cerrado, corte varios, Corte manual y troquelado.

Cuadro 7. Resumen de grupos Método Tabular - iteración 24

Grupo No.	Procesos
G1	Cerrado, troquelado, volteado, separado y encarrado, armado, ribete, Fileteado

Grupo No.	Procesos
G2	Corte varios. cerrado, Corte manual, troquelado

Elaborado por los autores.

Se continúa realizando el procedimiento para cada agrupación hasta que se seleccionan todos RC mayores que cero (ver ANEXO B), y se obtiene la siguiente agrupación de procesos:

Cuadro 8. Agrupación de procesos Método Tabular P=0.5

Grupo No.	Procesos
G1	Troquelado, separado y encarrado, armado, cerrado, ribete, volteado, Fileteado, Punteado, Fijado, Corte varios e Impermeabilizar.
G2	Troquelado, separado y encarrado, armado, cerrado, ribete, volteado, Fileteado, Corte manual, Corte varios, Remachado, Ojaletes e Impermeabilizar.
G3	Troquelado, cerrado, Corte manual, Corte varios, Remachado, y Pegado.

Elaborado por los autores.

Como la selección del P depende de los autores, se propone un P=0.9 con base en la bibliografía consultada¹¹¹, con el fin de identificar las diferencias que se pueden obtener en la agrupación de familias, dando el siguiente resultado:

Cuadro 9. Agrupación de procesos Método Tabular P=0.9

Grupo No.	Procesos
G1	Troquelado, separado y encarrado, armado, cerrado, ribete, volteado, Fileteado, Punteado y Fijado.
G2	Troquelado, separado y encarrado, armado, cerrado, ribete, volteado, Fileteado, Corte Manual, Corte varios e Impermeabilizar.
G3	Cerrado, volteado, Corte Manual y Corte Varios
G4	Troquelado, separado y encarrado, armado, cerrado, ribete, volteado y Fileteado.
G5	Troquelado, separado y encarrado, armado, cerrado, volteado, Fileteado, Corte Manual, Corte Varios, Remachado, Ojaletes e impermeabilizar.
G6	Troquelado, separado y encarrado, armado, cerrado, ribete, volteado, Punteado, Fijado e Impermeabilizar.

¹¹¹ SULE, Dileep R. Op. Cit. p 151-154.

Grupo No.	Procesos
G7	Cerrado, Corte Manual, Corte Varios y Ojaletes.
G8	Troquelado, cerrado, Corte Manual, Corte Varios, Remachado, Ojaletes y Pegado.

Elaborado por los autores.

Para este caso se observa que los grupos G3 y G7 contienen los mismos procesos que el grupo G5, por lo tanto se eliminan y se deja G5.

La misma situación ocurre con G4 que contiene los mismos procesos que G2, pero como G2 es más grande, este absorbe a G4. Por último, quedan los grupos G1, G2, G5, G6 y G8.

La agrupación obtenida seleccionando $P=0.9$, como se aprecia, no genera gran una diferencia entre los grupos de los procesos, por lo tanto a la hora de realizar los grupos o familias, es más difícil realizar la asignación de cada producto a su grupo, siendo esta la razón de seleccionar $P=0.5$ para la agrupación de familias de productos, que da una agrupación de procesos con más diferencias.

Posterior a la selección de los grupos, se realiza la fase II del procedimiento que consiste en seleccionar cada producto y asignarlo al grupo con el que comparta más procesos, en la Tabla 6 se muestra como ejemplo la asignación a un grupo del **GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/20 T/C FORRADO EN DRIL BLANCO**:

Tabla 6. Ejemplo de asignación producto GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/20 T/C FORRADO EN DRIL BLANCO

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
Troquelado	1	Troquelado	1	Troquelado	1
Separado y encarrado	1	Separado y encarrado	1	Cerrado	1
Armado	1	Armado	1	Corte manual	
Cerrado	1	Cerrado	1	Corte varios	
Ribete	1	Ribete	1	Remachado	
Volteado	1	Volteado	1	Pegado.	
Punteado	1	Fileteado.			
Fijado	1	Corte manual			

Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
Corte varios		Corte varios			
Impermeabilizar		Remachado			
Fileteado		Ojaletes			
		Impermeabilizar			
TOTAL	8	TOTAL	6	TOTAL	2

Elaborado por los autores

El GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/20 T/C FORRADO EN DRIL BLANCO tiene 8 procesos relacionados en el Grupo 1, 6 en el Grupo 2 y 2 en el Grupo (ver Tabla 6), por lo tanto queda asignado a la familia o Grupo 1, que es con la que comparte más procesos.

En el Cuadro 10 se muestra la parte inicial de la matriz final, en esta se asignan los productos a cada grupo creando así las familias de productos, el ANEXO C contiene la agrupación por familias de todos los productos de la empresa caso estudio.

Cuadro 10. Segmento de Matriz final de Relación Producto/Proceso con la Agrupación de Familias

Descripción de los productos	Referencia	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G2	G2	
		Troquelado	Separado y Encarrado	Armado	Cerrado	Ribete	Volteado	Fileteado	Punteado	Fijado	Corte Varios	Impermeabilizar	Troquelado	Separado y Encarrado		
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T/CARTUCHO	A1-5iA TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 ext. EN VQTA. TIPO INGENIERO	A1E-5eC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T.A	A1-5iA TA	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T.B	A1-5iA TB	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 ext. CAUCHO (NEUMATICO) T/C S/VOLTEAR	A2-5eH(15) T/C S/V	1	1	1	1	1										...
GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 ext. CAUCHO (NEUMATICO) T/C S/VOLTEAR	A3-5eH(20)T/C S/V	1	1	1	1											...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-1 T/CARTUCHO C/IMP PYC	A1-5iA-1eA TC-I2	1	1	1	1		1					1				...
GUANTE EN CARNAZA NEGRA M/20 R-5 EN CARNAZA T/C CON IMPERMEABILIZANTE EN COSTURA	Aq3-5iA(20)T/C-I1	1	1	1	1	1	1					1				...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-3 EN CARNAZA T/CARTUCHO	A1-5iA-3eA TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 CARNAZA Y R-3 EN VAQUETA T/CARTUCHO	A1-5iA-3eC TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5CARNAZA Y R-3 EN C-TULA T/CARTUCHO	A1-5iA-3eT TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	A1-5eC TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN VAQUETA T.A	A1-5eC TA	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T/CARTUCHO C/IMP PYC	A1-5iA TC-I2	1	1	1	1		1					1				...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN C-TULA R-1 EN CARNAZA T/CARTUCHO	A1-5eT-1eA TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-1 EN C-TULA T/CARTUCHO C/ LATEX EN COSTURA	A1-5eT-1eT TC-L1	1	1	1	1		1					1				...
GUANTE EN CARNAZA TIPO INGENIERO	A1E	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA TIPO INGENIERO CON DORSO EN JEAN	A1EJ	1	1	1	1		1	1								...
GUANTE EN CARNAZA M/C TIPO CICLISTA	A1T	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA R-1 TIPO CICLISTA C/LATEX PYC	A1T-1eA L2	1	1	1	1		1					1				...
GUANTE EN CARNAZA M/C SENCILLO T.A	A1-1iA TA	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/C SENCILLO T.B	A1-1iA TB	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/10 SENCILLO T/CARTUCHO C/IMP PYC	A2-1iA(10)TC I2	1	1	1	1		1					1				...
GUANTE EN CARNAZA M/10 SENCILLO T.A	A2-1iA(10)TA	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/10 SENCILLO T.B	A2-1iA(10)TB	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 SENCILLO T/CARTUCHO	A2-1iA(15)TC	1	1	1	1	1	1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 SENCILLO T.A	A2-1iA(15)TA	1	1	1	1	1	1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 SENCILLO T.B	A2-1iA(15)TB	1	1	1	1	1	1									...
GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5 T/CARTUCHO	A2-5iA(10)TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 T/CARTUCHO	A2-5iA(15)TC	1	1	1	1	1	1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 T.A	A2-5iA(15)TA	1	1	1	1	1	1									...
GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5i R-1e T/CARTUCHO C/IMP EN PYC	A2-5iA-1eA(10)TC-I2	1	1	1	1		1					1				...
GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	A2-5eC(10)TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	A2-5eC(15)TC	1	1	1	1	1	1									...
GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5 C-TULA R-1 CARNAZA T/CARTUCHO	A2-5eT-1eA(10)TC	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 C-TULA R-1 T/CARTUCHO	A2-5eT-1eA(15)TC	1	1	1	1	1	1									...
GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 EN C-TULA R-1 CZA T/CARTUCHO C/LATEX EN COSTURA	A2-5eT-1eA(15)TC-L1	1	1	1	1	1	1					1				...
GUANTE EN CARNAZA DORSO Y PUÑO EN JEAN M/15 R-5iCARNAZA T.B	A2JJ-5iA(15)TB	1	1	1	1		1	1								...
GUANTE EN CARNAZA DORSO Y PUÑO EN JEAN M/15 R-5 T.A S/AHD	A2JJ-5iA(15)TA	1	1	1	1		1									...
GUANTE EN CARNAZA M/20 SENCILLO T.A	A3-1iA(20)TA	1	1	1	1	1	1									...
GUANTE EN CARNAZA M/20 SENCILLO T.B	A3-1iA(20)TB	1	1	1	1	1	1									...

Elaborado por los Autores.

Esta agrupación da como resultado que la mayoría de guantes (207 de 314 referencias) quedan en el G1; mientras que en el G2 están productos como los delantales, las polainas, canilleras, chaquetas, mangas, chalecos, pantalones, y 8 referencias de guantes, por último en el G3 productos como estuches, cubiertas, forros, hombreras, fundas, cortinas, sombreros capuchas y gorros, se debe tener en cuenta que algunos productos pueden compartir procesos entre grupos o familias.

Con las familias seleccionadas se hace un Análisis ABC para seleccionar la familia más importante de la empresa caso estudio.

6.1.2 Análisis ABC, El Análisis ABC consiste en clasificar diferentes productos, sean productos finales o en proceso, por medio de sus características o criterios. En la literatura consultada se encuentran definidos diferentes criterios. Flores¹¹² define el *uso anual del dinero*, *obsolescencia*, *Lead Time*, qué tan *sustituible* es el ítem, *facilidad de reparación*, y *partes en común*. Por otro lado Ramanathan¹¹³ define *número de requisiciones en el año*, *escasez*, *tamaño de orden de pedido*, *volumen de la demanda* y *costo de faltante*.

Estos criterios han sido utilizados para la toma de decisiones principalmente en inventarios por los autores Zhou y Fan, 2007; Lung Ng, 2007; Ramanathan, 2006 y Flores y Whybark, 1985.

6.1.2.1 Selección de Criterios. Para seleccionar el criterio o los criterios a utilizar en el Análisis ABC, Flores y Whybark (1985) argumentan con respecto a los ítems de inventario, que “dependiendo a qué parte de la organización pertenezca, el criterio que es más importante con respecto al ítem de inventario puede cambiar”¹¹⁴, es decir que el objetivo final de la clasificación consiste en definir con diferentes criterios, seleccionados cuidadosamente dependiendo del fin que se busque, cuáles son los productos o inventarios más importantes para una empresa, en este caso se utiliza para seleccionar cuál es la familia de productos más importante de la empresa caso estudio de acuerdo a unos criterios seleccionador y tomando en cuenta la sugerencia que hace Bill Carreira¹¹⁵ de seleccionar una familia que represente un respetable porcentaje de la mezcla de ventas de la empresa y se pueda lograr un beneficio financiero en la línea si es mejorada.

De acuerdo a lo anterior, para definir los criterios más importantes de los productos de la empresa y las familias, se realiza una reunión con el gerente de la

¹¹² FLORES, Benito y WHYBARK, Clay. Op. Cit., 38-46 p.

¹¹³ RAMANATHAN, Ramakrishnan. Op. Cit., 695-700 p.

¹¹⁴ FLORES, Benito y WHYBARK, Clay. Op. Cit., p 40.

¹¹⁵ CARREIRA, Bill, Op. Cit. 304 p.

empresa donde se explica la metodología y la importancia del Análisis ABC, se entrega un documento con los diferentes criterios encontrados en la literatura (ver ANEXO D), por último se debate la importancia y aplicabilidad de cada criterio para su selección y se escogen 3 de acuerdo al tipo de ítems que se van a analizar escogiendo los tres criterios que se explican a continuación:

Se selecciona el *Uso Anual Del Dinero* como uno de los criterios para el análisis ABC, teniendo en cuenta que es una de las medidas más utilizadas según la literatura y define los recursos monetarios que anualmente la empresa destina para cada producto, se calcula como se muestra a continuación:

Ecuación 15. Uso Anual del Dinero.

$$\text{Uso Anual del Dinero} = \text{Costo unitario producto} \times \text{Demanda anual producto}$$

Por otra parte, como el fin primordial de una empresa es que sus productos generen ganancias el segundo criterio escogido es el margen de contribución de los productos.

Por último, una requisición de producto o pedido es la encargada de transportar las necesidades del cliente, dando paso a una serie de operaciones a las que está enfocado el presente trabajo como la toma de pedido, la necesidad de materiales, la programación de la producción, fabricación del bien, y el despacho del producto al cliente en la fecha programada. Todas estas operaciones se desprenden de una requisición del cliente, pero como no necesariamente una requisición de producto asegura que el bien ha sido aceptado como una venta y ha pasado por todo el flujo, se selecciona como criterio el número de veces que el producto aparece facturado en el año.

Al elegir tres criterios como los más importantes para seleccionar la familia principal, se utiliza un Análisis ABC Multi-criterio.

Uno de los modelos utilizados para realizar el Análisis ABC, es el Modelo-Ng, dentro de su metodología exige jerarquizar los criterios de mayor a menor importancia, este orden ha sido definido con el gerente de la empresa de la siguiente forma: 1) *Uso Anual del Dinero*, 2) *Margen de Contribución* y 3) *Número de Veces Facturado en el año*.

Cabe destacar que debido a la importancia de los datos, los valores de los criterios son modificados por medio de la fórmula de transformación utilizada en el Modelo-Ng (ver 5.1.2 Análisis ABC) en el que los datos se normalizan (transforman) en una escala del 0 a 1, siendo uno (1) el mayor valor de cada criterio y cero (0) el menor.

6.1.2.2 Selección del Método para el Análisis ABC (ver 5.1.2 Análisis ABC): Se seleccionan dos métodos de modelación matemática para el Análisis ABC Multi-criterio encontrados en la bibliografía; el modelo-Ng con programación lineal y el modelo de Hadi con programación no lineal. El Análisis ABC es realizado para las 3 familias de productos obtenidas con la aplicación del Método Tabular y se corroboran los resultados obtenidos con la aplicación del mismo modelo a las 314 referencias, con el fin de identificar qué tanta similitud tienen los productos de la familia principal, con los productos denominados como tipo A según la clasificación ABC (ver ANEXO E).

Inicialmente se transforman los valores por medio de la fórmula utilizada por Lung Ng, donde se convierten a una base comparable todas las medidas de los j criterios de un ítem de inventario i en una escala de 0 a 1 (valor transformado), en este caso las familias de productos:

Los valores a transformar son la suma de los criterios de cada producto en cada familia, obteniendo un consolidado para los tres criterios obteniendo como resultado los valores por familia que de la Tabla 7.

Tabla 7. Valores Normalizados de las Familias de Productos

Familias de productos	Valores Normalizados		
	Nc	Nm	Nf
G1	1	1	1
G2	0.1576103	0.227585	0.3280877
G3	0	0	0

Elaborado por los autores

Donde:

Nc: Es el valor normalizado del Uso Anual del Dinero por Familias del Año 2010,

Nm: Es el valor normalizado del Margen de Contribución por Familia del Año 2010, y

Nf: Es el valor normalizado del número de veces que el producto aparece facturado en el año 2010.

El resultado obtenido en este caso es que el Grupo o Familia de Productos 1 tiene los valores más altos, es decir que es la que genera más costos, más margen de contribución y es la más facturada, mientras que el Grupo o Familia de Productos 3 es la de menor aporte para la empresa en los tres criterios.

Luego se realiza la clasificación ABC Multicriterio con el Modelo-Ng, donde se calculan los promedios parciales con los valores de los criterios normalizados organizados en orden (ver Tabla 8) y con el modelo de Hadi por medio de Solver de Excel (ver Tabla 9).

Tabla 8. Clasificación ABC Multicriterio Modelo-Ng

Familias de Productos	Promedio 1 = (Nc)/1	Promedio 2 = (Nc+Nm)/2	Promedio 3 = (Nc+Nm+Nf)/3	Calificación	Tipo de Clasificación
G1	1	1	1	1	A
G2	0.15761	0.192598	0.237761	0.237761	B
G3	0	0	0	0	C

Elaborado por los autores

Tabla 9. Clasificación ABC Multicriterio Modelo de Hadi

Familias de Productos	Wc	Wm	Wf	Calificación	Tipo de Clasificación
G1	0.57735	0.57735	0.57735	1.732051	A
G2	0.367232	0.53029	0.764156	0.429276	B
G3	0.57735	0.57735	0.57735	0	C

Elaborado por los autores

Donde:

Wc: Es el peso obtenido en el modelo para el Uso Anual del Dinero por Familias del Año 2010,

Wm: Es el peso obtenido en el modelo para el Margen de Contribución por Familia del Año 2010, y

Wf: Es el peso obtenido en el modelo para el número de veces que el producto aparece facturado en el año 2010.

El mismo procedimiento enunciado es aplicado a los productos que ofrece la compañía, con el fin de identificar cuáles son las referencias principales para la empresa, teniendo en cuenta los mismos criterios ya enunciados. Como resultado se obtiene que de 314 ítems, 31 sean clasificados como A, 63 como B y 220 como C.

Con los resultados obtenidos de los productos denominados como A (ver Cuadro 11), el 80,6% (25 referencias) de los ítems son guantes, resaltando la importancia

que tienen este tipo de productos para la compañía y la similitud con los resultados de la clasificación en las familias de productos.

Cuadro 11. Análisis ABC Multi-criterio Productos tipo A.

G	Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
1	1	GUANTE EN VAQUETA TIPO INGENIERO	PT3103-013	A	A	A
1	2	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/C T/C FORRADO EN DRILL BLANCO	PT3103-227	A	A	A
2	3	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X90	PT3589-023	A	A	A
1	4	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/C TIPO INGENIERO SENCILLO 4 DEDOS SIN R-1	PT3103-215	A	A	A
1	5	GUANTE EN VAQUETA M/C R-5 TIPO INGENIERO	PT3103-019	A	A	A
1	6	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/20 T/C FORRADO EN DRILL BLANCO	PT3103-226	A	A	A
1	7	GUANTE EN CARNAZA M/C SENCILLO T.A	PT3101-057	A	A	A
2	8	MANGAS EN CARNAZA	PT3590-001	A	A	A
1	9	GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5 C-TULA R-1 CARNAZA T/CARTUCHO	PT3101-114	A	A	A
2	10	POLAINAS EN CARNAZA	PT3592-001	A	A	A
1	11	GUANTE EN JEAN M/15 R-5 EN CUERINA T/ENTERIZO C/ADH	PT3310-034	A	A	A
2	12	GUANTE EN TRICOT M/15 PUÑO EN JEAN CON MANOPLA EN CAUCHO C/OO T/ENTERIZO C/ADH	PT3313-017	A	A	A
2	13	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X110	PT3589-010	A	A	A
1	14	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 T/CARTUCHO	PT3101-151	A	A	A
1	15	GUANTE EN CARNAZA M/20 SENCILLO T.A	PT3101-137	A	A	A
1	16	GUANTE EN VAQUETA M/10 R-5I EN CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3103-082	A	A	A
1	17	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 T/CARTUCHO C/IMP EN COSTURA	PT3101-153	A	A	B
1	18	GUANTE EN VAQUETA M/C TIPO INGENIERO R-3 EXT. EN CARNAZA	PT3103-184	A	A	A
1	19	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	PT3101-019	A	A	A
1	20	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-1 ENTERIZO FORRO EN VICUÑA	PT3101-147	A	A	A
1	21	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T/CARTUCHO	PT3101-003	A	B	A
2	22	GUANTE EN TRICOT M/15 PUÑO EN JEAN T/Z C/OJ UÑAS VQTA. MPLA C/ADH-R	PT3313-044	A	A	A
1	23	GUANTE EN CARNAZA DORSO Y PUÑO EN JEAN M/15 R-5I CARNAZA T.B	PT3101-126	A	A	A
1	24	GUANTE EN JEAN M/15 R-5 ext. CZA T/Z C/ADH -RIATA 1 PULG. GRUESA	PT3310-025	A	A	A
1	25	GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	PT3101-103	A	A	A
2	26	CANILLERA TRES FRANJAS EN CHALET Y PLANTIFLEX RODILLERA EN HULE REF ZUNCHO	PT3481-036	A	A	A
1	27	GUANTE EN LONA TIPO INGENIERO	PT3311-010	A	A	B
1	28	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 T/CARTUCHO S/C	PT3101-239	A	A	A
1	29	GUANTE EN VAQUETA M/C R-5E CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3103-022	A	B	B
1	30	GUANTE EN VAQUETA M/15 DORSO Y PUÑO EN CARNAZA SENCILLO T/ENTERIZO SIN R-1	PT3103-061	A	A	A
2	31	DELANTAL EN VAQUETA DE 60X90	PT3589-051	A	B	A

Elaborado por: Los autores.

En conclusión con los resultados obtenidos, la familia de productos G1 es la agrupación con mayor calificación, ver Tabla 8 y Tabla 9, donde se encuentran los guantes, por lo tanto es la seleccionada para realizar el análisis del flujo de valor.

6.1.3 Análisis de valor de la familia de guantes y de la empresa caso estudio: Identificada la Familia de Guantes como la principal familia de productos de la empresa, se debe determinar qué falencias hay en ella con el fin de mejorarlas, además de requisitos, necesidades y expectativas que tiene el cliente para la empresa caso estudio. Para hallar puntos de mejora de la Familia de Guantes y de la empresa, es necesario detallar qué características de calidad (valor) satisfacen los requisitos, necesidades y expectativas del cliente, para posteriormente evaluar su percepción con respecto a estas e identificar puntos de mejora.

Hernández define que “las investigaciones cualitativas se fundamentan más en un proceso inductivo (explorar, describir, y luego generar perspectivas teóricas). Van de lo particular a lo general”¹¹⁶, por lo tanto se realiza una investigación de tipo cualitativo explorando los requisitos, necesidades y expectativas que tiene el cliente para la Familia de Guantes y la empresa, describiéndolas, y por ultimo evaluando la percepción del cliente con respecto a ellas por medio de un estudio descriptivo.

➤ **Objetivo del estudio,** Identificar y evaluar la percepción de los requisitos, necesidades y expectativas (valor) de los compradores activos de la Familia de Guantes y de la empresa caso estudio.

6.1.3.1 Estudio exploratorio¹¹⁷, Bill Carreira¹¹⁸, estipula que el centro de la filosofía *Lean* es medir todas las actividades desde el punto de vista del cliente, es decir, que todas las actividades realizadas para fabricar un producto deben generar valor para el cliente.

López¹¹⁹ define que la expresión de los requisitos, necesidades y expectativas del cliente, se realizan por medio de características de calidad (valor) en el lenguaje de la empresa, y que ésta transformación se da cuando se determina qué característica, ligada a una o varias necesidades y expectativas, se debe atribuir a un producto (bien o servicio), por lo tanto, con base en lo anterior se concluye que

¹¹⁶ HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 4 ed. México: Mc Graw Hill: 2006. p 8.

¹¹⁷ Los estudios exploratorios son realizados cuando los investigadores tienen poco conocimiento del tema a abordar o este no ha sido estudiado antes.

¹¹⁸ CARREIRA, Bill. Op.Cit. p. 8.

¹¹⁹ LÓPEZ CARRIZOSA, Francisco José. ISO 9000 y la Planificación de la Calidad: Guía para la planificación de la calidad con orientación en la gestión de los procesos. Bogotá; ICONTEC, 2008. p. 63.

se deben medir, para evaluar la percepción del cliente con respecto sus requisitos, necesidades y expectativas.

Las características de valor de algunos productos ya se encuentran definidas por los clientes, por la empresa o por normatividad (códigos, decretos y reglamentos técnicos), siendo así necesario revisar literatura de este tipo para la Familia de Guantes, además, de tener en cuenta características de valor referentes a compromisos pactados por parte de la empresa (misión, visión, políticas, etc.).

Inicialmente se revisan los compromisos de la empresa con el cliente como la misión, visión, política de calidad y objetivos de calidad (ver ANEXO F) y por otra parte dos Normas Técnicas Colombianas referentes a la Familia de Guantes: NTC 2190. Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo y NTC 5684. Guantes de protección contra riesgos mecánicos.

Con ayuda del Gerente, la Directora Administrativa, la Coordinadora de Ventas, la Jefe de Producción y algunos colaboradores de la empresa, se realiza el Cuadro 12 donde se traducen los requisitos, necesidades y expectativas del cliente en características que el cliente perciba como valor con el fin de identificar como evaluarlas.

Cuadro 12. Compromisos Adquiridos por la Empresa con el Cliente.

Compromiso	Características Detalladas de Valor
Servicio al cliente	Tipos de asesoría: Telefónica, correo electrónico y visita comercial.
	Como percibe el cliente la asesoría en general: Excelente, buena e insuficiente, y si fue insuficiente y por qué.
	En caso que el cliente crea que hizo falta algo en la asesoría que por favor comunique que hizo falta.
	La atención del personal cuando se piden los productos y cuando se entregan.
	Conocimiento de los asesores sobre el producto, la comprensión de las necesidades del cliente, la orientación y claridad de la información suministrada para la selección del producto.
	Presentación personal de los asesores.
	Claridad de las cotizaciones
	Facilidad y rapidez para solicitar un pedido.
	Respuestas a peticiones, quejas y reclamos
	Información de los productos y acceso a la información en la página web.
	El seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto y el servicio postventa.
Cumplimiento	Modalidades de pago.
	Cumplimiento en las fechas de entrega.

Compromiso	Características Detalladas de Valor
Oportunidad	Cumplimiento con las cantidades solicitadas.
	Cumplimiento con el tipo de guante que se ha pedido.
	Información oportuna.
	Las cotizaciones son oportunas.
Eficientes mecanismos de distribución	Los tiempos de entrega establecidos.
	Capacidad de respuesta ante urgencias.
	Si se han presentados incumplimientos de requisitos, necesidades y expectativas de la calidad de los guantes, con qué frecuencia se presentan y en cuales requisitos son los que se han incumplido.
	Costuras sueltas
Calidad de los productos	Tallan las costuras
	Orificios en los guantes
	Dedos torcidos
	Refuerzo mal cosido
	Sobrantes de hilo
	Guantes llegan rasgados
	Se rasgan fácilmente
	Presentación de los guantes.
	Empaque de los guantes.
	Facilidad de manejo de los guantes embalados.
	Protección de las manos

Elaborado por los autores

Además de las características expuestas en el Cuadro 12, la empresa manifiesta que desea saber si al cliente le gustaría recibir asesoría en el lugar donde se utilizan los guantes, cómo perciben los clientes los precios de la Familia de Guantes con respecto a los precios de la competencia, si se conoce alguna insatisfacción por parte de los usuarios finales de los guantes, por último dar un espacio para que el cliente haga sugerencias que ayuden en el mejoramiento de los productos y servicios de la empresa y en la identificación de nuevas necesidades y expectativas.

En el Cuadro 13 se presentan las características de normatividad de la Familia de Guantes, que se encuentran en Normas Técnicas Colombianas NTC 2190 y NTC 5684, y significa que han sido investigadas por una entidad especializada en el tema y señalan la característica directa que debe ser medida (ver Cuadro 13).

Cuadro 13. Características de las Normas NTC 2190 y NTC 5684.

Características de Detalladas de Valor	Descripción
Resistencia al corte	Identificar cómo el cliente percibe que el guante es resistente a corte.
Resistencia al rasgado	Identificar cómo el cliente percibe que el guante es resistente al rasgado.

Características de Detalladas de Valor	Descripción
Resistencia a la perforación	Identificar cómo el cliente percibe que el guante es resistente a la perforación.
La talla del guante	La talla del guante es definida por la percepción del ajuste a la mano, buscando comodidad y por lo tanto fomentando el uso del guante.
Dexteridad	Es la capacidad de manipulación para realizar una tarea y se ve reflejada en la flexión del guante.
Comportamiento de las costuras	Resistencia de los hilos. Identificar si las costuras están tallando y afectando la comodidad del guante.
Embalaje del guante	Identificar cómo el cliente califica este para ver si protege el producto.

Elaborado por los autores.

Con las características de valor ya definidas en el estudio exploratorio, se contrasta con 5 clientes de la empresa para identificar si ellos tal vez tengan algunas que no se hayan tenido en cuenta, pero no se identifica ninguna, por lo tanto se procede a realizar el estudio descriptivo sobre la familia de guantes y la empresa para identificar como los clientes perciben el comportamiento de estas.

6.1.3.2 Estudio descriptivo, Hernández¹²⁰ define que un estudio descriptivo tiene como fin medir, evaluar o recolectar datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes de un fenómeno a investigar, a continuación se describen todos los aspectos que se deben tener en cuenta para desarrollar el estudio descriptivo.

Se aclara que el estudio descriptivo se hace en compañía de la empresa caso estudio, teniendo en cuenta que para ese momento se estaba en proceso de certificación y la empresa debía medir la satisfacción al cliente lo más pronto posible.

➤ **Población:** Con el fin de identificar el estado en que los clientes perciben las características de valor de la Familia de Guantes y de la empresa, se toma la decisión, con la empresa, de analizar la siguiente población de clientes:

Los clientes activos dentro de la base de datos de la empresa caso estudio y compradores de la Familia de Guantes al 22 de junio de 2011, totalizan un universo o población de 118 unidades.

➤ **Unidad de análisis:** Teniendo en cuenta que los guantes de la empresa son productos de protección personal y se consumen en diferentes sectores

¹²⁰ HERNÁNDEZ. Op Cit. p 102.

industriales, la unidad de análisis es el cliente empresa. En las empresas que componen la población a estudiar, hay una persona encargada de las compras, que es el responsable de analizar las diferentes características de valor de los proveedores, buscar un producto que cumpla con las necesidades del consumidor final y seleccionar el producto y proveedor más calificado para su empresa y su personal. Se define con la empresa, como unidad de análisis, a la persona encargada de realizar las compras en los clientes empresas, ya que esta persona tiene presente todas las características de valor de la Familia de Guantes y de la empresa caso estudio.

➤ **Técnica de recolección:** Hernández¹²¹ propone diferentes técnicas para llevar a cabo la consecución de los datos, entre ellas la más utilizada es el cuestionario o encuesta. Se procede a utilizar el cuestionario o encuesta como técnica de recolección de la información, porque esta es transmitida directamente por el objeto de estudio, minimizando el sesgo de la información, además se logra identificar la percepción, la opinión, el conocimiento, las actitudes y sugerencias que se tienen sobre las características o variables de valor de la Familia de Guantes y de la empresa caso estudio.

El desarrollo del **estudio exploratorio** se realiza en 5 días hábiles y el costo por investigador es \$30,000 por día, generando un costo total del estudio exploratorio de \$300,000, teniendo en cuenta que son dos investigadores.

Como la empresa está en proceso de certificación y tiene que realizar la medición de la satisfacción del cliente se aprovecha este aspecto para realizar el estudio en conjunto.

Para **aplicar la encuesta y realizar el estudio descriptivo** se tienen en cuenta dos métodos¹²² para la recolección de información, en la Tabla 10 se enseñan los factores que se tienen en cuenta para escoger el método que más se adecue a las necesidades.

Tabla 10. Comparación de métodos para la realización de las encuestas

Factores de costo	Telefónica	Presencial
Encuestas por día por encuestador	28	4
Horas laborales por día	8	8
Costo de una persona por día	\$ 30,000	\$ 30,000
Pago por encuesta	\$ 1,071	\$ 7,500
Costo de los minutos de la llamada (17 minutos	\$ 2,550	\$0

¹²¹ HERNÁNDEZ, Op Cit. p. 385.

¹²² Censo empresarial cámara de comercio de Palmira, Fundación Progresamos Alcaldía de Palmira Junio y Julio 2011.

Factores de costo	Telefónica	Presencial
por encuesta)		
Costo de Transporte	\$0	\$2,500
Costo total por encuesta	\$ 3,621	\$ 10,000

Elaborado por los autores

La Tabla 10 muestra que teniendo la base de un costo por persona al día de \$30,000 pesos y contando con que por medio telefónico se realicen 28 encuestas por día, el costo más económico por encuestas y la forma más rápida de recolectar la información es telefónicamente.

Por lo tanto la mejor opción para recolectar la información de las encuestas es el método telefónico y es elegido para la realización del estudio descriptivo.

➤ **Instrumento de medición:** En la revisión literaria no se encontró ningún estudio similar que se pudiese aplicar o uno para basarse donde se evalúen las características de valor de una Familia de Guantes o de un guante, siendo así necesario elaborar un instrumento propio a partir de las características de valor obtenidas en el estudio exploratorio (ver ANEXO G).

➤ **Tipo de muestra:** El tipo de muestra definido para el estudio de valor en la Familia de Guantes es de tipo probabilístico. Un muestreo probabilístico según Hernández¹²³, es un “subgrupo de la población en el que todos los elementos de ésta tienen la misma posibilidad de ser elegidos” al utilizar un muestreo de selección sistemático.

➤ **Selección del tamaño de la muestra:** Walpole¹²⁴ propone que en las situaciones donde los resultados obtenidos de una población son de forma binomial, es decir éxito o fracaso, que para efectos del estudio se contempla como satisfacción e insatisfacción, respectivamente, se debe usar proporciones para identificar el tamaño n de la muestra, tal que, esta sea representativa de la población N . Para la obtención de la muestra es necesario definir la varianza de la población, el nivel de confianza y el error estándar. Inicialmente se haya la varianza de la población por medio de una prueba piloto*. Con el complemento de la hoja electrónica Microsoft Excel, Análisis de Datos/muestra, se seleccionan 30 números de manera aleatoria de la población para definir la lista de los clientes con que realiza la prueba piloto.

¹²³ HERNÁNDEZ. Op Cit. p.241.

¹²⁴ WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H. y MYERS, Sharon L. Probabilidad y Estadística para Ingenieros, 6ª. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México: 1999. p. 264.

* Walpole plantea el uso de una muestra piloto mayor o igual a 30 individuos de la población a estudiarse, donde también se permite identificar la validez del método a trabajar.

El proceso de recolección de los datos es realizado por vía telefónica. Con la prueba piloto se identifica y reconoce que las preguntas se encuentran bien planteadas y son de entendimiento del encuestado y los resultados se pueden aplicar en los problemas de estudio, por último se obtiene la varianza de la población.

Se utiliza una encuesta en la prueba piloto donde el cliente evalúa cada característica de valor (variable) y se obtiene una proporción de satisfacción (p) cuando el cliente responde 4 (bueno) o 5 (excelente) e insatisfacción (q) cuando la respuesta es 3 (regular), 2 (Insuficiente), 1 (deficiente) o NA que significa que el cliente no percibe beneficios por parte de la empresa con la característica medida, cuya multiplicación da como resultado la varianza de cada variable. Al comparar los resultados se selecciona la mayor varianza, para este estudio se obtiene un valor de 0.25 (ver ANEXO H), que es resultado de multiplicar la proporción de satisfacción $p=0.5$ con la de insatisfacción $q=0.5$, esta varianza es definida como la mayor que se puede obtener en cualquier estudio de este tipo, y se genera en la pregunta 5.M.

Una vez que se ha definido la varianza del estudio, se procede a definir el error estándar y el nivel de confianza.

Dependiendo del tipo de estudio a realizar, se escoge el nivel de confianza y el error. “Los niveles de confianza que se emplean con más frecuencia son 95%, 99% y 90%”¹²⁵, cuando son productos que tienen alto impacto en la vida humana o de los cuales depende la salud de una persona se utilizan niveles de confianza de 99% o más y errores de 1% o menos, dado que entre más amplio sea el nivel de confianza se puede tener más seguridad que el intervalo dado contenga el parámetro desconocido y entre más pequeño sea el error, menor es el intervalo en el que puede variar el parámetro de estudio. Por otra parte, para estudios que tengan menos impacto en la vida humana normalmente se utilizan niveles de confianza y errores menores, de 90% o 95% y de 1% a 10% respectivamente, por lo tanto, estos valores disminuyen la muestra y el costo del estudio. Walpole¹²⁶ opina que es mejor tener un nivel de confianza bajo que un error estándar alto, dado que el error define el intervalo de confianza de la variable, con base en lo enunciado por Walpole se procede a seleccionar el nivel de confianza y el error estándar.

Para seleccionar el error estándar y el nivel de confianza del estudio de valor de la familia de productos de guantes, se tiene en cuenta que el mal funcionamiento del producto que fabrica la empresa no atenta contra la vida del usuario, aunque si

¹²⁵ DEVORE, Jay L. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. 6ª ed. International. Thomson Editores. México. D.F: 2005. p. 281.

¹²⁶ WALPOLE. Op Cit. p. 242. =245

puede tener un alto impacto ya que este protege las manos, por lo tanto no es necesario un nivel de confianza alto, pero si un nivel intermedio. Por otra parte, se tiene en cuenta los costos que conllevan realizar el estudio y se compara con el presupuesto de \$600.000 pesos que se presentó en el anteproyecto del trabajo de grado, este se utiliza para realizar el estudio de valor de la familia de guantes seleccionada.

Para obtener la muestra que se selecciona de acuerdo con la varianza obtenida se utilizan las siguientes fórmulas¹²⁷ (los resultados obtenidos con las siguientes ecuaciones se enseñan en la Tabla 11):

Ecuación 16. Tamaño de la Muestra para Poblaciones Infinitas

$$n' = \frac{\rho * q \left(Z_{\frac{\alpha}{2}}\right)^2}{e^2}$$

Donde:

n' : Tamaño de la muestra para poblaciones infinitas.

ρ : Proporción de clientes satisfechos (éxito).

q : Proporción de clientes insatisfechos (fracaso).

$\rho * q$ = Varianza de la población.

$\left(Z_{\frac{\alpha}{2}}\right)^2$: Valor normalizado del nivel de confianza.

e : Error estándar.

Para poblaciones donde se conoce la cantidad de elementos, como es el caso de la población de estudio se utiliza la fórmula a continuación:

Ecuación 17. Corrección por Finitud

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

¹²⁷ Ibíd. p. 266.

n' = Tamaño de la muestra para poblaciones finitas.

N = Tamaño de la población.

En la Tabla 11 se comparan los costos obtenidos con la variación del nivel de confianza y el error estándar, para seleccionar el tamaño de muestra de acuerdo al presupuesto que se tiene para el estudio de valor. El costo total con cada variación se obtiene multiplicando el costo de la encuesta (ver Tabla 10) y el tamaño de la muestra n (ver Tabla 11).

Tabla 11. Comparación de Niveles de Confianza y Errores.

Nivel de Confianza	Error estándar	$Z_{\frac{\alpha}{2}}$	n'	n	Costo
90%	0.05	1.64	269	83	\$ 300,543
90%	0.03	1.64	747	102	\$ 369,342
90%	0.01	1.64	6,724	116	\$ 420,036
95%	0.05	1.96	384	91	\$ 329,511
95%	0.03	1.96	1,067	107	\$ 387,447
95%	0.01	1.96	9,604	117	\$ 423,657
99%	0.05	2.57	660	101	\$ 365,721
99%	0.03	2.57	1,835	111	\$ 401,931
99%	0.01	2.57	16,512	118	\$ 427,278

Elaborado por: Los autores.

Con base en la Tabla 11 y el costo del estudio exploratorio (\$300,000) y el presupuesto programado en el anteproyecto de trabajo de grado (\$600,000) la combinación del nivel de confianza y error estándar que más se adapta es 90% y 5%, respectivamente, que generan una muestra de 83 clientes a encuestar, es decir que el costo de realizar el estudio descriptivo es de \$300,543 pesos y el costo total del estudio de valor de \$602,950 pesos.

Los datos registrados para la prueba piloto, fueron analizados con el programa *IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences) STATISTICS 19* para Windows.

La confiabilidad del instrumento se calculó mediante la consistencia interna de la escala que se mide por el estadístico de alfa de Cronbach (α)¹²⁸. Los resultados

¹²⁸ La confiabilidad de un instrumento puede cuantificarse a través de otros métodos como el test-retest. Los sujetos responden dos veces a la misma encuesta, dejando entre las dos veces un intervalo de tiempo para observar si se tienen resultados iguales; método de pruebas paralelas, se preparan dos versiones de la misma encuesta, los ítems son distintos en cada encuesta pero con ambos se pretende medir lo mismo, respondidas por los mismos sujetos. No obstante, en este estudio se ha optado por el método alfa de Cronbach que tiene un mayor reconocimiento a largo de la literatura; además,

indican que la encuesta tiene un índice de confiabilidad $\alpha = 0.790$. Rosenthal¹²⁹ (en García, 2006) dice que si la prueba pretende tomar decisiones sobre una persona, se requiere como mínimo una confiabilidad de 0.9 y si el cuestionario es para investigación un mínimo de 0.5. Por su parte, Nunnally y Bernstein¹³⁰ (en Hogan, 2004) proponen una fiabilidad mínima de 0.9 y 0.7 respectivamente. Por otro lado Kaplan y Sacuzzo¹³¹ (en Hogan, 2004) señalan que para cualquier propósito de investigación una confiabilidad entre 0.7 y 0.8 es suficientemente buena, mientras que la confiabilidad de las encuestas que influyen sobre el futuro de la personas debe ser superior a 0.95, teniendo en cuenta lo enunciado, un índice de confiabilidad $\alpha = 0.790$ es adecuado para el tipo de investigación realizada.

Por otra parte se evalúa la validez del método de recolección mediante dos componentes o medidas, evidencia de contenido y evidencia de constructo¹³².

La validez de contenido se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide, es decir, la congruente relación entre el marco teórico, los objetivos del estudio y la encuesta desarrollada. Esta validez es otorgada o expresada de forma subjetiva. El procedimiento más utilizado para determinar este tipo de validez es el que se conoce con el nombre de juicios de expertos, por lo cual se presentó a consideración del director del trabajo de grado, el Gerente de la compañía, la Directora Administrativa y la Coordinadora de Ventas, dando una respuesta de alto grado de congruencia para la encuesta y proponiendo anexar preguntas que brinden opciones de mejora para la compañía y no se afecte la congruencia con los otros literales presentes.

Las evidencias presentadas demuestran que el instrumento tiene características de validez positivas, por lo tanto se concluye que la encuesta puede ser aplicada en el estudio.

➤ **Elección de los elementos de la muestra:** Se cuenta con una lista donde se encuentran todas las unidades de análisis enumeradas del 1 al 118 y en orden alfabético.

los métodos anteriormente mencionados presentan como requisito el uso de dos mediciones en el tiempo que presenta una gran complejidad operacional.

¹²⁹ GARCÍA CADENA, Cirilo H. "la medición en ciencias sociales y en la psicología". En: LANDEROS HERNÁNDEZ, René. Estadística con SPSS y metodología de la investigación. México, Trillas, 2006. p. 150. ISBN 970-637-108-7.

¹³⁰ HOGAN, Thomas P. Pruebas psicológicas, una introducción práctica. México: Manual Moderno, 2004. p. 97. ISBN 978970290877.

¹³¹ IBID., p. 98.

¹³² Aunque existe otro componente que es la validez de criterio no se toma en cuenta debido a que se requiere disponer de otra investigación que dé cuenta su validez y como se expresó anteriormente no se haya dicha información en la referencias investigadas.

Las unidades de análisis de la empresa constituyen una población heterogénea puesto que se dedican a diferentes tipos de actividades económicas (sector azucarero, sector petrolero, sector minero, sector metalúrgico, sector de alimentos, entre otros) y utilizan productos de la Familia de Guantes con diferentes tipos de características, por esto se hace necesario elegir un método para seleccionar los elementos muestrales abarcando toda la lista de clientes, para este caso se utiliza el método de muestreo sistemático¹³⁶.

Como en la realización de la muestra piloto se seleccionaron 30 elementos muestrales, teniendo en cuenta que la muestra final obtenida es de 83 (ver Tabla 11), se seleccionan los 53 elementos que hacen falta para completar la muestra por medio del muestreo sistemático.

Este procedimiento implica elegir dentro de la población que queda después de la muestra piloto N (88) un número de elementos muestrales n (53) a partir de un intervalo K, determinado de la siguiente forma:

Ecuación 18. Calculo de Intervalo de Selección.

$$K = \frac{N}{n} = \frac{88}{53} = 1.6604 \cong 2$$

En conclusión, cada dos unidades de análisis se escoge una para aplicar la encuesta. Para iniciar el proceso de selección se toma un numero aleatorio entre 1 y 2, y se empieza a contar de dos en dos a partir del número obtenido, en este caso el numero aleatorio fue el 2, es decir que el primer elemento de la muestra es el que se encuentre en la posición número 2 en la lista, posteriormente se escogen los números ubicados en las posiciones 4, 6, 8... y así sucesivamente hasta elegir los 53 elementos muestrales faltantes.

6.1.3.3 Resultados del estudio de valor de la familia de guantes. En las preguntas de la encuesta de satisfacción donde se evalúa la percepción del cliente, se obtiene 2673 respuestas satisfactorias* de un total de 3124.

Con estos resultados se evalúa la percepción de satisfacción del cliente con respecto al valor de los productos por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 19. Calculo del Nivel de Satisfacción

$$\text{Nivel de satisfacción} = \frac{\text{Respuestas Satisfactorias}}{\text{Total respuestas}} = \frac{2673}{3124} = 85.56\%$$

¹³⁶ El muestreo sistémico es utilizado cuando se tiene una población finita o lista en determinado orden, tiempo o espacio.

* Se toma como una respuesta satisfactoria cuando es respondida como buena (4) o excelente (5)

El nivel de satisfacción de los clientes de la Familia de Guantes y de la empresa caso estudio dio como resultado **85.56%**.

Los resultados obtenidos a continuación presentan las respuestas de las preguntas que inciden directamente en el flujo de valor desde la entrada de la materia prima a la empresa, hasta la entrega al cliente (ver estudio completo ANEXO I).

Pregunta 6. ¿En los pedidos se han presentado guantes defectuosos?

El 60% de los clientes están satisfechos por no haber encontrado defectos en los guantes.

Gráfico 7. Distribución sobre guantes defectuosos en los pedidos



Elaborado por los autores

Tabla 12 Distribución de los datos sobre los guantes defectuosos en los pedidos

Respuesta	Cantidad de clientes.	Proporción
No	50	60.24%
Si	33	39.76%
Total general	83	100.00%

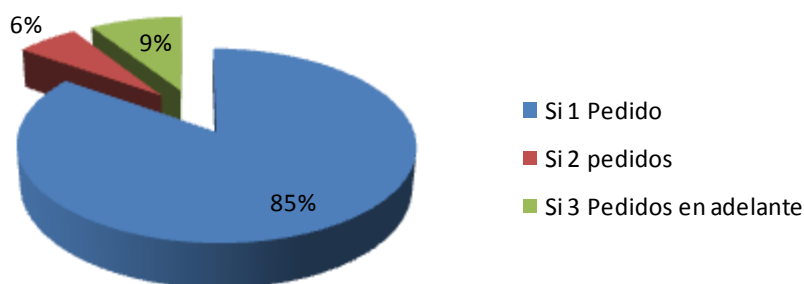
Elaborado por los autores

Aproximadamente el 40% de los clientes encuentran guantes defectuosos en los pedidos, siendo una proporción alta de clientes, que se ve reflejada en sus satisfacción. Esta es una característica que se debe controlar debido a que los clientes de la empresa pueden dejar de comprar.

Pregunta 7. En caso de responder No en la pregunta anterior (6) pase a la pregunta número 9, de lo contrario responda: Aproximadamente en un mes ¿En cuántos pedidos han presentado productos defectuosos?

En este literal se mide la frecuencia con que se han presentado los productos defectuosos de todos los 33 clientes que en la pregunta 6 responden Sí.

Gráfico 8. Distribución de los datos sobre la cantidad de pedidos en que se han presentado productos defectuosos



Elaborado por los autores

La mayoría de los clientes que responden que en sus pedidos han llegado guantes defectuosos (28) argumentan que han llegado en 1 pedido, por lo tanto no es una situación que se repita constantemente, pero sí es necesario que la revisión final que se hace en el almacén de producto terminado sea más efectiva.

Pregunta 8. ¿Cuáles son los defectos encontrados en los guantes?

Con base en las respuestas obtenidas de los clientes encuestados, se define que los principales defectos que se encuentran en los guantes son las costuras sueltas, los guantes llegan rasgados y tallan las costuras, siendo representados según Tabla 13 y Gráfico 9.

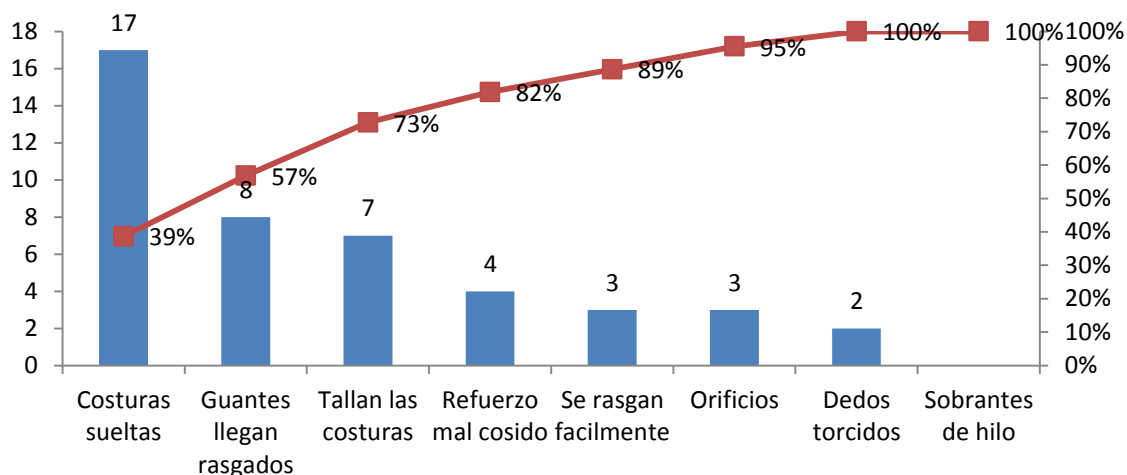
Tabla 13. Defectos que se han encontrado en los guantes.

Defecto	Frecuencia	Frec. Relativa	Frec. Relativa acumulada
Costuras sueltas	17	39%	39%
Guantes llegan rasgados	8	18%	57%
Tallan las costuras	7	16%	73%
Refuerzo mal cosido	4	9%	82%

Defecto	Frecuencia	Frec. Relativa	Frec. Relativa acumulada
Se rasgan fácilmente	3	7%	89%
Orificios	3	7%	95%
Dedos torcidos	2	5%	100%
Sobrantes de hilo	0	0%	100%
Total	44	100%	

Elaborado por los autores

Gráfico 9. Participación de los defectos que se encuentran con frecuencia en los guantes.



Elaborado por los autores

En el Gráfico 9 se evidencia que los principales defectos encontrados son los siguientes:

Las costuras sueltas, tienen una participación del 39% en los defectos que los clientes encuentran, estas se dan en el proceso de armado y cerrado por diferentes causas, falta de aceite en la máquina, falta de filo de la aguja o debido a la velocidad del operario al realizar las actividades de confección, generando que la máquina no alcance a realizar la operación de cosido de las piezas adecuadamente y queden débiles para la utilización del guante.

Los guantes llegan rasgados, tienen una participación en los defectos del 18%, este defecto se puede dar por la siguientes causas; la materia prima está en mal estado (podrida) o muy delgada y pasa el proceso de Inspección, el operario que realiza el proceso de armado o cerrado cose muy cerca del borde del guante o el encargado de voltear el guante hace mucha fuerza al producto y lo rompe.

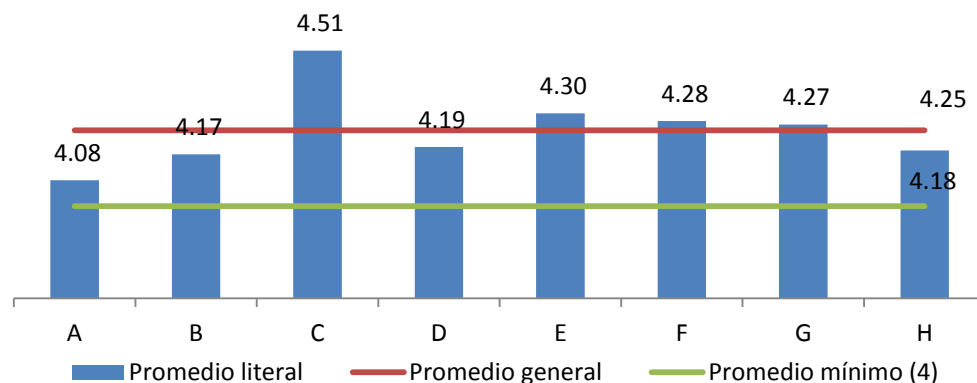
Los guantes tallan en las costuras, tienen una participación en los defectos del 16%, esto se da porque no se ranuran los guantes en la operación de volteado de forma adecuada o en el proceso de armado o cerrado no se cose el guante como está estipulado.

Los anteriores son los defectos más representativos encontrados en la muestra realizada y juntos suman el 72% de los principales defectos que los clientes encuentran, una de las principales causas por las que se dan los defectos es que los operarios trabajan por unidades producidas y entre más rápido hagan sus actividades más dinero obtienen realizando en muchas ocasiones un trabajo de baja calidad.

Pregunta 9. Califique en una escala de 5 a 1 las características de los guantes, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, NA No aplica.

De acuerdo a la forma de calificación de la encuesta las preguntas que obtengan puntajes menores a 4 (bueno) son preguntas de insatisfacción del cliente. En el Gráfico 10 se enseña el resumen de los promedios de cada literal.

Gráfico 10. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 9.



Elaborado por los autores

A continuación en la Tabla 14 se muestra el porcentaje de clientes satisfechos por cada literal:

Tabla 14. Satisfacción de los clientes pregunta 9.

Ítem	% satisfacción
A. Resistencia de los hilos	86.7%

Ítem	% satisfacción
B. Flexión del guante	84.3%
C. Protección de las manos	98.8%
D. Comodidad en las costuras	89.2%
E. Ajuste del guante a la mano	92.8%
F. Resistencia al corte	91.6%
G. Resistencia a la perforación	91.6%
H. Resistencia al rasgado	89.2%

Elaborado por los autores

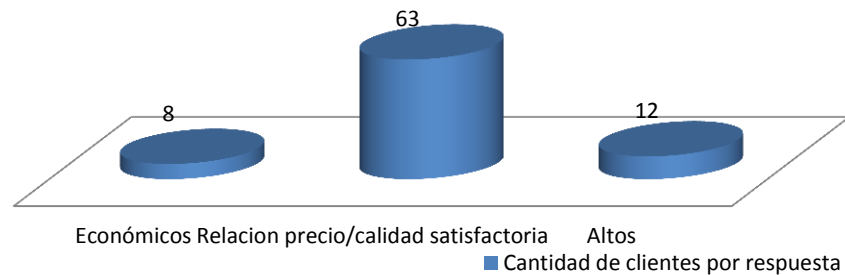
Estas características relacionadas con la calidad del producto tienen calificaciones promedio por encima de 4, lo que significa que todas las características de valor evaluadas en esta pregunta están por encima de una calificación buena. Las causas que pueden generar insatisfacción en estas características se presentan en los cueros utilizados en los guantes que al estar almacenados por mucho tiempo pierden sus propiedades, volviéndose duros y poco maleables, y dependiendo de las condiciones de almacenamiento y la exposición a la humedad se pudren perdiendo su resistencia.

Pregunta 10. ¿Cómo percibe el precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia?

En esta pregunta el cliente tiene tres opciones de respuesta, cuando selecciona las respuestas: económicos y relación precio/calidad satisfactoria se define que está satisfecho e insatisfecho si la respuesta a la pregunta son los precios altos.

El nivel de satisfacción del cliente para este literal es del 85.5%, soportado por las respuestas de los 71 clientes. En este caso la mayoría de respuestas se encuentran en la *relación precio/calidad satisfactoria* (ver Gráfico 11).

Gráfico 11. Percepción sobre el precio de los guantes de la empresa Vs competencia.



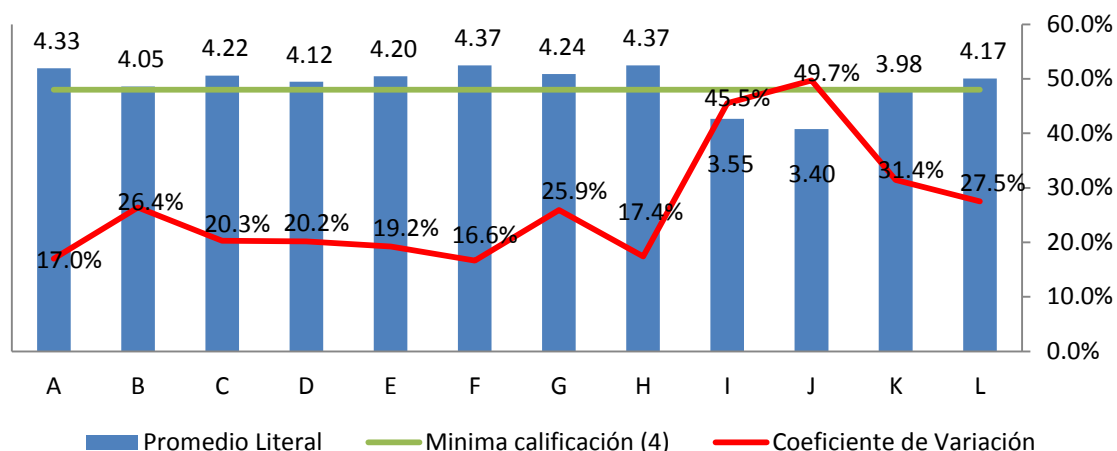
Elaborado por los autores

Los empleados de la empresa aseguran que los productos son unos de los más costosos en el mercado, debido a que la materia prima que se utiliza es de la mejor calidad. Como consecuencia de los altos costos muchas veces el cliente no compra en la empresa y se pierde la venta. Los resultados obtenidos en esta pregunta junto con las opiniones de los empleados generan la necesidad de buscar cómo disminuir los costos sin disminuir la calidad de la materia prima ni del producto.

Pregunta 11. Con base en los pedidos que normalmente usted realiza califique de 5 a 1 las características de la empresa y los productos, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, N/A No aplica.

De acuerdo a la forma de calificación de la encuesta, las preguntas que obtengan puntajes menores a 4 (bueno) son preguntas de insatisfacción del cliente, (ver Gráfico 12).

Gráfico 12. Características de valor evaluadas en la pregunta 11.



Elaborado por los autores.

La satisfacción de los clientes con respecto a la pregunta 11 se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Satisfacción de los clientes pregunta 11.

Ítem	% Satisfacción
A. Presentación de los guantes	96.4%
B. Empaque de los guantes	90.4%
C. Facilidad de manejo de los guantes embalados	95.2%
D. Los tiempos de entrega establecidos	83.1%
E. Cumplimientos con las fechas de entrega	88.0%
F. Cumplimientos con las cantidades solicitadas	90.4%
G. Atención del personal en la entrega del producto	92.8%
H. Cumplimiento con el tipo de guante que se ha pedido	94.0%
I. El seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto	90.7%
J. Servicio postventa	68.7%
K. Capacidad de respuesta ante urgencias	81.9%
L. Modalidades de pago	89.2%

Elaborado por los autores

Los características de valor evaluadas en los literales A, C, D, E, F y H (ver Tabla 15) de la pregunta 11, tienen un nivel de satisfacción alto, un promedio de calificación por encima de 4 y coeficientes de variación menores o iguales a 20%

(ver Gráfico 12) lo que significa que hay homogeneidad en estos resultados y que se puede confiar en que las personas tienen una buena percepción de las características.

Los características de valor evaluadas en los literales B, G y L (ver Tabla 15) de la pregunta 11, tienen calificaciones muy cercanas a cuatro pero coeficientes de variación entre 20% y 30% (ver Gráfico 11), por lo tanto tienen más variabilidad y dado que están muy cerca de 4 hay que tomar acciones para mejorarlas.

La característica *K. Capacidad de respuesta ante urgencias*, tiene una calificación menor que 4 (3.98) y un coeficiente de variación de 31%, lo que significa que las respuestas de los clientes están más dispersas, por lo tanto hay clientes que califican como buena la capacidad de respuesta de la empresa ante urgencias y hay otros que la ven regular, siendo necesario que la empresa mejore esta característica.

Las características *I. El seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto* y *J. Servicio postventa*, tienen las calificaciones y los coeficientes de variación más bajos de esta pregunta, 3.55 y 50% y 3.44 y 46% respectivamente, estas bajas calificaciones y alta variabilidad se genera por que a algunos clientes se les hace constantemente un seguimiento a sus productos y un servicio postventa mientras que a otros no.

Pregunta 12. ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes?

En este literal se definen como satisfechos las unidades muestrales que respondan No, esto se traduce en que los usuarios del guante sienten que el producto ha llenado sus expectativas.

Partiendo de lo enunciado, se define un nivel de satisfacción del cliente ubicado en un 83%, representado por una cantidad de 68 clientes de la muestra (ver Tabla 16).

Tabla 16 ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes?

Opción	Cantidad de clientes	Participación de los clientes en las diferentes opciones.
No	68	82.93%
Si	14	17.07%
Total general	82	100.00%

Elaborado por los autores

Pregunta 13. En caso de responder Si a la pregunta anterior (12), responda a continuación ¿En qué aspectos dicen los usuarios que presentan insatisfacción?

Las respuestas de los clientes en esta pregunta se enfocaron principalmente al desgaste, la duración, la flexión, la talla de los guantes, las costuras descocidas y la resistencia. Por otra parte un cliente asegura que hace falta asesoría para la selección de sus productos.

Pregunta 14. ¿Qué sugerencias tiene para mejorar nuestros productos y servicios?

Entre las sugerencias que los clientes tienen para la empresa y los productos se destaca:

- Tienen una calidad excelente.
- Sugieren asesores que visiten los clientes a nivel regional y nacional que puedan analizar mejor sus necesidades y prestar un mejor servicio.
- Mejorar los precios de los productos, debido a que muchos son comercializadores y argumentan que hay empresas que venden a menores precios que la empresa caso estudio sin ser productores.
- Analizar la viabilidad de realizar nuevos productos que cumplan mejor con las necesidades.
- Los guantes les gustan mucho a los usuarios finales.
- Mejorar las condiciones de crédito y pago.
- Mejorar la atención en la toma de pedidos.
- Mejorar los tiempos de entrega.
- Manejar stocks de inventario para los clientes.

6.1.4 Mapeo Inicial (VSM Inicial), ya seleccionada la familia de productos y analizadas sus características de valor, se desarrolla el levantamiento de la información para realizar el VSM y se toma en cuenta la experiencia de Bill Carreira¹³⁷, donde explica que una empresa que manejaba un excelente proceso de producción por lotes con celdas de manufactura optimizadas, que había dedicado una cantidad importante de recursos, esfuerzo y logrado disminuir los tiempo de ciclo de la maquinaria entre 7 y 15 segundos, no encontraban la forma de disminuir sus niveles de inventarios entre procesos, su *Lead time* era extenso y los productos se estancaban en la empresa y no salían hacia un cliente volviéndose obsoletos, por lo tanto el levantamiento del VSM en el presente

¹³⁷ CARREIRA, Bill. Op. Cit. p 86.

trabajo se encuentra enfocado a revisar el flujo de valor de la familia de guantes desde una perspectiva amplia de todos los procesos, revisando los inventarios y tiempos entre procesos, sin indagar en el mejoramiento interno de cada uno de ellos.

La empresa caso estudio tiene un turno de 9 horas y 5 min (32,700 seg) de lunes a sábado, distribuido desde las 6:30am hasta las 12:00 pm, un descanso de 9:00 am a 9:15am y de 1pm hasta las 5pm con un descanso de 3 a 3:10pm, 24 días al mes. Los guantes se componen principalmente de vaqueta y carnaza, además de otros materiales como el hilo y ribete. Las pieles de cuero son entregadas al personal para que elaboren las piezas básicas de un guante, las principales son palma, mariposa, cuatro dedos, puño y pulgar, estas se ensamblan en el transcurso del proceso con hilo y se les agrega el ribete

6.1.4.1 Descripción Del Proceso¹³⁸: Se reciben pedidos a diario de los clientes, que solicitan cantidades promedio de 300 pares, y pueden variar desde 12 hasta más de 5,000, los pedidos grandes normalmente se difieren en varias entregas dependiendo de las necesidades que el cliente comunique. Mensualmente la cantidad promedio de pares de guantes que se piden es de 23,088, es decir 962 pares de guantes promedio por día, y se despachan en envíos diarios de acuerdo a la solicitud de los clientes por medio de una empresa de transportes a nivel nacional y con transporte propio a los alrededores de la ciudad de Palmira, los guantes son empacados en bultos con capacidad para 300 pares. El cliente de la empresa puede realizar su pedido por vía telefónica, e-mail, fax o recurriendo a la fuerza de ventas de la compañía

La coordinadora de ventas revisa si el producto se encuentra en bodega, si hay producto remite la orden a despachos para que se envíe el producto al cliente en el mismo día, si no hay productos se la remite al jefe de producción para que programe su fabricación de acuerdo a los plazos de entrega de la empresa, entre 3 a 5 días para pedidos promedio, pero para pedidos más grandes se acuerda con el cliente las fechas y cantidades de entrega. Cuando llega un pedido se registra en el sistema y se envía al almacén de producto terminado, la persona encargada del almacén revisa si cuenta con inventario de las referencias solicitadas para despacharlas, en caso de no tener stock, envía al jefe de producción la cantidad restante para completar el pedido y se agrega a la programación.

El jefe de producción determina cuál es la cantidad de guantes que se van a realizar durante el día basándose en los pedidos de los clientes entregados por la coordinadora de ventas, con esta información el almacenista se moviliza hasta el área donde se guarda la materia prima y provee la cantidad a utilizar durante el turno por cada operario, el jefe de producción entrega la programación al patinador

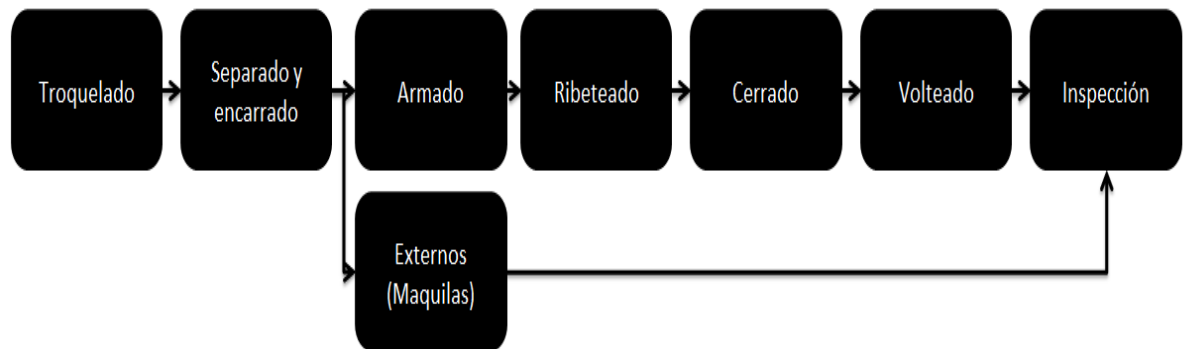
¹³⁸ Información obtenida de acuerdo a la metodología del Libro *Learning to see* de los autores Rother y Shook.

de la empresa que es el encargado de supervisar la realización de los productos y de entregar a cada proceso las unidades a realizar. El proceso de troquelado tiene como tarea realizar 30 docenas por operario de acuerdo a la programación.

Desde producción se emiten órdenes semanales o quincenales, vía telefónica, hacia el proveedor, solicitando un promedio de 44,400 ft de cuero, que son embalados en bultos de 2,300 ft y son recibidos en un promedio de cada 2 a 3 semanas hábiles dependiendo de la disponibilidad del proveedor. A la fecha del levantamiento de la información se encuentran 231,499.55 ft de cuero, teniendo en cuenta que un par de guantes en promedio consume 4.44 ft, es decir que se cuenta con una disponibilidad para realizar aproximadamente 52,112.

Tal como se muestra en el Gráfico 13, la fabricación del guante comienza con el proceso de troquelado, este cuenta con 9 máquinas troqueladoras y 6 operarios, cada operario se demora en troquelar las 10 piezas promedio de un par de guantes 84 segundos, a medida que cada troquelador corta las piezas del guante, estas se depositan en recipientes ubicados junto a cada máquina, para que cada operario del área de separado y encarrado se desplace hasta esa localización y recoja las unidades que se producen. Se calcula un inventario en proceso de aproximadamente 2,160 piezas con las que se puede realizar 216 pares de guantes, los troqueles de la máquina se deben cambiar cuando se realiza una referencia que no tenga las mismas piezas que se están troquelando, estos se encuentran ubicados al lado de cada máquina y los operarios se tardan 10 segundos en cambiarlos¹³⁹.

Gráfico 13: Flujo de Proceso



Elaborado por los Autores.

¹³⁹ Fuente de información: Información recolectada por los autores por medio de un formato, ver ANEXO K.

El proceso de separado y encarrado cuenta con 3 operarios que transportan las piezas a la mesa de trabajo y las agrupan de acuerdo a su tipo, se inspeccionan verificando que el material se encuentre en óptimas condiciones y por último encarran (cuentan) las piezas hasta completar 120 unidades de cada tipo, este proceso es manual y no tiene tiempo de alistamiento o cambio de formato. El operario de separado y encarrado transporta hasta el ascensor del primer piso la cantidad de piezas que se programan para producción interna que de acuerdo al movimiento de material¹⁴⁰ es en promedio del 68.06% de la producción de troquelado, la producción que se envía subcontratación es en promedio el 27.22% son entregados a diario en horas de la mañana por la maquilas y la producción que queda y se almacena es del 4.72% Las piezas de producción interna se reciben en el ascensor y se transportan hasta el proceso de armado en el tercer piso en 10 segundos en promedio donde el patinador de ese piso las revisa antes de distribuirlas. Cada operario se demora en encarrar 10 piezas que componen un par de guantes en promedio 24 segundos; en este proceso se encuentran 304,320 piezas de diferente tipo separadas y encarradas, es decir aproximadamente la cantidad para producir 30,432 pares de guantes, pero estas piezas no se han utilizado en los productos y se almacenan como producto en proceso (*WIP, Work In Process*) en estanterías en el segundo piso, donde muchas de ellas se encuentran obsoletas.

El proceso de armado cuenta con 5 máquinas planas y 5 operarios, el patinador del tercer piso desamarra los paquetes entregados por el proceso de separado y encarrado, los reorganiza por docenas de guantes, es decir 12 de cada tipo de pieza del guante para cada lado, posteriormente los entrega al proceso de armado. El armador en la medida que está ensamblando cada guante lo va depositando en un recipiente para que en el momento en que sea completada la docena de ítems, sean recogidos por el patinador para que se organice la docena y se transporte a la sección de ribeteado. Cada armador se demora aproximadamente 330 segundos en ensamblar 10 piezas de un par de guantes y se encuentran en el recorrido por el proceso 84 pares de producto armado.

El proceso de ribeteado cuenta con 2 máquinas ribeteadoras y 1 operario; una de las máquinas se encuentra fuera de servicio. El patinador revisa los guantes armados y los entrega al ribeteador, este se demora aproximadamente 20 segundos por par y se encuentran en el recorrido por el proceso 24 pares de producto armado.

El proceso de cerrado cuenta con 2 máquinas planas y 2 operarios, el patinador revisa los guantes ribeteados y los entrega a los cerradores, donde el operario recibe la docena de guantes para realizar el proceso, en la medida en que cierra los guantes los deposita en un recipiente, cuando se completa la docena es

¹⁴⁰ Fuente de información: Sistema de información SAI OPEN, Análisis realizado por los autores

recogida por el patinador para que los organice, revise y se transporten a la sección de volteado. Cada uno de los operarios se demora aproximadamente 133 segundos cerrando un guante y se encuentran en el recorrido por el proceso 108 pares de guantes cerrados para ser llevados al proceso de volteado por el patinador.

En los procesos de armado, ribeteado y cerrado al inicio de cada día los operarios se cambian la aguja y aceitan la máquina plana y no existe tiempo de cambio de formato porque la aguja sirve para todos los productos de la empresa.

En volteado como último proceso de transformación, cada unidad se ranura, se voltean los dedos, se voltea el guante, se inspecciona y se amarra la docena, para que sea transportada a la bodega de producto terminado. El proceso cuenta con 2 operarios de volteado, cada uno se demora en promedio 136 segundos en voltear un guante y se encuentran en el recorrido por el proceso 1,680 pares volteados pendientes de inspección, la mayoría de ellos son de maquilas pero se tienen sin mecanismos que permitan diferenciar cuales son de los externos, este proceso es manual y no tiene tiempo de alistamiento o cambio de formato.

Para almacenar los productos en la bodega, los guantes se deben ingresar al sistema de información y pasar por el proceso de Inspección. La revisión la desarrolla un operario sin maquinaria; consiste en inspeccionar todos los guantes que se terminan en el proceso de volteado y los que traen las maquilas (subcontratación) para verificar si cumplen con los requisitos de calidad de la empresa; el tiempo que se demora el operario en revisar un par de guantes es de 10 segundos, este proceso es manual y no tiene tiempo de alistamiento o cambio de formato. A la fecha del levantamiento del *Value Stream Mapping* inicial, se encuentran en la bodega de producto terminado 16,707 pares de guantes.

Con la información obtenida en recorrido por el flujo se hace el levantamiento del Mapeo Inicial del flujo de valor de la familia de guantes de la empresa caso estudio¹⁴¹, ver Gráfico 14, con base en las convenciones presentadas a continuación en el Cuadro 14:

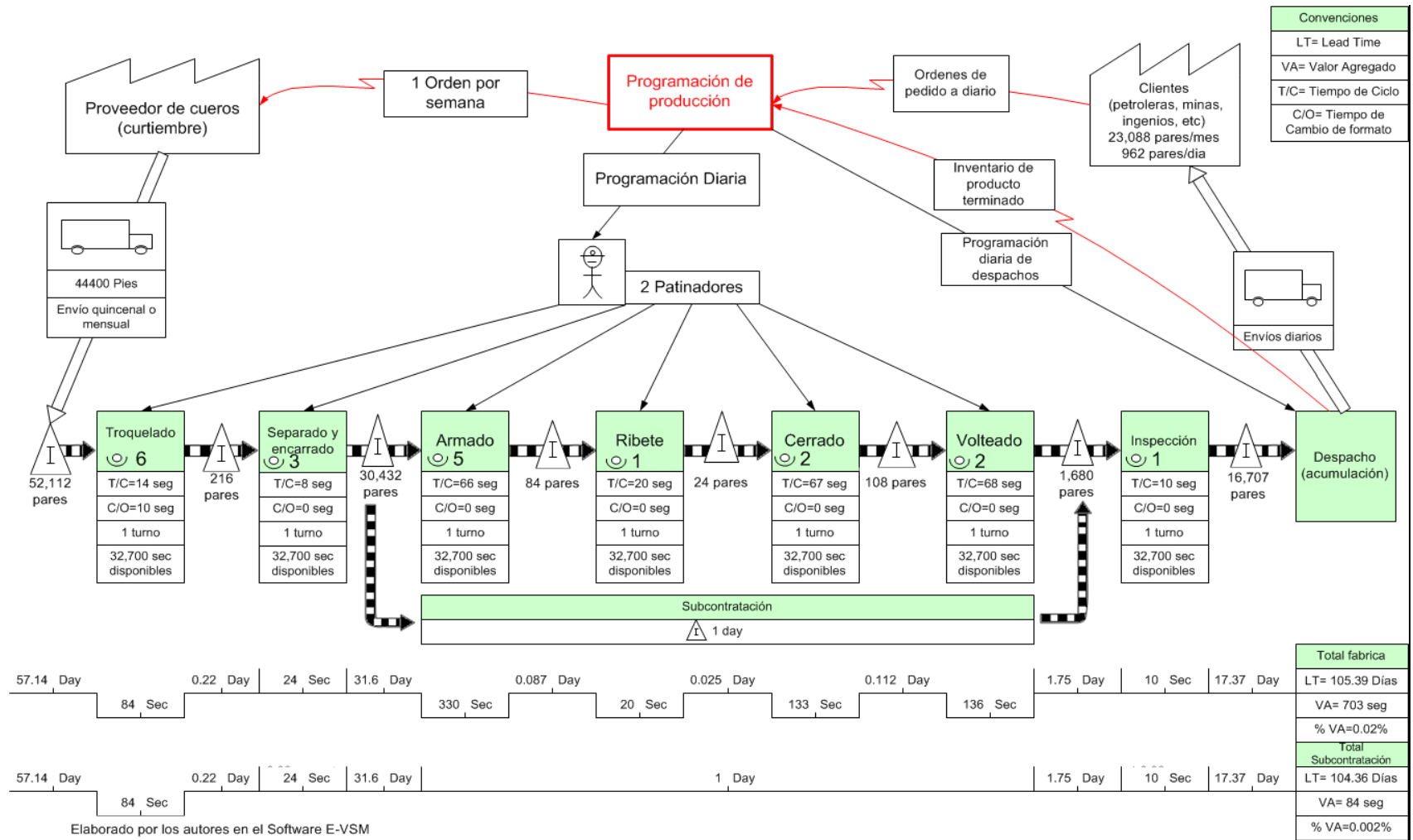
¹⁴¹ El cálculo de *Lead Time* de producción total se realiza de acuerdo a la fórmula presentada en el Glosario.

Cuadro 14. Convenciones utilizadas para la elaboración del *Value Stream Mapping*.

	Fuentes externas.		Cuadro de datos.		Nivelación de carga de producción.
	Camión de envíos.				Llegada del kanban en lotes.
	Movimiento de materiales. (Sistema push)		Flujo de información electrónica.		Inventario de seguridad.
	Movimiento de producto terminado hacia el cliente.		Flujo de información física.		Retirada del kanban en lote.
	Inventario.		Patinador.		Supermercado.
	Proceso de manufactura.		Información.		
	Operarios.		Flujo secuencial primero en entrar, primero en salir.		Kanban para el proveedor.
	Mensaje que indica en concreto las necesidades de mejora.				

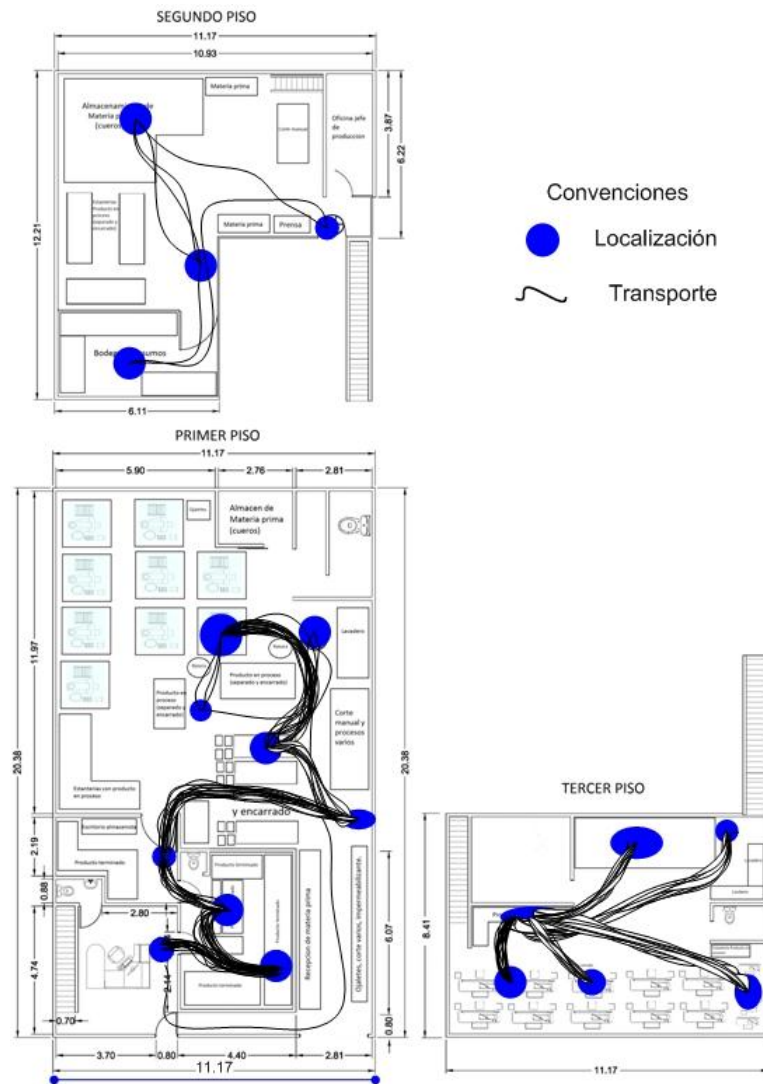
Fuente: ROTHER, Mike y SHOOK, John .*Learning to See, value stream mapping to create value and eliminated muda*, Version 1.2. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute. 1999. 122 p.

Gráfico 14. VSM Inicial.



6.1.4.2 Diagrama Spaghetti: consiste en seguir los materiales utilizados durante el proceso de producción de los guantes, teniendo como base una orden promedio de 300 pares y graficando en el plano de la empresa las rutas por donde los operarios las transportarían¹⁴², a continuación se muestra el diagrama Spaghetti (ver Gráfico 15) y el despliegue de actividades para una orden promedio de 300 pares en la Tabla 17, con sus respectivas distancias.

Gráfico 15. Diagrama Spaghetti Pedido Promedio de 300 Pares



Elaborado por los Autores.

¹⁴² CARREIRA, Bill. Op. Cit. p 115.

Tabla 17. Diagrama Spaghetti.

No	Actividad	Metros*
1	Ir a la bodega de materia prima en el segundo piso	30.80
2	Seleccionar pieles para el pedido	0.00
3	Transportar una cantidad de pieles al borde del segundo piso	5.18
4	Lanzar las pieles al primer piso	5.18
5	Regresar por la cantidad faltante de piel	5.18
6	Lanzar la cantidad de pieles faltantes al primer piso	0.00
7	Ir a la bodega de insumos	5.64
8	Seleccionar insumos	0.00
9	Bajar al primer piso a recoger materia prima	18.45
10	Recoger pieles	0.00
11	Transportar pieles a pallet de troquelado	3.20
12	Recoger pieles	0.00
13	Transportar pieles a pallet de troquelado	3.20
14	Troquelar 10 piezas	0.00
15	Troquelar 2990 piezas	0.00
16	Transportar 360 piezas troqueladas a separado y encarrado	4.88
17	Ir a troquelado por otras 360 piezas	4.88
18	Recoger 360 piezas de troquelado	0.00
19	Transportar las piezas restantes a separado y encarrado	78.07
20	Separar y encarrar las 10 piezas	0.00
21	Separar y encarrar 2990 piezas	0.00
22	Agrupar 120 piezas (1 paquete)	0.00
23	Agrupar las piezas de a 120 unidades (1 paquete) de la producción restante	0.00
24	Transportar 3 paquetes al ascensor de producto en proceso	4.73
25	Volver a separado por los paquetes restantes	4.73
26	Transportar 22 paquetes al ascensor de producto en proceso	75.63
27	Subir 3 paquetes en el ascensor al tercer piso	0.00
28	Subir las piezas en el ascensor al tercer piso	0.00
29	Transportar las piezas sobrantes al almacén de producto en proceso	23.18
30	Transportar 3 paquetes a mesa de distribución de confección	9.15
31	volver por otras 3 docenas	9.15

* El cero que se encuentra en algunas actividades significa que no hay desplazamiento y hay un punto donde se detiene el operario.

No	Actividad	Metros*
32	Transportar 22 paquetes restantes a la mesa de distribución	146.38
33	Desarmar paquetes y ordenar de 24 unidades por pieza para llevar a armado	0.00
34	Organizar las 22 docenas restantes	0.00
35	Transportar de 3 docenas de piezas de guantes al armador	1.98
36	Transportar las piezas restantes de los guantes al armador	15.86
37	Armar un par de guantes	0.00
38	Armar 299 pares de guantes	0.00
39	Transportar 3 docenas de guantes armados a inspección de armado	1.98
40	Transportar 22 docenas de guantes armados a inspección de armado	15.86
41	inspeccionar un par de guantes armados	0.00
42	Inspección 299 pares de guantes armados	0.00
43	Transportar 3 docenas de guantes armados a ribeteado	7.17
44	Transportar 22 docenas de guantes armados a ribeteado	57.33
45	ribetear un par de guantes	0.00
46	ribetear 299 pares de guantes	0.00
47	Transportar 3 docenas de guantes ribeteados inspección de ribeteado	7.17
48	Transportar 22 docenas de guantes ribeteados a inspección de ribeteado	57.33
49	Transportar 3 docenas de guantes ribeteados a cerrado	2.13
50	Transportar 22 docenas de guantes ribeteados a cerrado	17.08
51	Cerrar un par de guantes	0.00
52	Cerrar 299 pares de guantes	0.00
53	Transportar 3 docenas de guantes cerrados a inspección de cerrado	2.13
54	Transportar 22 docenas de guantes cerrado a inspección de cerrado	17.08
55	inspeccionar un par de guantes cerrados	0.00
56	Inspección 299 pares de guantes cerrados	0.00
57	Transportar 3 docenas de guantes cerrados a volteado	6.40
58	Transportar 22 docenas de guantes cerrados a volteado	51.23
59	Voltear un par de guantes	0.00
60	Voltear 299 pares de guantes	0.00
61	Transportar 3 docenas de guantes volteados al ascensor de producto en proceso	1.83
62	Transportar 22 docenas de guantes volteados al ascensor de producto en proceso	14.64
63	Bajar 3 docenas de guantes en el ascensor al primer piso	0.00
64	Bajar 22 docenas de guantes en el ascensor al primer piso	0.00
65	Transportar 3 docenas de guantes volteados a la bodega del almacenista	9.61
66	Transportar 22 docenas de guantes volteados a la bodega del almacenista	76.85

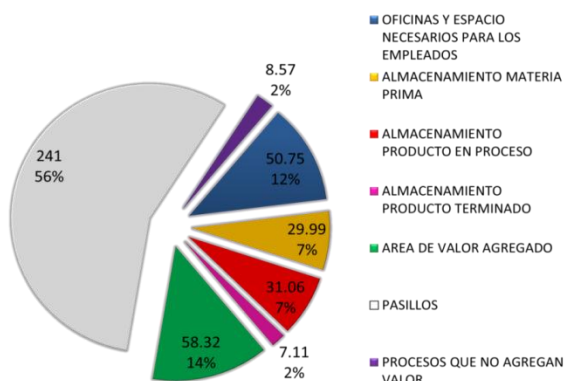
No	Actividad	Metros*
67	Ingresar el guante producido al sistema de información	0.00
68	Transportar 3 docenas de guantes a la bodega de producto terminado	2.90
69	Transportar 22 docenas de guantes volteados a la bodega del almacenista	23.18
70	Inspeccionar un par de guantes	0.00
71	Tabla 6 299 pares de guantes	0.00
72	Almacenar 3 docenas de guantes	4.73
73	Almacenar 22 docenas de guantes	37.82
Total		869.92

Elaborado por los autores

6.1.4.3 Distribución de espacio: Con base en los planos que tiene la empresa se realiza la distribución de espacios y se asigna a cada categoría de espacio su respectiva área en metros cuadrados.

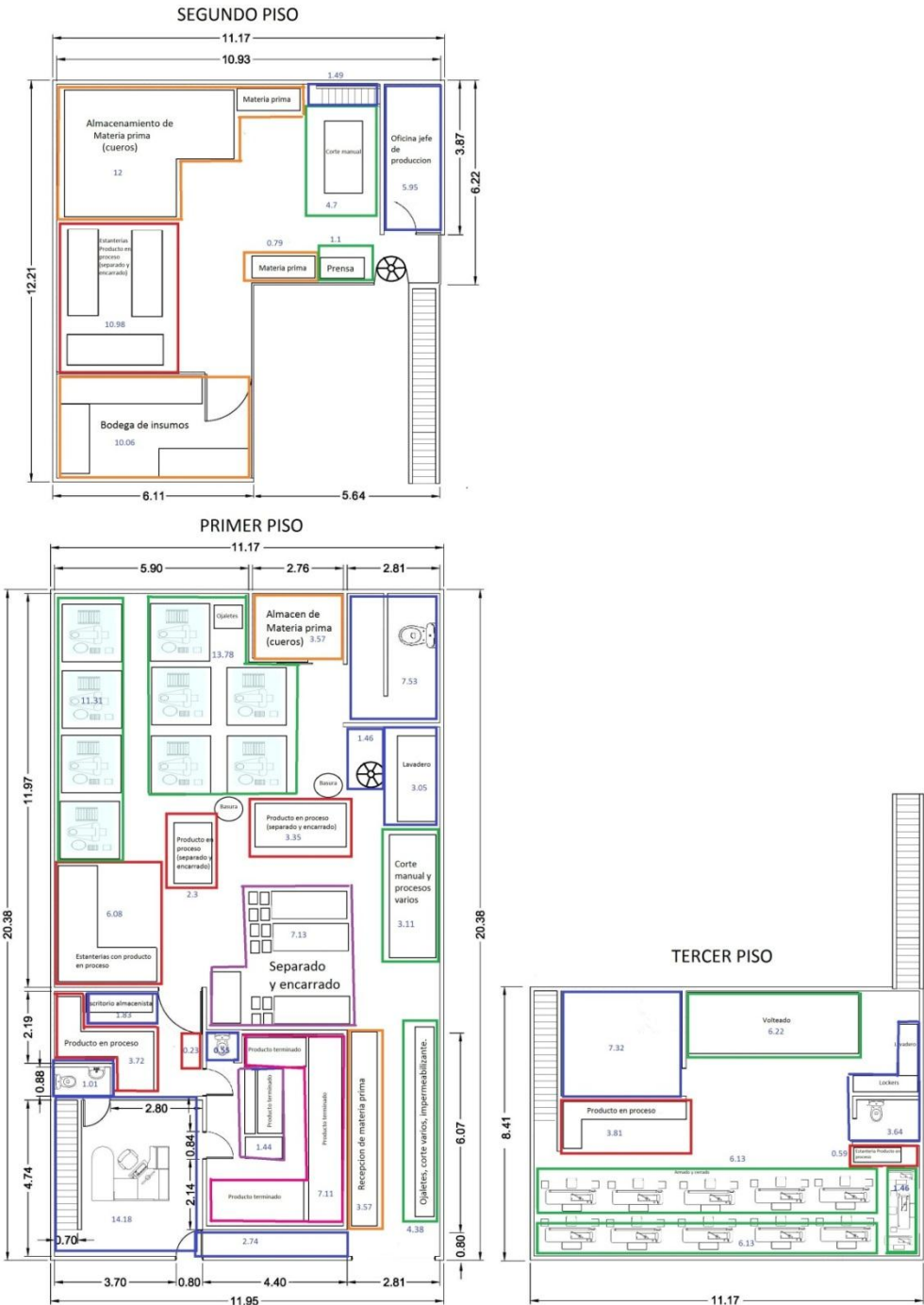
La empresa cuenta con un área total de 426.5 m² y se obtiene como resultado que el 13.67% del área se utiliza en actividades que agregan valor a los productos (ver Gráfico 16 y Gráfico 17). El 56% del área se utiliza para desplazarse, el 12% del espacio de la planta de producción está asignada a oficinas y espacios requeridos para el personal de la empresa, como lockers, baños, la oficina del jefe de producción, la recepción, entre otras, el 16% son áreas utilizadas para el almacenamiento (materia prima, producto en proceso y producto terminado), siendo esta más grande que el área donde se agrega valor al producto, por último el 2% del área es ocupada en procesos que no agregan valor (separado y encarrado e Inspección).

Gráfico 16. Utilización de espacios (en m²).



Elaborado por los autores

Gráfico 17. Distribución de espacios*



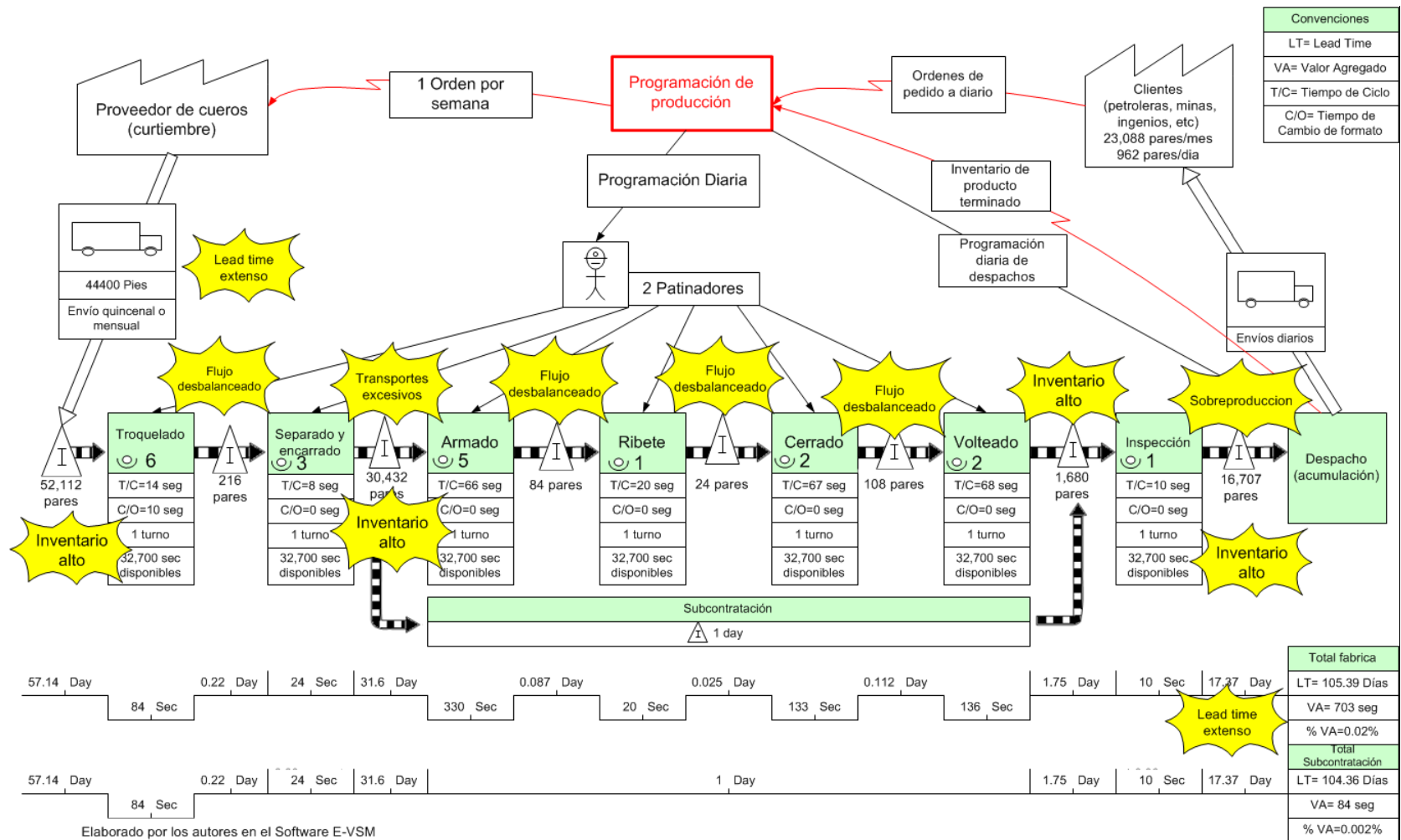
Elaborado por los autores

* Las convenciones de los colores de la Gráfico 17 se encuentran en Gráfico 16.

6.1.5 Análisis del flujo de valor, el VSM Inicial de la empresa da como resultado que solo se agrega valor al producto 703 segundos y el *Lead Time* a través de la planta es de 105.39 días, es decir que solo el 0.02% del tiempo se agrega valor y el tiempo restante se ocupa en operaciones que generan desperdicio para la empresa, este *Lead time* se basa en el total del tiempo que tiene que recorrer la materia prima desde su llegada al almacén, pasando por los procesos de producción y los inventarios entre ellos, hasta llegar al almacén de producto terminado como un par de guantes que espera a ser enviado al cliente. A continuación se definen los desperdicios encontrados en el flujo de valor de la familia de guantes y las causas que los generan.

6.1.5.1 Desperdicios, con la aplicación del diagrama Spaghetti, la distribución de espacios de la empresa y el VSM inicial, se identificaron desperdicios dentro del flujo de valor de la familia de guantes como la sobreproducción, debido a que la empresa fabrica productos especulando demandas de los clientes sin tener órdenes confirmadas, además los troqueladores deben producir una cantidad diaria de piezas, 30 docenas, que se realiza así se exceda de las cantidades necesarias para cumplir con las órdenes de los clientes, esto a su vez genera otros desperdicios como inventarios innecesarios que se crean en el proceso de separado y encarrado, donde se cortan piezas que no son necesarias para los procesos aguas abajo (sobreproducción) y generan que el proceso de separado y encarrado trabaje en estos (movimientos innecesarios), además la empresa programa la producción en diferentes puntos dentro del flujo de valor de forma aislada generando que se fabriquen productos que el cliente no ha solicitado. Los inventarios ocupan el 16% (68 m²) de espacio de la empresa, 7% de almacenamiento de materia prima, 7% de producto en proceso y 2% de producto terminado, mientras que las actividades que agregan valor y por las cuales el cliente está dispuesto a pagar ocupan solo el 14% (ver Gráfico 16). Las piezas extras que se separan en el proceso de separado y encarrado no son necesarias y deben ser transportadas a espacios (espacios innecesarios) que tiene la empresa designados para el producto en proceso, generando transporte, por otro lado la ubicación de los procesos en la empresa genera largos recorridos dado a su distribución actual, como se puede evidenciar en el diagrama Spaghetti realizado (ver Gráfico 17). El diagrama enseña que para realizar una orden promedio de 300 pares de guantes, un operario se debe transportar 869.92 metros a través de la planta (ver Tabla 17). Por último, el proceso de separado y encarrado es un proceso que no transforma físicamente el producto y no agrega valor, se encarga de acomodar las piezas que realiza el proceso de troquelado para transportarlas al tercer piso en paquetes de 120 piezas del mismo tipo, donde luego el patinador las desagrupa y las entrega acomodadas en docenas a los operarios de armado. Todas estas actividades generan desperdicios y son necesarias porque los procesos se encuentran a largas distancias en la planta de producción, por otro lado, el proceso de Inspección no transforma el producto físicamente y no agrega valor generando sobrecostos de personal, a continuación en el Gráfico 18 se muestran en amarillo los problemas encontrados.

Gráfico 18. VSM Inicial con problemas.



6.1.5.2 Lead Time, para la familia de guantes es de 105.39 días, es decir que los materiales a nivel interno se demoran más de 3 meses en rotar, mientras que el tiempo que un solo un operario toma en agregar valor a un par de guantes es solo de 703 segundos generado en los procesos de troquelado, armado, ribeteado, cerrado y volteado, El valor agregado solo es el 0.02% del *Lead Time* que tiene el flujo de valor de la familia de guantes.

➤ **Problema: Lead Time extenso**

1. ¿Por qué el *Lead Time* de la empresa es extenso? Porque el *Lead Time* es de 105.39 días, es decir que los materiales toman más de 3 meses en rotar por la empresa y de ese tiempo solo se agrega valor 703 segundos (0.02%).

1.1. ¿Por qué toman 105.39 días en rotar los materiales en la empresa? Porque hay mucho inventario de trabajo en proceso, de materias primas y de producto terminado.

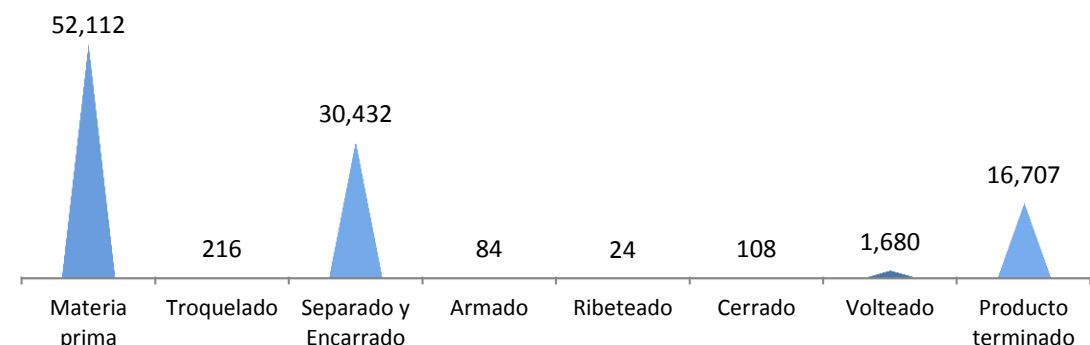
1.1.1. ¿Por qué hay mucho inventario de trabajo en proceso, de materias primas y de producto terminado? Porque el flujo de materiales está desbalanceado y no existe buena comunicación entre los procesos.

1.1.1.1. ¿Por qué el flujo de materiales esta desbalanceado y no existe buena comunicación entre los procesos? Porque los procesos tienen tiempos de ciclos diferentes y están organizados en áreas separadas.

Solución: Balancear el flujo de materiales y redistribuir la planta de producción.

6.1.5.3 Inventarios: los inventarios más significativos en el flujo de valor de la familia de guantes son se encuentran en las materias primas, entre el proceso de separado y encarrado y armado y en producto terminado (ver Gráfico 19).

Gráfico 19. Inventarios en el flujo de valor (pares de guantes)



Elaborado por los autores

➤ **Problema: Inventarios altos**

1. ¿Por qué los inventarios de la empresa son altos? A) Porque se tiene disponibilidad de materia prima para realizar 52,112 pares de guantes (ver Por qué 1.1), B) porque se tienen piezas separadas y encarradas que podrían servir para realizar al menos 30,432 pares de guantes (ver Por qué 1.2), C) porque hay pendientes 1,680 pares de guantes para inspeccionar (ver Por qué 1.3), y D) porque se tienen 16,707 guantes en inventario de producto terminado si la demanda diaria promedio de la empresa es de solo 962 pares de guantes (ver Por qué 1.4).

1.1. ¿Por qué se tiene disponibilidad de materia prima para realizar 52,112 pares de guantes? A) Porque se pide materia prima de forma empírica y de acuerdo a la experiencia (ver Por qué 1.1.1), B) porque los tiempos de entrega de la materia prima son extensos (ver Por qué 1.1.2) y C) porque la empresa aprovecha momentos en que la materia prima baja de precio para pedir grandes cantidades (ver Por qué 1.1.3).

1.1.1. ¿Por qué se pide materia prima de forma empírica y de acuerdo a la experiencia? Porque la empresa no cuenta con un plan o un método para pedir la materia prima.

1.1.1.1. ¿Por qué la empresa no cuenta con un plan o un método para pedir la materia prima? Porque la empresa no cuenta con personal que tenga los conocimientos necesarios para pedir la materia prima de forma estructurada.

1.1.1.1.1. ¿Por qué el personal de la empresa no cuenta con los conocimientos necesarios para pedir la materia prima de forma estructurada? Porque la empresa no tiene estructurado un programa de capacitación para sus empleados.

Solución Por qué 1.1.1.1.1: A) Estructurar un programa de capacitación para sus empleados y desarrollar un método para pedir materia prima a los proveedores.

B) Realizar pedidos con tamaños de lotes más pequeños y en periodos de entrega más cortos.

1.1.2. ¿Por qué los tiempos de entrega de la materia prima son extensos? Porque los tiempos de producción de los proveedores son extensos.

1.1.2.1. ¿Por qué los tiempos de producción de los proveedores son extensos? Porque el proceso de producción que trabajan los proveedores es demorado y se piden grandes cantidades de materia prima (20 a 30 días, 44,000 ft) sin una base.

Solución Por qué 1.1.2.1: Buscar proveedores que estén mejor calificados para suplir las necesidades de la empresa, tengan respaldo de normas de certificación para asegurar la calidad de las materias primas y tiempos de respuesta más cortos.

- 1.1.3. ¿Por qué hay momentos en que el precio de la materia prima baja?
Porque el sector depende de la disponibilidad de materia prima para ellos y la oferta y la demanda son muy variables.

Solución: Buscar contratos donde la empresa se comprometa a comprarle al proveedor determinadas cantidades y se mantenga el precio estable de la materia prima por lapsos de tiempo ya sea de forma individual o por medio de alianzas estratégicas entre empresas del sector, buscando disminuir la variabilidad de los precios, los tiempos de entrega y aprovechando economías de escala.

- 1.2. ¿Por qué se tienen piezas separadas y encarradas que podrían servir para realizar al menos 30,432 pares de guantes? A) Porque el proceso de troquelado no tiene en cuenta las unidades que ya se encuentran en inventario realizando piezas que no son necesarias, B) porque los operarios de troquelado tienen el direccionamiento de aprovechar al máximo la materia prima (ver Por qué 1.2.1) y C) porque se programa producir más piezas de guantes de lo demandado por el cliente.

Solución Por qué 1.2-A: Controlar constantemente las unidades que se encuentren en inventario.

Solución Por qué 1.2-C: Producir solo las piezas de los productos que pide el cliente.

¿Por qué los operarios de troquelado tienen el direccionamiento de aprovechar al máximo la materia prima? Porque la materia prima es muy costosa y la empresa les paga a los operarios por la cantidad de unidades que realizan en el día enfocándose en el rendimiento de ellos y produciendo unidades que no se necesitan.

- 1.2.1.1. ¿Por qué los operarios de troquelado producen unidades que no se necesitan? Porque no producen con base en las necesidades del cliente.

Solución Por qué 1.2-B: Enfocar el rendimiento del sistema con base en las necesidades del cliente y utilizar métodos de control visual.

- 1.3. ¿Por qué hay pendientes 1,680 pares de guantes para inspeccionar? Porque el proceso de inspección se encarga de revisar los guantes defectuosos de los operarios internos y de las maquilas o proceso de subcontratación ya que constantemente se presentan guantes defectuosos.

- 1.3.1. ¿Por qué hay guantes defectuosos en los procesos internos de la empresa? Porque los operarios internos realizan muy rápido los guantes y no alcanzan a realizarlos de la forma adecuada

- 1.3.1.1. ¿Por qué los operarios internos realizan muy rápido y no alcanzan a realizar de la forma adecuada los guantes? Porque su

forma de pago es por unidades producidas y no están sensibilizados del problema que esto causa a la compañía.

Solución Por qué 1.3.1.1: Concertar otra forma de pago para los operarios, sensibilizarlos sobre los defectos en los productos, capacitar a los operarios en otros procesos para volverlos polivalentes y así identifiquen como su trabajo afecta a los otros procesos, eliminar el proceso de inspección al final del flujo y los productos defectuosos a través de él.

1.4. ¿Por qué hay en inventario de producto terminado 16,707 pares de guantes? Porque la empresa produce especulando la demanda y así tener producto terminado listo para enviar en caso que se presente un pedido de urgencia.

1.4.1. ¿Por qué la empresa fabrica especulando la demanda? Porque la producción de la empresa no está amarrada a las necesidades del cliente.

Solución Por qué 1.4.1: Establecer una caja Heijunka que controle la producción de acuerdo a los pedidos del cliente.

Con base en el análisis de causas realizado se debe buscar en el VSM futuro sincronizar la fabricación de los productos a la demanda del cliente aplicando sistemas *Pull*, balanceando el flujo de materiales y redistribuyendo la planta de producción para disminuir las distancias de transporte entre los procesos, buscar proveedores que estén mejor calificados para suplir las necesidades de la empresa, tengan respaldo de normas de certificación y tiempos de respuesta más cortos, controlar constantemente las unidades que se encuentren en inventario, producir solo las piezas demandadas por el cliente, enfocar el rendimiento del sistema con base en las necesidades del cliente, estipular otra forma de pago para los operarios, sensibilizar a los operarios sobre los defectos en los productos, capacitar a los operarios en otros procesos volviéndolos polivalentes para que identifiquen como su trabajo afecta a los otros procesos y a la empresa.

6.2 VSM FUTURO¹⁴³

6.2.1 VSM futuro escenario 1

6.2.1.1 ¿Cuál es el *Takt Time* para la familia de guantes?, el *Takt Time* se calcula de la siguiente forma:

¹⁴³ Se realiza de acuerdo a la metodología estipulada en el libro de Rother y Shook, "*Learning to see*"

Ecuación 20. Demanda Promedio Mensual Familia Guantes

$$\text{Demanda promedio mensual} = \frac{\text{Demanda anual}}{\text{Meses /año}} = \frac{277,056 \text{ pares/año}}{12 \text{ meses/año}} = 23,088 \text{ pares/mes}$$

Ecuación 21. Demanda Promedio Diaria Familia Guantes

$$\text{Demanda promedio diaria}^{144} = \frac{\text{Demanda promedio mensual}}{\text{Días laborales/mes}} = \frac{23,088 \text{ pares prom/mes}}{24 \text{ días/mes}} = 962 \text{ pares/día}$$

Ecuación 22. Calculo del Takt time

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible diario}}{\text{Demanda promedio diaria}} = \frac{32,700 \text{ Segundos/día}}{962 \text{ pares/día}} = 34 \text{ segundos/par}$$

De acuerdo a la formulación, en el año 2010 la empresa para cumplir con su demanda diaria con un tiempo disponible diario de 32,700 segundos debe producir un par de guantes cada 34 segundos, por lo tanto, se deben balancear los tiempos de ciclo de sus procesos, particularmente el proceso marcapasos, en menos de 34 segundos.

6.2.1.2 ¿Dónde se puede desarrollar flujo continuo?, flujo continuo consiste en producir una pieza a la vez, donde cada ítem pasa de un paso de procesamiento al siguiente sin estancamiento (y otros muchos desperdicios) entre ellos. Es la forma más eficiente de producir. Un buen enfoque para llegar al flujo continuo es comenzar utilizando una combinación de flujo continuo y colas *FIFO*.

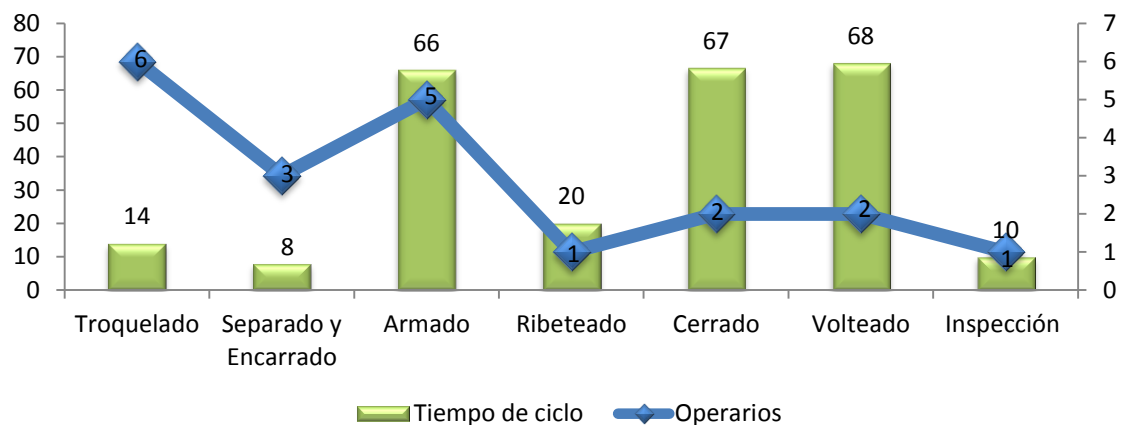
El tiempo de ciclo de cada proceso se obtiene de dividir el tiempo de valor agregado (o tiempo de procesamiento) de cada proceso por la cantidad de operarios que tiene, para balancear el flujo se deben nivelar los tiempos de ciclo de los procesos por debajo del *Takt Time*. Este aspecto aplica cuando la maquinaria deba ser manejada todo el tiempo por un operario.

El Gráfico 20 muestra la cantidad de operarios y los tiempos de ciclo en los procesos que agregan valor a la familia de guantes. Además de los 16 operarios que requieren los procesos que generan valor (troquelado, armado, cerrado, ribeteado, volteado), son necesarios dos (2) patinadores encargados de repartir los materiales entre los procesos, tres (3) personas para separar y encarrar las piezas troqueladas y un (1) operario para inspeccionar los guantes para un total de 22 operarios en el proceso de producción.

¹⁴⁴ De acuerdo a un reporte del sistema de información de la empresa SAIOPEN entre el Agosto de 2009 y Julio de 2011 la demanda diaria promedio de guantes es de 903 pares.

El proceso de troquelado fabrica cada 14 segundos un par de guantes, mientras que el proceso de separado y encarrado cada 8, teniendo más capacidad que troquelado y subutilizando a los operarios, como el tiempo de ciclo de separado y encarrado es menor que el de armado (66 segundos), esta situación genera que se acumulen inventarios antes del proceso de armado. El mismo caso se da para el proceso de ribeteado con el de cerrado, ya que un operario cada 20 segundos envía un par de guantes al proceso de cerrado, dejando 47 segundos libres al operario de ribeteado para realizar otras actividades de la empresa, situaciones que demuestran que el flujo de valor de la familia de guantes se encuentra desbalanceado.

Gráfico 20. Tiempos de ciclo (en segundos).



Elaborado por los autores.

Para balancear el flujo de valor de la familia de guantes se redistribuyen los operarios a los procesos de tal forma que el tiempo de ciclo quede por debajo del *Takt Time*¹⁴⁵, la fórmula utilizada es la siguiente:

Ecuación 23. Calculo de Operarios en un proceso

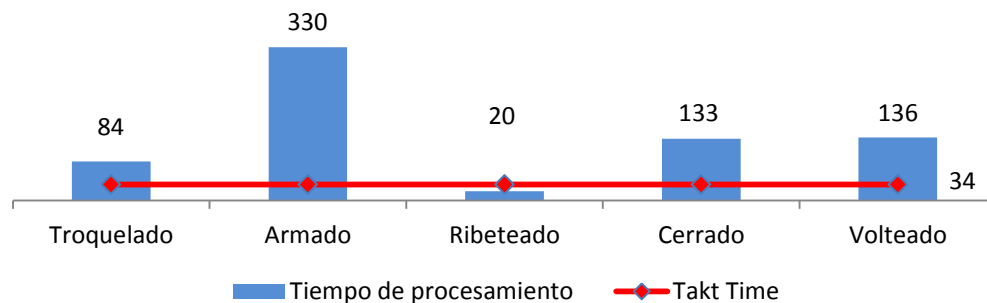
$$\text{Operarios necesarios} = \frac{\text{Tiempo de procesamiento}}{\text{Takt Time}}$$

Se inicia con el proceso de troquelado donde el tiempo de procesamiento es de 84 segundos en promedio (ver Gráfico 21) dividido por el *Takt Time* de 34 segundos se obtiene que son necesarios 2.47 operarios (ver Tabla 18) para que el tiempo de

¹⁴⁵ ROTHER, Mike y SHOOK, John. Op. Cit. p 72.

ciclo quede por debajo del *Takt Time*; en este caso como no se pueden obtener 2.47 operarios se debe redondear al próximo entero dando como resultado 3 operarios para el proceso de troquelado y un tiempo de ciclo de 28 segundos (ver Gráfico 22), este mismo procedimiento se realiza para todos los procesos que agregan valor a los productos (ver Gráfico 22), eliminando los que no (Inspección y separado y encarrado).

Gráfico 21. Tiempos de procesamiento (en segundos)



Elaborado por los autores.

Tabla 18. Número de operarios con el flujo de valor balanceado.

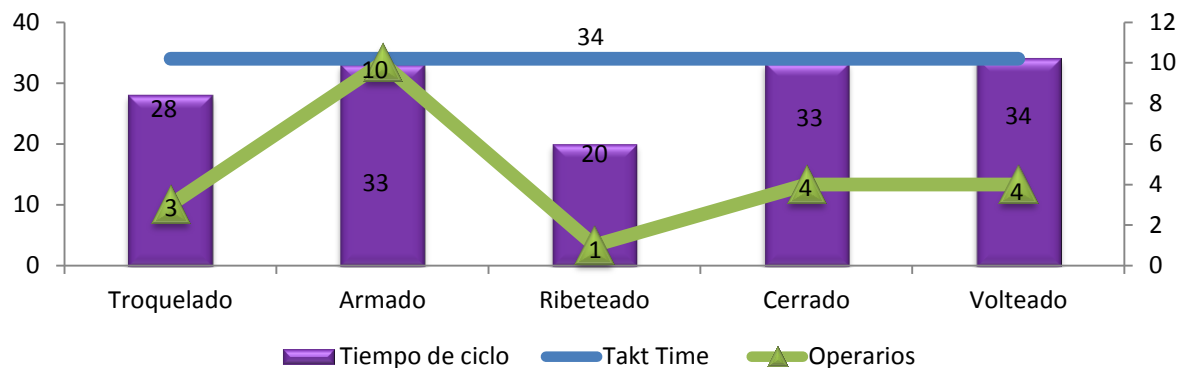
Proceso	Tiempo promedio de procesamiento (seg)	Takt Time (seg)	Tiempo promedio de procesamiento /Takt Time	Núm de operarios	Tiempo de ciclo
Troquelado	84	34	2.47	3.00	28
Armado	330	34	9.71	10.00	33
Ribete	20	34	0.59	1.00	20
Cerrado	133	34	3.91	4.00	33.25
Volteado	136	34	4.00	4.00	34

Elaborado por los autores.

De acuerdo a la Tabla 18 son necesarios 18 operarios para balancear el flujo de la familia de guantes con el *Takt Time*, el proceso que más necesidades de recurso humano tiene es el proceso de armado con 10 operarios.

En el Gráfico 22 se enseñan los tiempos de ciclo balanceados de los procesos de valor obtenidos con la nueva distribución de operarios, donde se puede ver que por ciclo el operario de ribeteado, tiene 14 segundos libres para realizar otras actividades y los tres operarios de troquelado tienen 6 segundos cada uno para un total de 18 segundos libres.

Gráfico 22. Tiempos de ciclo Balanceados (en segundos).



Elaborado por los autores.

De acuerdo al Gráfico 22 para balancear el flujo de valor de la familias se necesitan 3 troqueladores, 10 armadores, 1 ribeteador, 4 cerradores y 4 volteadores para un total de 22 operarios, además es necesario 1 patinador encargado de organizar las piezas de los guantes para repartirlas a los armadores, y posterior al proceso de armado el operario de la ribeteadora se encarga de organizar los guantes armados los 14 segundos de tiempo que le sobran para llevarlos hasta la máquina a procesarlos.

Por otra parte, como el tiempo de ciclo de troquelado es menor que el tiempo de ciclo de armado (ver Gráfico 22), es decir que tiene más capacidad, se genera acumulación de inventarios entre estos dos procesos siendo necesario ubicar un sistema de colas *FIFO*, que tiene como objetivo condicionar la producción del proceso de troquelado en caso que armado ya tenga un nivel determinado de productos pendientes por producir., este mismo caso se presenta entre los procesos ribeteado y cerrado.

Por último, para lograr el flujo continuo es necesario que los procesos se encuentren a menor distancia para teniendo una mejor comunicación y disminuyendo los desplazamientos entre ellos, por lo tanto se plantea que todo el flujo de valor de los guantes se realice en el primer piso, este ítem se enseña en el numeral 8.2.2 *Lead time* de producción y en el Gráfico 32.

6.2.1.3 ¿Dónde se necesitan utilizar sistemas Pull como Supermercados?

Los supermercados son utilizados cuando en algunos puntos del proceso no es posible implementar flujo continuo y hay varias razones por las cuales incluirlos:¹⁴⁶

➤ Algunos tipos de procesos en la industria están diseñados para operar a tiempos de ciclo muy cortos o muy largos y necesitan largos tiempos de cambio de formato (*CO; Changeover Time*) para servir varias familias, en el caso de la empresa los cambios de formato son pequeños en el proceso de troquelado (10 segundos) cuando se cambian de tipo de guante y en los otros procesos no hay.

➤ Los proveedores se encuentran a largas distancias y enviar una pieza a la vez no es realista, están ubicados en Pasto (Nariño) y sus tiempos de entrega varían de 20 a 30 días calendario, siendo necesario un supermercado para las materias primas.

➤ Algunos tipos de procesos en la industria tienen *Lead Time* largo para acoplarlos directamente con otros procesos en un flujo continuo, en la empresa este caso se da para los proveedores de las principales materias primas (cueros).

Con base en los ítems anteriores se procede a calcular el tamaño del supermercado que debe tener en inventario de materia prima de cueros teniendo en cuenta que los tiempos de entrega de los proveedores varían de 20 a 30 días calendario y cantidades de entrega son mayores a 20,000 ft de cuero.

Para hallar el tamaño el supermercado del proceso de troquelado se utiliza la siguiente fórmula¹⁴⁷:

Ecuación 24. Calculo de un Supermercado

$$\text{Supermercado} = \text{Demanda} / \text{periodo} \times \text{Tiempo de reposicion}$$

La demanda promedio de la empresa de materia prima (MP) con base en la producción de guantes en el 2010 fue de 102,505 ft de cuero por mes, dividido por 24 días laborales al mes, da como resultado 4,271 ft al día de consumo.

Ecuación 25. Demanda Diaria de MP

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{dia}} = \frac{102,515 \text{ ft /mes}}{24 \text{ dias laborales/mes}} = 4,271 \text{ ft/dia}$$

¹⁴⁶ ROTHER, Mike y SHOOK, John, Op. Cit. p 46.

¹⁴⁷ CARREIRA, Bill, Op. cit. p 176.

A continuación se calcula el tamaño del supermercado con un tiempo de reposición de 20 días calendario, es decir 15 días hábiles:

Ecuación 26. Calculo del Supermercado de MP

$$\text{Supermercado} = \frac{4,271 \text{ ft}}{\text{dia}} \times 15 \text{ dias} = 64,072 \text{ ft}$$

El tamaño del supermercado que se utiliza es de 64,072 ft, es decir que esta es la cantidad fija que se pide a los proveedores cada que el inventario llegue a nivel del inventario de seguridad. El supermercado transformado a unidades de pares de guantes es de 14,302 pares.

Ecuación 27. Cantidad de Guantes a Realizar con la MP Supermercado

$$\frac{\text{Inventario en el supermercado}}{\text{Consumo promedio por par}} = \frac{64,072 \text{ ft}}{4.4 \text{ ft/par}} = 14,302 \text{ pares}$$

Además se calcula el inventario de seguridad con 10 días calendario, es decir 8 días hábiles, que es utilizado para suplir las fluctuaciones de la demanda y demoras en la entrega del proveedor:

Ecuación 28. Inventario de Seguridad para el Supermercado de MP

$$\text{Inventario de seguridad} = \frac{4,271 \text{ ft}}{\text{dia}} \times 8 \text{ dias} = 34,172 \text{ ft}$$

El tamaño del inventario de seguridad es de 34,172 pies y da abasto para realizar 7,628 pares de guantes, el consumo del supermercado se enseña en la Tabla 19 complementando la información de la simulación de los escenarios. Para retirar la materia prima del supermercado son necesarias tarjetas *Kanban* de producción que envían el mensaje de las cantidades necesarias a producir en este caso a transportar.

Tabla 19: Comportamiento del Supermercado de abastecimiento.

Inventario Inicial: 98,243 ft		Inventario en ft
Día 1:	Jalar un kanban de 4,271 ft a troquelado para realizar 962 guantes, envíe un kanban de producción al jefe de producción.	93,972
Día 2:	Jalar un kanban de 4,271 ft a troquelado para realizar 962 guantes.	89,700
...		

Inventario Inicial: 98,243 ft		Inventario en ft
Día 14:	Jalar un kanban de 4,271 ft a troquelado para realizar 962 guantes.	38,443
Día 15:	Use 4,271 pies del kanban para realizar 962 guantes a troquelado, y llega el kanban de reposición.	34,172
Llega el pedido del proveedor de 64,072 ft y se reabastece el supermercado Inventario: 98,243		Inventario.
Día 16:	Jalar un kanban de 4,271 pies para realizar 962 guantes a troquelado, envíe un kanban de producción al jefe de producción.	93,972

Elaborado por los autores.

De acuerdo a la Tabla 19, el supermercado del proceso de troquelado inicia con un inventario de 98,243 ft de cuero, el día 1 se retiran 4,271 ft de cuero para producir la demanda promedio diaria que es de 962 pares de guantes y se envía al jefe de producción un *Kanban* de producción para que solicite ese mismo día al proveedor 64,072 ft de cuero. El día 2 se retira 4,271 ft de cuero para producir 962 pares de guantes y así diariamente se consume la materia prima hasta el día 15 donde llegan 64,072 ft de cuero del proveedor.

Con la implementación del supermercado se pasa de tener un inventario máximo de 231,499.55 ft de cuero (ver 6.1.4.1 Descripción del proceso) en el VSM inicial a 93,972 ft, es decir una disminución de 59% del inventario de materia prima.

6.2.1.4 ¿A qué proceso se debe enviar la programación del cliente?, cuando se utilizan Supermercados, se necesita programar solo un punto en el flujo de valor puerta a puerta. Este punto donde se programa la producción del cliente es llamado proceso marcapasos, porque la forma como se controla la producción en este proceso define el ritmo de los procesos aguas arriba. La selección de este punto delimita qué elementos del flujo de valor se convierten en parte del *Lead Time* desde la orden del cliente hasta el producto terminado. La transferencia de materiales desde el proceso marcapasos hasta finalizar el producto tiene que fluir sin supermercados e idealmente en flujo continuo.

El proceso marcapasos es controlado en el VSM futuro por las órdenes de pedido de los clientes y para su selección se debe tener en cuenta el tipo de producto que se realiza en la empresa, entre más especializado sea el producto más aguas arriba debe estar el proceso marcapasos¹⁴⁸. De acuerdo con la familia de guantes, se tienen aproximadamente 300 referencias diferentes de productos que pueden ser modificados a petición del cliente, con base en lo anterior entre más aguas arriba se encuentre el proceso marcapasos en el flujo de valor de la familia de guantes, menos inventarios se necesitan para suplir la demanda del cliente. En el

¹⁴⁸ ROTHER, Mike y SHOOK, John, Op. Cit. p 52.

VSM futuro a realizar, se selecciona el proceso de troquelado como el proceso marcapasos, puesto que es el encargado de cortar la materia prima (piel), en las diferentes piezas de los productos para ser ensambladas en los procesos aguas abajo de acuerdo a los requerimientos del cliente y así poder responder más rápidamente a los cambios repentinos en las necesidades del cliente, además este proceso tiene tiempos de cambio de formato despreciables y tiempos de procesamiento cortos.

El Gráfico 23 enseña el VSM Futuro escenario 1 con la implementación de las herramientas nombradas hasta el momento y funciona de la siguiente forma:

Una vez recibidos los pedidos del cliente, se envía al jefe de producción, quien lo remite al patinador 1 para que entregue la materia prima (cuero) del supermercado que es necesaria para la producción diaria y la programación de las piezas que deben realizar los troqueladores. Los troqueladores cortan las piezas para que sean organizadas sin sobrepasar el nivel de la cola FIFO de 36 pares (una docena para cada troqueladora) entre troquelado y armado. A medida que se van realizando los diferentes tipos de piezas el patinador las organiza de acuerdo a la referencia programada hasta completar las piezas necesarias para fabricar un par de guantes, las inspecciona y las entrega a cada armador para que sean ensambladas, luego los pares de guantes armados son depositados en las canastas de cada armador (entre armado y ribeteado) para que sean recogidas por el patinador, quien debe estar revisando constantemente que no se supere el nivel de la cola FIFO de 120 pares (una docena por armador), constantemente el patinador está recogiendo los pares de guantes ya armados para realizarles el proceso de ribeteado, posterior al proceso de ribeteado se encuentra una cola FIFO con capacidad de 4 pares (un par para cada operario de cerrado) para abastecer el proceso de cerrado quien se encuentra en flujo continuo con el proceso de volteado, las mejoras obtenidas en los inventarios se ilustran en la Tabla 20.

Gráfico 23. VSM Futuro escenario 1.

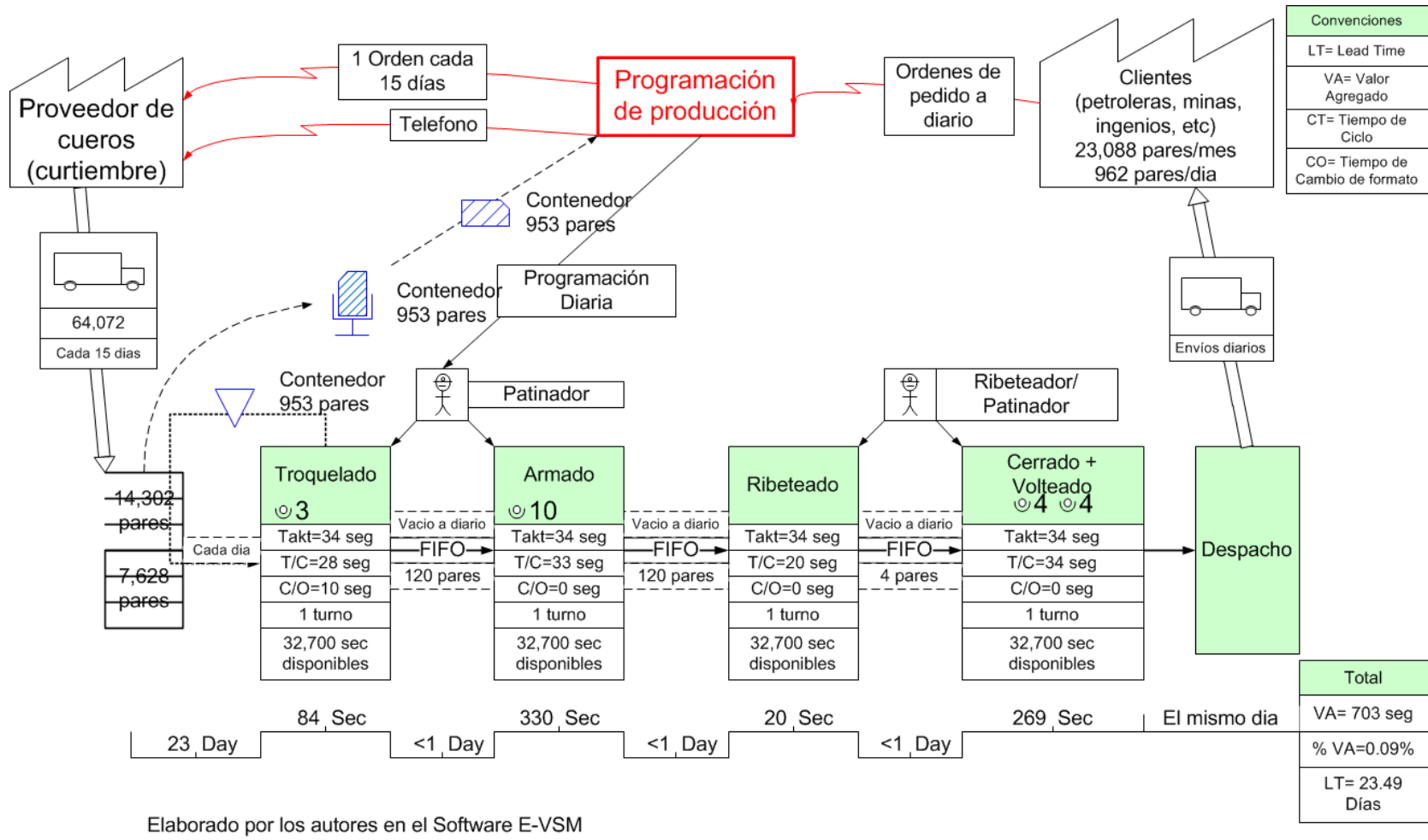


Tabla 20. Inventarios VSM inicial vs escenario 1 (en días).

Tipo de inventario	VSM Inicial	escenario 1
Materia prima (Cueros)	54.17	23.21
Troquelado	0.22	0.12
Separado y Encarrado	31.63	0.00
Armado	0.09	0.12
Ribeteado	0.02	0.00
Cerrado	0.11	0.00
Volteado	1.75	0.00
Producto Terminado	17.37	0.00
Total	105.37	23.46

Elaborado por los autores.

La Tabla 20 muestra una comparación de los inventarios iniciales y los obtenidos con las mejoras realizadas hasta el momento, como se puede evidenciar separado y Encarrado desaparece como proceso ya que no hay acumulación ni estancamiento de inventario antes del proceso de armado, la misma situación se da para el proceso de inspección puesto que implementando puntos de control entre los procesos, sensibilizando al personal y rotando a los operarios entre los procesos se busca que los productos defectuosos al final del flujo desaparezcan.

El *Lead Time* de producción pasa de 105.39 días en el VSM Inicial a 23.49 en el escenario 1, es decir una mejora del 77.7%.

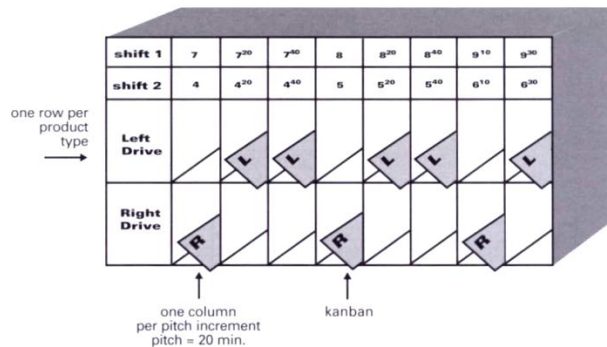
6.2.2 VSM futuro escenario 2

6.2.2.1 ¿Cómo nivelar la mezcla de producción y con qué frecuencia se debe liberar producción para el proceso marcapasos?, se podría pensar que balanceando los procesos, mejorando el sistema de producción, sería más económico enviar a producir todos los guantes de un mismo tipo en una tanda, pero desde la perspectiva del pensamiento *Lean*, producir en lotes es el camino equivocado, se debe buscar nivelar la mezcla y el volumen de producción.

El objetivo de la nivelación del volumen y la mezcla de la producción, es poder tener una respuesta más rápida a los cambios de las necesidades del cliente y lograr tener una mayor respuesta a una diversidad de productos, enviando cada vez a producir menores cantidades de cada tipo de guante y evitando que el *Lead Time* se alargue, se generen inventarios y se escondan problemas de calidad en ellos, una herramienta utilizada en las empresa para lograr nivelar el volumen y la mezcla de la producción a la vez, es la caja de nivelación de la carga o *Heijunka* (ver Gráfico 24).

Gráfico 24. Ejemplo caja *Heijunka*

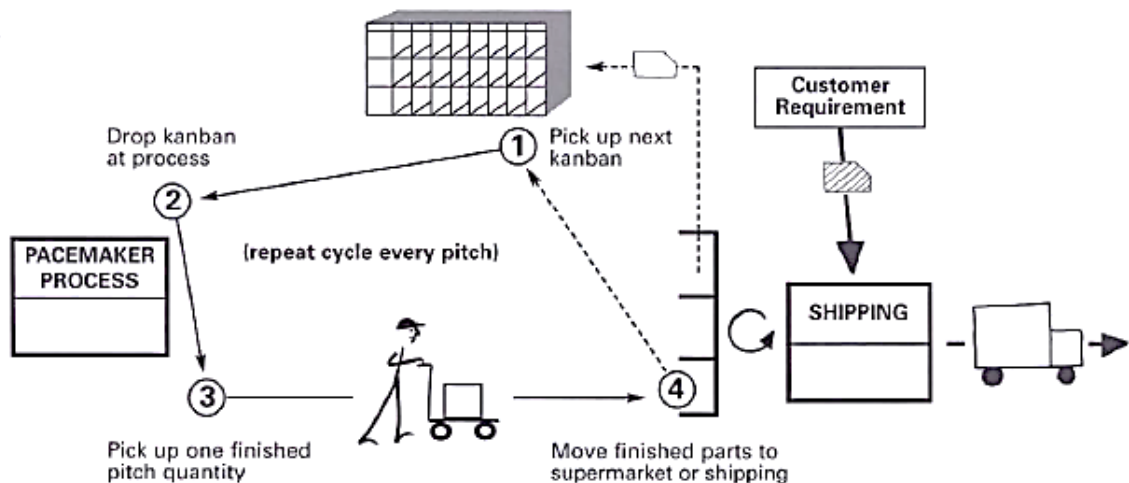
Acme load-leveling box for steering brackets
weld/assembly cell gets kanban from left to right at pitch increment



Fuente: ROTHER, Mike y SHOOK, John .*Learning to See, value stream mapping to create value and eliminated muda*, Version 1.2. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute. 1999. p 61.

La idea general de aplicar *Heijunka* es que a medida que se disminuyen los tiempos de cambio de formato de las máquinas se disminuyan los tamaños de lote de transferencia que la empresa maneja para transportar sus productos entre los procesos. En el Gráfico 25 se muestran los pasos de una caja *Heijunka* para el transporte de materiales.

Gráfico 25. Flujo de materiales e información en la caja *Heijunka*



Fuente: ROTHER, Mike y SHOOK, John .*Learning to See, value stream mapping to create value and eliminated muda*, Version 1.2. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute. 1999. p 62.

Los pasos que el operario debe seguir son los siguientes.

1. Tomar un Kanban de Producción de la Caja *Heijunka* cada *Pitch*.

2. Entregar el Kanban de Producción al proceso marcapasos.
3. Recoger la cantidad producida en el *Kanban* de producción anterior.
4. Llevar el material al supermercado aguas abajo o a despacho.
5. Se envía el *Kanban* de producción del supermercado a la Caja *Heijunka*.
6. Se repite el ciclo.

En la empresa caso estudio solo el proceso de troquelado cuenta con un tiempo de cambio de formato de 10 segundos, que consiste en cambiar los troqueles para producir un nuevo tipo de pieza, el tiempo de cambio de formato del proceso de troquelado facilita que se puedan disminuir las unidades y la frecuencia de los lotes de producción. Para calcular la frecuencia en que se libera la producción al proceso marcapasos se utiliza un *Pitch*, este se obtiene multiplicando el *Takt Time* por el tamaño de lote, que en el caso de la empresa se toma como referente la unidad mínima de venta, es decir 12 pares de guantes.

Ecuación 29. Calculo del Pitch

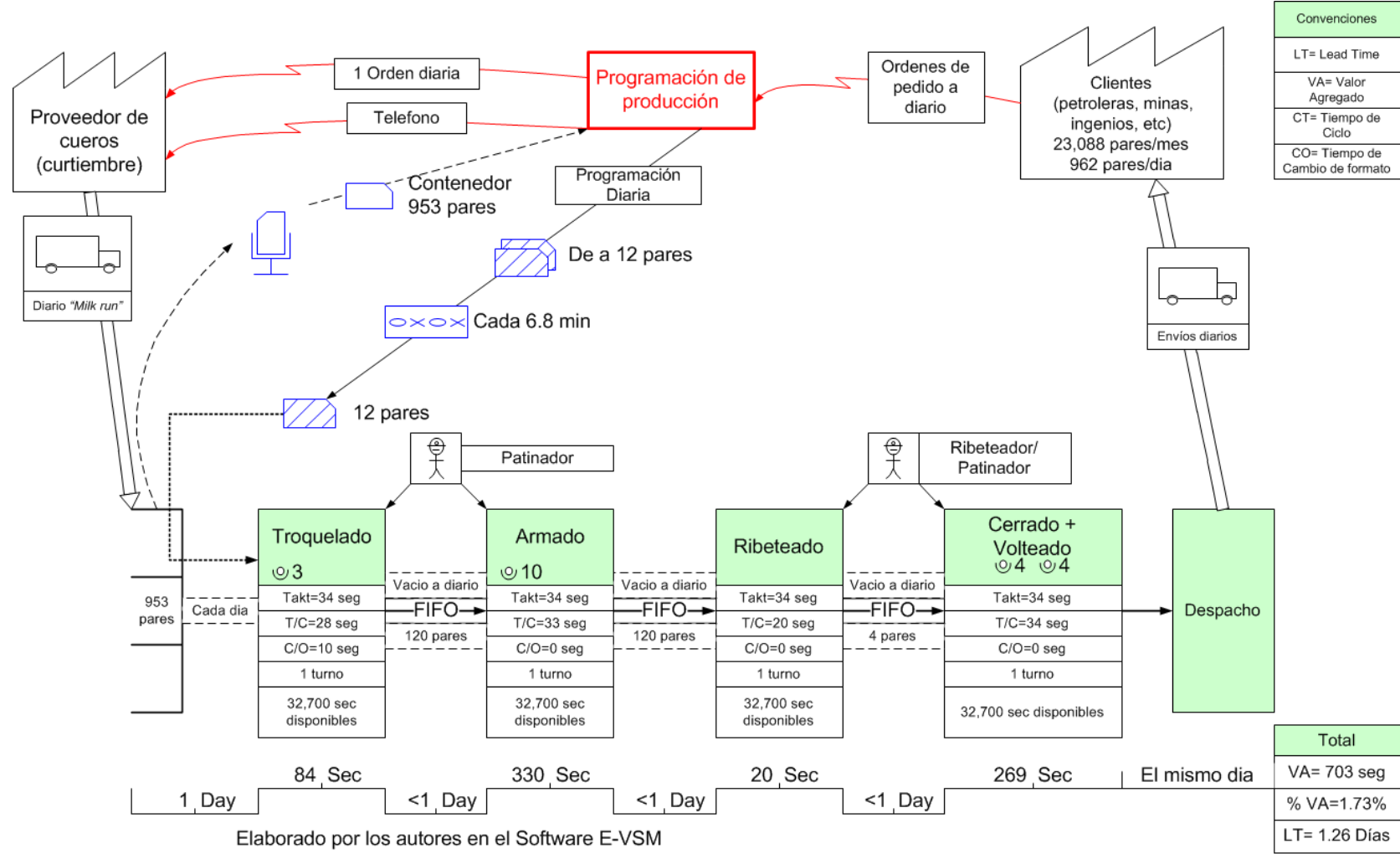
$$Pitch^{149} = Takt\ Time \times Lote = 34\ seg \times 12\ pares = 408\ seg = 6.8\ min$$

Esto significa que cada 6.8 minutos el patinador va tomar el respectivo *kanban* de producción de la caja *Heijunka*, con información sobre producir una docena de un tipo de guante, se dirige al proceso marcapasos (troquelado) entrega el *Kanban* de producción, y retira las unidades ya troqueladas para ser entregadas al proceso de armado, en caso que no se encuentren listas las piezas troqueladas para transferirlas, significa que hay un problema.

Además de aplicar *Heijunka* en el escenario 2, se realiza en el modelo viajes rutinarios del proveedor "*Milk Run*", en donde se concreta con el proveedor de cueros la entrega de materia prima en menores cantidades y con una menor frecuencia con el fin de no acumular tantos inventarios de materia prima y lograr una demanda más estable para el proveedor, este caso se ilustra en el VSM futuro escenario 2, entregando solo las cantidades necesarias a diario para la producción interna de la empresa, ver Gráfico 26.

¹⁴⁹ ROTHER, Mike y SHOOK, John, Op. Cit. p 79.

Gráfico 26. VSM futuro escenario 2.



El Gráfico 26 muestra el escenario 2 que funciona de la siguiente forma:

El escenario 2 del Mapeo Futuro difiere del escenario 1 en la programación del proceso de troquelado y en el supermercado, en este caso el jefe de producción programa la caja *Heijunka* con las órdenes de pedido, ubicando un *kanban* de producción con 12 pares de guantes por cada *Pitch* con base a las diferentes referencias que el cliente solicite, el patinador 1 se dirige a la caja *Heijunka*, toma el *kanban* de producción del respectivo *Pitch* y lo entrega al proceso de troquelado, donde el operario selecciona los troqueles necesarios que se deben encontrar en un lugar accesible de su puesto de trabajo y la materia prima para realizar los productos. Al inicio del día se toma el *Kanban* de producción del supermercado y se envía al proveedor para reemplazar la materia prima consumida en el día.

Las mejoras obtenidas en los inventarios con el escenario 2 se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Inventarios VSM inicial vs escenario 2.

Tipo de inventario (en días)	VSM Inicial	Escenario 2
Materia prima (Cueros)	54.17	0.99
Troquelado	0.22	0.12
Separado y encarrado	31.63	0.00
Armado	0.09	0.12
Ribeteado	0.02	0.00
Cerrado	0.11	0.00
Volteado	1.75	0.00
Producto Terminado	17.37	0.00
Total	105.37	1.24

Elaborado por los autores.

Con la implementación de *Heijunka* y el *Milk Run*, además de las herramientas del escenario 1, se disminuye el *Lead Time* de Producción de 105.39 a 1.26 días, es decir una mejora del 98.8%.

7 SIMULACIÓN DEL MAPEO DEL FLUJO DE VALOR¹⁵⁰

La simulación se realiza con base en el análisis del flujo de valor de la familia de guantes realizada en los capítulos anteriores. La programación del modelo es planteado con base en el sistema actual de la empresa (ver 6.1.4 Mapeo Inicial (VSM Inicial)) y los escenarios del VSM futuros (ver 6.2.1 VSM futuro escenario 1 y, es decir una mejora del 77.7%.

VSM futuro escenario 2) obtenidos con base en la teoría, con el objetivo de evidenciar los resultados que se logran con la implementación de las herramientas *Lean* en el sistema de producción. A continuación se describe cada uno de los pasos para desarrollar los modelos de simulación con el Software ProModel.

7.1 ELABORAR PLAN DE ESTUDIO

7.1.1 Nombre de la simulación, simulación del flujo de valor de una familia de guantes de una Pyme del Sector de Fabricación de Artículos de Piel (Dotaciones Industriales), principalmente guantes de cuero, de la ciudad de Palmira, Colombia.

7.1.2 Objetivo de la simulación, realizar la simulación computacional del VSM inicial y de los escenarios VSM futuros del flujo de valor de la familia de guantes de la empresa caso estudio evidenciando los resultados de mejora con las técnicas *Lean* utilizadas.

7.1.3 Limitaciones y Restricciones, se utiliza la versión estudiantil del software ProModel con base en los siguientes criterios:

- El software ProModel entre otros como *Arena*, *Crystall ball*, es seleccionado como dado que se tienen conocimientos previos de uso y manejo.
- Se evidencian casos de aplicación en el área de producción y aplicación de sistemas *Pull*¹⁵¹.

7.1.4 Alcance, inicia con la llegada pedido del cliente al sistema de producción hasta el despacho del producto al cliente.

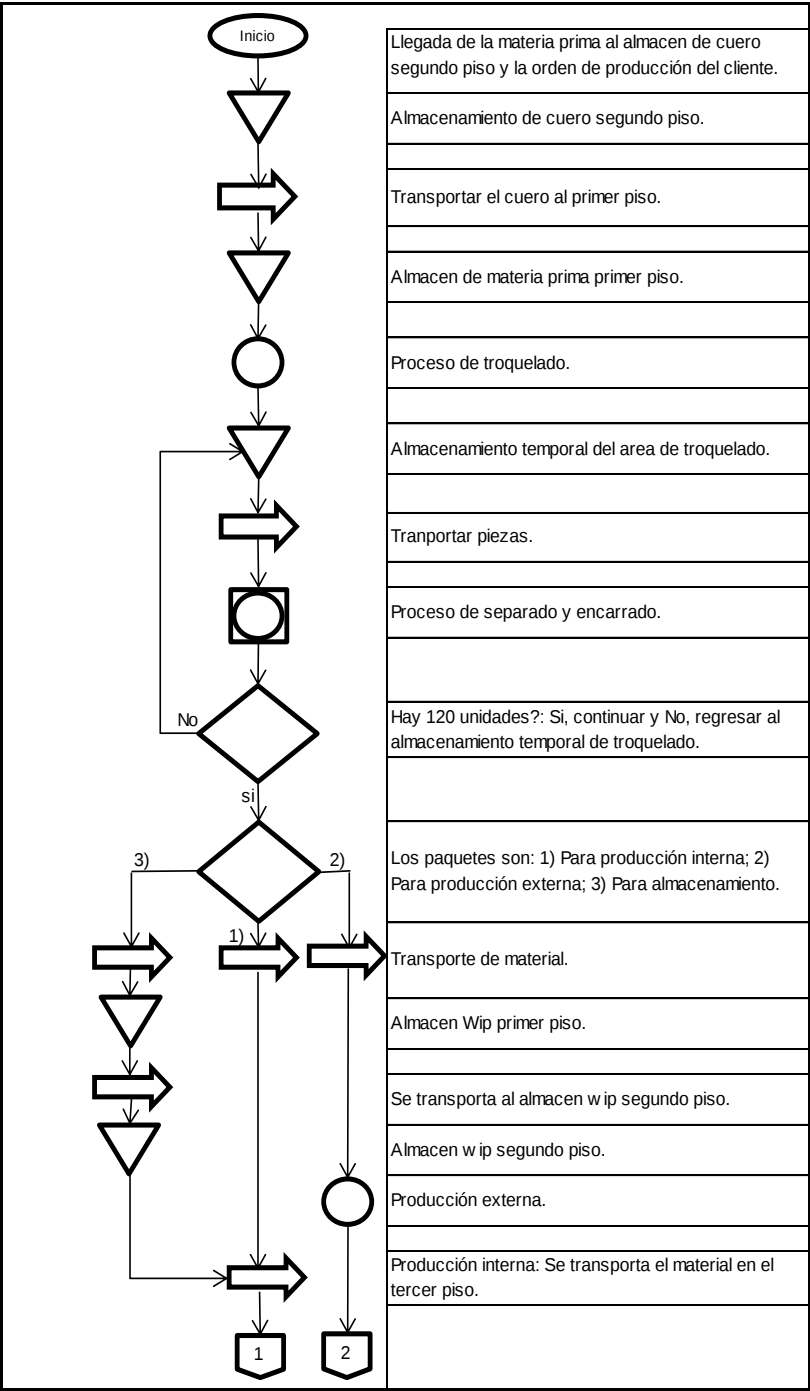
¹⁵⁰ Metodología tomada del libro Simulación con ProModel: Casos de producción y logística. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003. p 255.

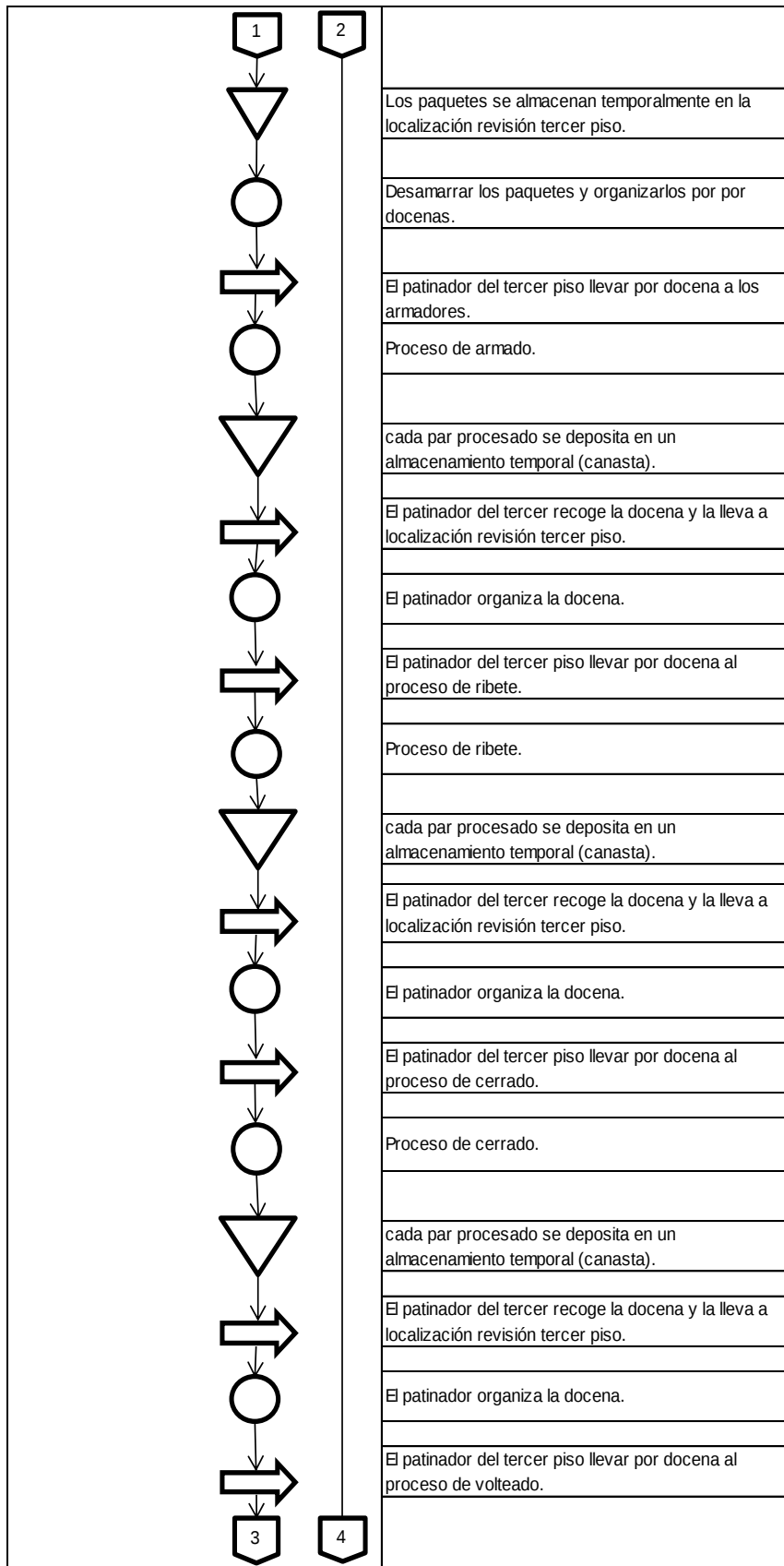
¹⁵¹ BLANCO RIVERO L.E, FAJARDO PIEDRAHITA I.D. Caso 4. Sistemas *Pull* versus sistemas *Push* En: Simulación con Promodel – Casos de producción y logística. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003. Pág: 161-187.

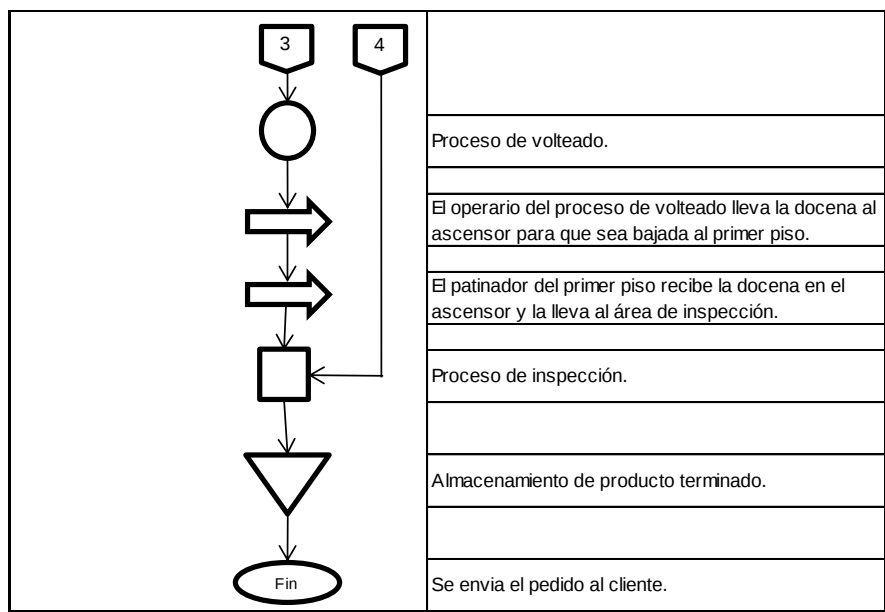
7.2 DEFINICION DEL SISTEMA:

El sistema de producción se activa con la llegada de materia prima y la respectiva orden de trabajo emitida por el jefe de producción al patinador de la empresa que asigna la tarea a los operarios. El proceso de transformación del guante pasa por las estaciones de troquelado, separado y encarrado, armado, ribeteado, cerrado, volteado, Inspección y almacenamiento donde se conserva como producto final y queda a la espera para ser distribuido al cliente (ver Gráfico 27).

Gráfico 27. Diagrama de Flujo de la Simulación







Elaborado por los autores.

Cuadro 15. Convenciones Diagrama de Flujo

	Indica el inicio ó final del diagrama.		Se realiza una operación, junto con una inspección.
	Operación.		Se toma una decisión.
	Almacenamiento.		Inspección.
	Transporte.		Conexión entre paginas.

Fuente: NIEBEL, Benjamin W y FREIVALDS, Andris. ingeniería Industrial. Métodos, estándares, y diseño de trabajo. México, Abril 2004. 11ª ed. 745 p

➤ **Sistema:** El conjunto de elementos que interactúan son la materia prima (cuero), las áreas de almacenamiento, operarios de armado, cerrado, troquelado, ribete, volteadores, patinadores, las máquinas troqueladoras, de ribeteado, maquinas planas, las órdenes de programación de troquelado, las órdenes del cliente y los guantes.

➤ **Entidades:** Órdenes de producción, el cuero y un par de guantes.

➤ **Eventos:** La llegada de la materia prima, la llegada de una orden de producción y la llegada de un pedido del cliente.

➤ **Localizaciones:** Troqueladoras, áreas de almacenamiento, área de separado y encarrado, armadoras, ribeteadoras, cerradoras, volteadores, inspección, ascensores y mesa de revisión en el tercer piso.

➤ **Recursos:** Patinadores.

➤ **Variables:** Demanda del cliente, tiempo de procesamiento de troquelado, tiempo de procesamiento de armado, tiempo de procesamiento de separado y encarrado, tiempo de procesamiento de armado, tiempo de procesamiento de volteado, tiempo de procesamiento de inspección, tiempo de procesamiento de cerrado y tiempo de procesamiento de ribeteado.

➤ **Indicadores:** inventarios de materias primas, guante producidos por externos, guantes producidos por troquelado, guantes inspeccionados, guantes volteados, inventario de guantes troquelados, inventario de guantes separados y encarrados, inventario de guantes cerrados, inventario de guantes, ribeteados, inventario de guantes armados, inventario de guantes volteados, inventario de guantes en producto terminado, tiempos de ciclo de los procesos y guantes entregados al cliente, tiempos de valor agregado, tiempos que no agregan valor.

7.3 PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE

La recolección de la información de las variables se realiza dependiendo de la variable a medir en diferentes días, horas y con varios operarios, en caso de ser necesario se filman las operaciones. A continuación se muestra cómo se recogen los 50 datos que permite analizar con la herramienta Stat-fit para cada variable:

Demanda del cliente: por medio del sistema contable de la empresa, SAI OPEN, se obtiene un reporte de la cantidad de pares de guantes que se vendieron por mes, desde Agosto del año 2009 y hasta Julio de 2011, para un total de 24 datos.

Tiempo de procesamiento de troquelado: las piezas básicas de un guante son la palma, mariposa, cuatro dedos, puño y pulgar, es decir 5 piezas, y 10 por cada par, para efectos del estudio se toma el tiempo de procesamiento del proceso de troquelado por cada diez piezas que es el tiempo de procesamiento promedio de un guante.

Tiempo de procesamiento de separado y encarrado: se toma el tiempo que se demora cada separador en separar diez unidades, contarlas y amarrarlas.

Tiempo de procesamiento de armado, cerrado, ribeteado y volteado: en este caso el guante ya se encuentra armado entonces se toma el tiempo en que un armador se demora en armar los dos guantes que componen un par.

Las pruebas realizadas a los datos de las variables se analizan en Microsoft Excel y son corroboradas con Stat-fit de ProModel, para presentar los tipos de distribución que siguen los datos levantados en el estudio.

Se utilizan las pruebas de bondad Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov y Anderson y Darling (ver 5.1.4 Simulación de Sistemas), para definir cuál es la distribución que más se ajusta a los datos recolectados.

Los datos recolectados de los tiempos de procesamiento de troquelado, separado y encarrado, ribeteado e Inspección dan como resultado la distribución Log-normal, que dentro de sus posibles aplicaciones se encuentra el tiempo para lograr una tarea¹⁵³ (ver Tabla 22), mientras que los tiempos de procesamiento de armado, cerrado, volteado y los datos de la demanda diaria promedio no presentaron ningún tipo de ajuste a las distribuciones teóricas seleccionadas. En las situaciones donde esto se presenta, es conveniente utilizar los datos observados para especificar directamente una distribución empírica¹⁵⁴.

¹⁵³ LAW, Averill y KELTON, W. David. Simulation modeling and analysis. Estados Unidos.:Mc Graw-Hill, 1982. Pág.: 176-389 p164.

¹⁵⁴ LAW, Averill; KELTON, W. David. Op. Cit..p176.

Tabla 22. Resumen de pruebas de bondad y ajuste de los datos de entrada.

Variables	Hipótesis nula	Chi cuadrado	χ^2_{α}	Valor critico	Kolmogorov smirnov	D_{α}	Valor critico	Anderson darling	A_{α}	Valor critico	Tipo de distribución	Descripción de la variable	Resultados obtenidos (en min)
Tiempo de procesamiento de troquelado	Lognormal	7.92	<	9.236	0.154	<	0.188	1.85	<	2.49	Lognormal	Tiempo para troquelar un par	media=1.40328, sigma= 0,16996
	Exponencial	155.12	>	9.236	0.222	>	0.188	4.82	>	2.49			
	Uniforme	23.6	>	9.236	0.315	>	0.188	5.43	>	2.49			
Tiempo procesamiento de separado y encarrado	Lognormal	4.72	<	9.236	0.0995	<	0.188	0.4044	<	2.49	Lognormal	Tiempo para separar y encarrar un par	media=0.40477, sigma= 0,10331
	Normal	4.72	<	9.236	0.1018	<	0.188	0.5083	<	2.49			
Tiempo de procesamiento de ribete	Lognormal	21.04	>	16.19	0.1161	<	0.27	0.8213	<	2.49	Lognormal	Tiempo de ribetear un par	media=0,3041, sigma= 0,0842
	Weibull	21.04	>	16.19	0.1232	<	0.27	0.9741	<	2.49			
Tiempo de procesamiento de inspección	Lognormal	11.44	<	12.592	0.118	<	0.188	6.9	>	2.49	Lognormal	Tiempo de Inspección de un par	media=0,18109, sigma= 0.04377
	Exponencial	96.24	>	12.592	0.321	>	0.188	0.917	<	2.49			

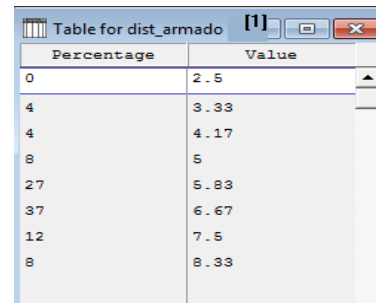
Elaborado por los autores.

Para llevar a cabo el proceso de elaboración de una distribución empírica, se procede a realizar una tabla de frecuencias (ver Tabla 23).

Tabla 23. Distribución empírica Armado

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>
2.50	2	4%
3.33	2	4%
4.17	4	8%
5.00	13	27%
5.83	18	37%
6.67	6	12%
7.50	2	4%
8.33	2	4%

Gráfico 28. Distribución empírica Armado ProModel



Percentage	Value
0	2.5
4	3.33
4	4.17
8	5
27	5.83
37	6.67
12	7.5
8	8.33

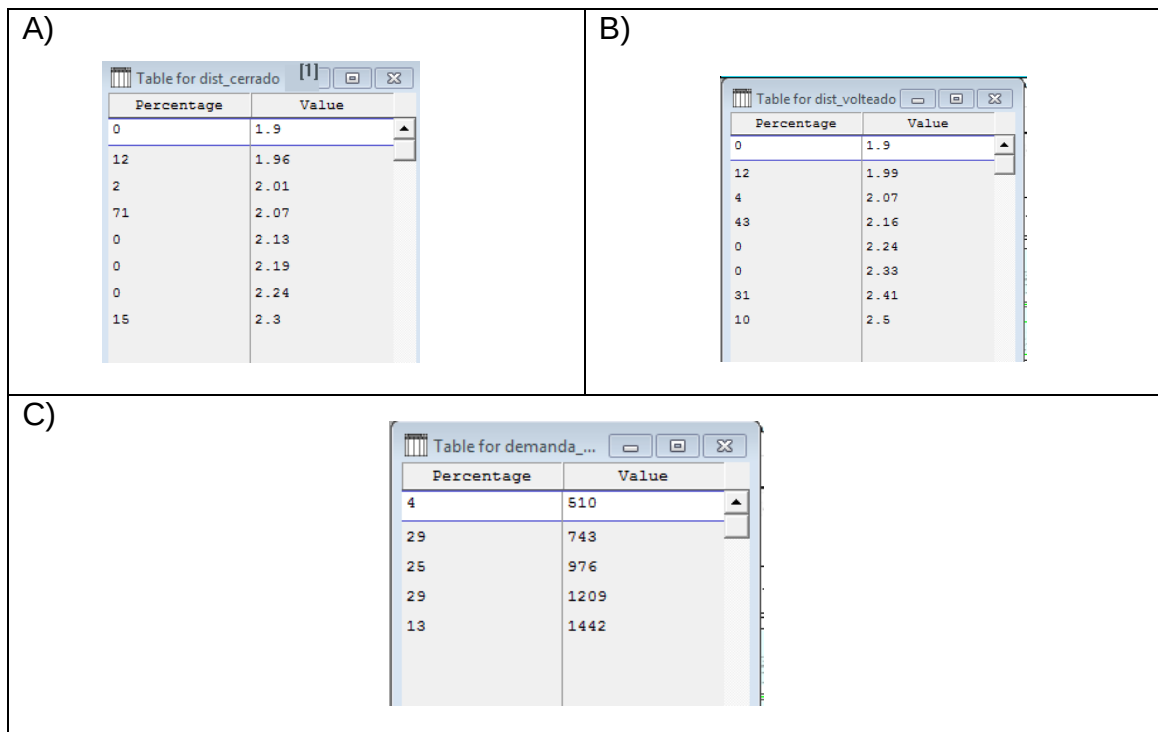
Elaborado por los autores,

Esta distribución también se puede crear en el módulo de ProModel (ver Gráfico 28. Distribución empírica Armado ProModel), *user distribution (Build - more elements – user distribution)*, donde se toman los valores de clase y de frecuencia relativa, respectivamente. Los valores de clase se ingresan en la columna *value* y los valores de frecuencia relativa se digitan en la columna *percentage*.

Para ingresar los valores se inicia con 0 para indicar que no existen datos hasta el valor de 2.5 identificado como el mínimo valor en los datos estudiados.

En el Gráfico 29 se presentan las distribuciones empíricas para los datos recolectados del proceso de cerrado (A), volteado (B) y la demanda del Cliente (C).

Gráfico 29. Distribuciones empíricas tiempos de procesamiento cerrado (A), volteado (B) y la demanda del cliente (C).



Elaborado por los autores.

A continuación se describe cada una de las características de las localizaciones de acuerdo al flujo de valor de la familia de guantes desde la llegada de materia prima hasta el almacenamiento de producto terminado.

Almacenamiento de cuero segundo piso

La capacidad que tiene esta localización es aproximadamente de 250,000 pies de cuero, esta información es suministrada por la empresa.

Llegadas: para obtener el mismo estado de los inventarios de materia prima que se encuentra en el sistema y se detalla en el VSM inicial (ver 6.1.4 Mapeo Inicial (*VSM Inicial*)), se programa el modelo para que cuando inicie la simulación, la localización de almacenamiento de cuero segundo piso contenga 231,499 ft de cuero, que es la cantidad encontrada de materia prima cuando se levanta el VSM Inicial.

Almacén de materia prima primer piso

Se almacena la materia prima que va a ser utilizada en el día de acuerdo a la programación de la producción. El consumo promedio de cada guante es de 4.4 ft de cuero. Tiene una capacidad aproximada para 15,000 ft.

Programación de troquelado

Llegadas: a esta localización llega la programación de producción que se tiene para el día de acuerdo a los pedidos que se deben cumplir y el direccionamiento de la Gerencia donde cada operario debe cumplir a diario 30 docenas de guantes troquelados, de guantes, se utilizan 6 máquinas troqueladoras cada una manejada por un operario que debe producir 360 pares al día, para un total de 2,160 pares programados

Troqueladores:

El tiempo de procesamiento tomado es el lapso que el troquelador se demora en cortar 10 piezas, que son las principales que compone un guante (ver Tabla 22).

Separado y encarrado

En esta localización trabajan tres separadores y el tiempo de procesamiento contiene la demora un operario en separar, contar y amarrar diez piezas (ver Tabla 22).

Almacén de WIP primer piso.

En este se almacenan las unidades que al final del día no estaban designadas para ningún pedido y se pasan al almacenamiento del segundo piso, la capacidad es de aproximadamente 10,000 pares.

Almacén de WIP segundo piso.

En este almacenamiento se guardan las unidades que se quedaron en el primer piso sin ser asignadas a un pedido hasta que lleguen a ser necesarias, este almacén tiene una capacidad para 300,000 piezas.

Revisión del tercer piso

En esta localización el patinador del tercer piso revisa todas las unidades de los procesos de armado, cerrado y ribete y las distribuye a los diferentes procesos en 10 segundos en promedio.

Armadores

Se utilizan 5 máquinas planas para este proceso donde cada una es manejada por un operario, aquí se realizan las unidades que el patinador del tercer piso les entrega. El tiempo de procesamiento contiene dentro de su ciclo, el lapso en que un operario arma las 10 piezas promedio que tiene un par de guantes.

Ribeteado

Se cuenta con dos máquinas ribeteadoras de las cuales 1 se encuentra dañada, en este proceso se producen las unidades que el patinador del tercer piso entrega ya armadas. El tiempo de procesamiento contiene dentro de su ciclo el lapso en que un operario ribetea 2 guantes (ver Tabla 22). Tabla 22. Resumen de pruebas de bondad y ajuste de los datos de entrada.

Cerrado

Se utilizan 2 máquinas planas en este proceso donde cada una es manejada por un operario, estos producen las unidades que el patinador les entrega ya ribeteadas. El tiempo de procesamiento contiene dentro de su ciclo el lapso en que un operario cierra 2 guantes, es decir un par (ver Gráfico 29).

Volteado

Se utilizan 2 operarios que voltean las unidades entregadas por el patinador del tercer piso. El tiempo de procesamiento contiene dentro de su ciclo el lapso necesario para voltear los dedos e inspeccionar el par de guantes (ver Gráfico 29).

Inspección

Se utiliza 1 operario. El tiempo de procesamiento contiene dentro de su ciclo el lapso que toma la inspección de un par de guantes (ver Tabla 22).

Almacén de producto terminado

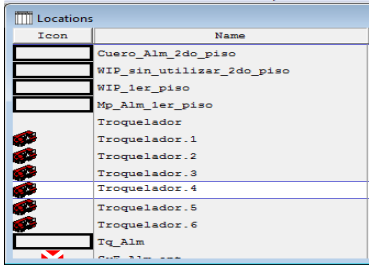
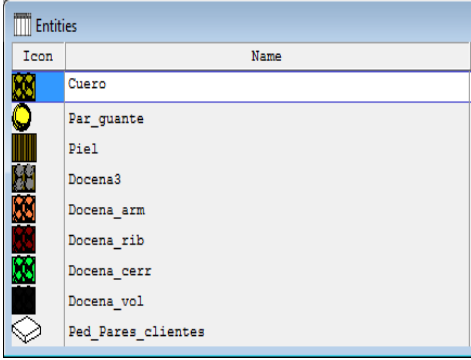
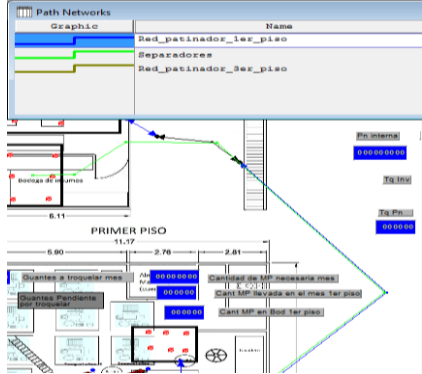
De acuerdo a la información obtenida de la empresa, tiene una capacidad aproximada de 20,000 pares.

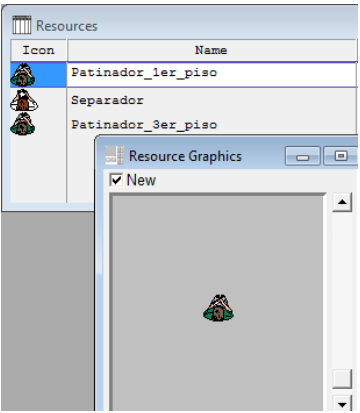
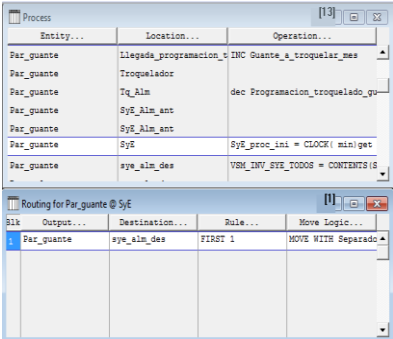
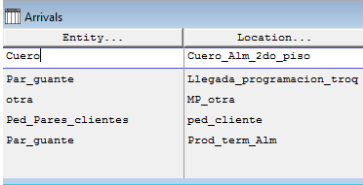
7.4 FORMULACIÓN DEL MODELO CON PROMODEL (VER ANEXO J)

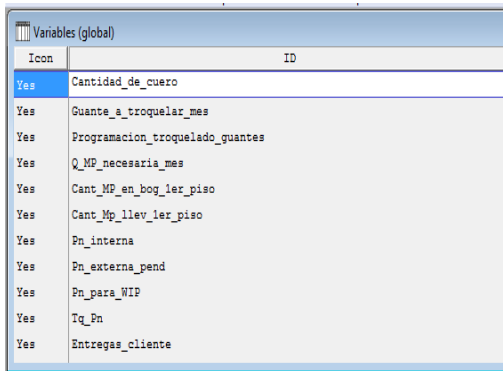
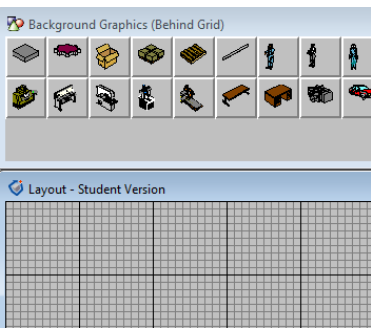
En ProModel se distingue una serie de módulos que permiten mejorar el paquete de simulación. En el Cuadro 16 se muestran los componentes principales del software¹⁵⁵ y su caracterización con la simulación a desarrollar:

¹⁵⁵ BLANCO R. Luis .E, FAJARDO P. Iván .D. Cap. 5 Simulación con ProModel- Cap 6. Instrucciones con ProModel En: Simulación con ProModel. Op. Cit.: 132-229.

Cuadro 16. Componentes del Modelo de Simulación en ProModel.

Localizaciones: Representan el lugar donde la entidad realizará un proceso o algún otro tipo de actividad. En la simulación presente, las locaciones se evidencian en los lugares de almacenamiento, el proceso de separado y encarrado, troquelado, armado, cerrado, ribeteado, volteado, inspección entre otros.	
Entidades: Es la materia prima de un producto o servicio que va a ser procesada en una <i>localización</i>. Las entidades se pueden transformar durante la simulación. Las entidades principales utilizadas en el modelo son: 1) Cuero, que representa la materia prima que llega a la empresa, 2) par guante, significa un par de guantes, esta entidad se define cuando se procesa en troquelado la entidad cuero, y de ahí en adelante se almacena, transporta o procesa en las diferentes localizaciones y se envía al cliente. 3) ped pares cliente que representa un par de guantes pedido por el cliente.	
Path Networks: Todo proceso necesita un diagrama de recorrido por donde se movilizan los recursos (personas, máquinas, etc.) y transporten las entidades (papeles, piñones, cajas, entre otros). En este modelo se utilizan 3 rutas para que los recursos (patinadores), transporten el material. La primera ruta red patinador primer piso, utilizada para que el recurso transporte la materia prima desde el almacenamiento del segundo piso hasta el almacenamiento del primer piso y también para recibir el producto del área de volteado y sea llevado a inspección. La segunda ruta es la destinada para el personal de separado y encarrado, y permite que recojan el material procesado en troquelado, lo lleven a las mesa para realizar el proceso de separado y encarre, y posterior a este transporten las piezas hasta	

el almacenamiento de inventario de trabajo en proceso, entrega a externos o al ascensor del tercer piso para realizar el proceso de armado. La tercera ruta es donde se transporta el patinador entre las localizaciones de revisión tercer piso, armado, ribeteado, cerrado y volteado.	
Recursos: Un recurso puede ser una persona, un equipo o un vehículo que desempeña o realiza diferentes operaciones a las entidades, como transporte de un nodo a otro y operaciones puntuales a la entidad. Para utilizar los recursos, previamente se debió definir una red (<i>Path Network</i>). En el modelo se utilizan 5 recursos: un patinador que abastece de materia prima al proceso de troquelado, 3 operarios encargados del proceso de separado y encarrado y un patinador que distribuye el material a los procesos ubicados en el tercer piso.	
Proceso: El menú de proceso es uno de los más importantes debido a que en él se programa la operación. Normalmente todo el proceso tiene un diagrama de proceso o de operaciones (ver Gráfico 27). Antes de diseñar el proceso se deben crear las entidades, recursos, localizaciones y <i>Path networks</i> que necesita el modelo. Se debe tener claro como es el proceso que se va a simular.	
Llegadas: Las llegadas del modelo propuesto son el cuero que es la materia prima y los pedidos de los clientes.	

Variables: Se pueden emplear variables de tipo global y local. Las variables son útiles para calcular o guardar información numérica, ya sea real o entera. El valor de una variable global se puede utilizar en cualquier parte de la simulación, mientras que el de una variable local solo se podrá utilizar dentro del bloque (<i>lógica</i>) en el que se colocó. Las variables en el modelo reflejan la cantidad que producen las diferentes áreas, los inventarios que se acumulan entre procesos, cantidades entregadas al cliente, los tiempos de proceso, las cantidades solicitadas.	
El modelo se desarrolla en un plano de la empresa con las respectivas medidas, y para el desplazamiento de los recursos se modifica que el Grid, es decir que la escala del modelo de como resultado que por cada segundo el operario se desplace 70 cm.	

Elaborado por los autores.

Una vez se define la estructura de programación realizada en el software ProModel, se pasa a definir el tipo de simulación del modelo de estudio con base en el diagrama del Gráfico 27.

La jornada laboral del caso estudio es de lunes a sábado, 9 horas y 5 minutos por cada día, estas condiciones definen una simulación de tipo terminal (ver 5.1.4. Simulación de sistemas).

En este modelo, se analiza el comportamiento y cumplimiento de la cantidad de guantes demandada diaria y mensualmente por el cliente. Se toma como variable de estudio el cumplimiento de la demanda, dado que en el pensamiento *Lean* se trabaja teniendo en cuenta las necesidades y expectativas del cliente, donde una de sus principales necesidades es tener un producto en la fecha que el cliente necesita, la cantidad solicitada y el tipo de producto solicitado.

Cuando la simulación es de tipo terminal el método de réplicas independientes requiere que el modelo sea corrido por un pequeño número de réplicas, en el caso

de simulación probabilística, pequeño hace referencia a una cantidad de 10 a 15 réplicas¹⁵⁶. Con base en el enunciado anterior se toma inicialmente como referencia 15 réplicas y de acuerdo a los resultados se determina si es necesario correr el modelo con número diferente de réplicas.

El análisis estadístico recomendado para este tipo de simulación involucra la utilización de intervalos de confianza y la determinación de la distribución de probabilidad de la variable de salida (ver 5.1.4 Simulación de Sistemas).

Los datos reales que se recolectan de la empresa caso estudio sobre la variable de la demanda promedio mensual, se presentan en la Tabla 24 y corresponden a los pares de la familia de guantes vendidos en el periodo comprendido de Agosto de 2009 a Julio de 2011.

Tabla 24. Datos demanda diaria de la familia de guantes - Agosto 2009 a Julio 2011.

Año 2009				
Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
804	1229	1021	727	1104
Año 2010				
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
984	1071	1442	1066	820
Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
685	510	772	736	833
Noviembre			Diciembre	
1008			1359	
Año 2011				
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
607	599	945	714	1036
Junio			Julio	
943			672	

Fuente: Empresa caso estudio Software SAI OPEN

A continuación con la información de la Tabla 24 se obtiene el promedio y la desviación estándar de la demanda diaria promedio con el fin de compararlos con el intervalo de confianza de la simulación:

¹⁵⁶ ITAMI, Robert M. et al., "Generating Confidence Intervals for Spatial Simulations – Determining the Number of Replications for Spatial Terminating Simulations". [En línea], p. 142. [Consultado 15 Diciembre. 2011]. Disponible en <<http://www.mssanz.org.au/modsim05/papers/itami.pdf>>

Ecuación 30. Calculo de la Media de la Demanda

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} = 903.62 \cong 904 \text{ pares}$$

Ecuación 31. Desviación Estándar de la Demanda

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} = 239.67 \cong 240 \text{ pares}$$

Con la demanda diaria promedio de guantes y su desviación se calculan los límites que se utilizan para identificar si la simulación se está comportando dentro de los datos reales de la siguiente forma:

Ecuación 32. Calculo de LS y LI de la Demanda

Limite superior de los datos = LS = $\bar{x} + \delta = 903.62 + 239.67 \cong 1143 \text{ pares}$.

Limite inferior de los datos = LI = $\bar{x} - \delta = 903.62 - 239.67 \cong 664 \text{ pares}$.

De acuerdo a los resultados de los límites, la media de la demanda diaria promedio de las réplicas obtenida en la simulación, debe estar entre $LI \cong 664$ y $LS \cong 1143$

Los resultados de la variable de análisis (demanda diaria promedio) generados por las 15 réplicas en ProModel se encuentran en la Tabla 25.

Tabla 25. Resultados de las réplicas obtenidas en la simulación del VSM Inicial.

Nº de Replica (r)	Promedio Demanda diaria
1	966
2	976
3	1,025
4	986
5	966
6	1,141
7	1,083
8	986
9	966

Nº de Replica (r)	Promedio Demanda diaria
10	1,131
11	978
12	985
13	1,021
14	999
15	1,130

Elaborado por los autores.

Con el fin de validar si los resultados de la simulación son una fuente confiable para tomar decisiones y plantear que es un modelo aproximado al sistema de producción real, se procede a utilizar la fórmula del intervalo de confianza para simulaciones terminales (ver 5.1.4 Simulación de Sistemas) con $\alpha=0.1$, es decir 90% confianza que de acuerdo con Law y Kelton¹⁵⁷, un $\alpha=0.1$ es un nivel de confianza razonable dado que los números aleatorios son usados para generar los indicadores de desempeño.

Ecuación 33. Calculo de la media para simulaciones terminales

$$\bar{x} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r x_i = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} x_i = \frac{1}{15} (14,373) = 1,026.64$$

Donde: x_i = Demanda Mensual en un periodo.

Ecuación 34. Calculo de la desviación estándar para simulaciones terminales

$$\begin{aligned} \text{Desviación Estandar} = s &= \left(\frac{1}{r-1} \sum_{i=1}^r (x_i - \bar{x})^2 \right)^{1/2} = \left(\frac{1}{15-1} \sum_{i=1}^{15} (x_i - 1,026.64)^2 \right)^{1/2} \\ s &= \left(\frac{1}{14} (59,626.77) \right)^{1/2} = 65.26 \end{aligned}$$

Donde: x_i = Demanda Mensual en un periodo.

r = Número de réplicas.

¹⁵⁷ LAW, Averill M. KELTON, W. David. *Simulation modeling and analysis. Tercera edición, Mc Graw Hill. Boston*. Citado por ITAMI, Robert M. et al., "Generating Confidence Intervals for Spatial Simulations – Determining the Number of Replications for Spatial Terminating Simulations". [En línea]. p. 142. [Consultado 15 Diciembre. 2011] Disponible en <<http://www.mssanz.org.au/modsim05/papers/itami.pdf>>

$\bar{x}$ = Promedio de la Demanda Mensual.

Ecuación 35. Intervalo de Confianza para Simulaciones Terminales

$$IC = \left[\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{r \alpha/2}} ; \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{r \alpha/2}} \right] = \left[1,026.64 - \frac{65.26}{\sqrt{15(0.1)/2}} ; 1,026.64 + \frac{65.26}{\sqrt{15(0.1)/2}} \right]$$

$$IC \cong [951 ; 1,102]$$

Donde: IC = Intervalo de Confianza.

Con respecto a los datos simulados, se obtiene que con un 90% de nivel de confianza la media de 1,026.64 se encuentra dentro del intervalo de confianza que genera la simulación, $IC \cong [951 ; 1,102]$, dándole validez al modelo.

Al comparar la media obtenida en las réplicas de la simulación con los intervalos de los datos reales de la empresa caso estudio, se obtiene que los valores simulados, $\bar{x} = 1,026.64$, se encuentran dentro del rango de los datos reales, $LI \cong 664$ y $LS \cong 1143$, concluyendo que el modelo representa el sistema real.

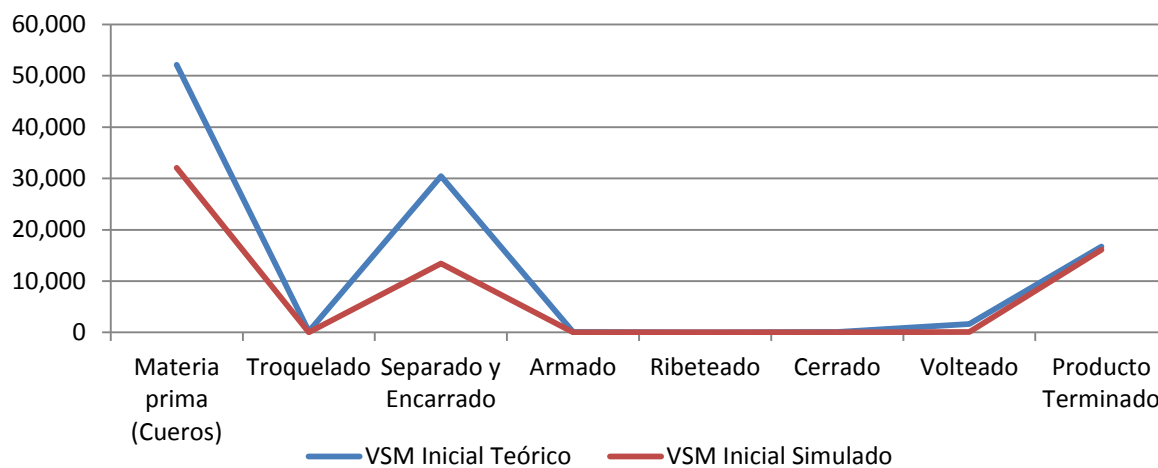
8 SIMULACIÓN ESCENARIOS*

Para analizar las mejoras en el flujo de valor de la familia de guantes de la empresa caso estudio obtenidas con la aplicación de las técnicas *Lean*, se comparan los resultados obtenidos del VSM inicial Teórico con el VSM inicial Simulado, con el fin de identificar si se presentan los mismos comportamientos de las variables medidas en el sistema, comparar los resultados de las simulaciones de los escenarios 1 y 2 y seleccionar la mejor opción con base en los costos, la productividad, el *Lead Time* y el movimiento de la entidad principal.

8.1 COMPARACIÓN DEL VSM INICIAL TEÓRICO VS VSM INICIAL SIMULADO

El Gráfico 30 presenta el comportamiento de los inventarios en el flujo de valor de la familia de guantes obtenidos en el VSM Inicial Teórico y Simulado, donde se puede evidenciar que los inventarios del modelo simulado tienen un comportamiento similar a lo que se presenta en la realidad.

Gráfico 30. Comparación Inventarios en días VSM inicial vs Simulación VSM Inicial.



Elaborado por los autores

* La Información utilizada para realizar las comparaciones de los escenarios simulados se toman del promedio de las 15 réplicas que se realizan al sistema en ProModel.

La Tabla 26 muestra cuál es el inventario en unidades y en días, encontradas en el VSM Inicial Teórico y en el Simulado con sus respectivas diferencias.

Tabla 26. Comparación Inventarios VSM Inicial Teórico vs VSM Inicial Simulado.

Tipo de inventario	VSM inicial Teórico		Simulación VSM Inicial		Diferencia	
	Unids	Días	Unids	Días	Unids	Días
Materia prima (Cueros)	52,112	54.17	32,078.9	33.35	20,033.1	20.8
Troquelado	216	0.22	19.83	0.02	196.2	0.2
Separado y encarrado	30,432	31.63	13,427	13.96	17,005.0	17.7
Armado	84	0.09	6.82	0.01	77.2	0.1
Ribeteado	24	0.02	11.25	0.01	12.8	0.0
Cerrado	108	0.11	7.57	0.01	100.4	0.1
Volteado	1,680	1.75	65.41	0.07	1,614.6	1.7
Producto Terminado	16,707	17.37	16,132.2	16.77	574.8	0.6
Total	101,363	105.36	61,749	64.19		

Elaborado por los autores.

De acuerdo a la Tabla 26 se encuentra que el inventario total en días es de 105.36 para el VSM Inicial Teórico y de 64.19 para el Simulado, esta diferencia se da principalmente por el inventario de materia prima y producto en proceso de troquelado. Estas diferencias se generan porque en el tiempo de simulación utilizado, que es de 24 días, no se alcanza a llegar a los niveles de inventario que la empresa maneja teniendo en cuenta que desde hace muchos años la empresa programa su producción de la misma forma y los ha acumulado.

En el caso de los tiempos de procesamiento (ver Tabla 27) se encuentra que con la información levantada para realizar el VSM Inicial Teórico, el tiempo total de procesamiento de un par de guantes es de 737 segundos, de los cuales 703 se agrega valor (VA) al producto y 34 no (NVA), mientras que en los tiempos obtenidos en el VSM Inicial Simulado el tiempo total de procesamiento es de 737.4 segundos, de los cuales 701.4 segundos se agrega valor al producto y 36 no. Las principales diferencias encontradas en los tiempos de procesamiento se dan en los procesos de armado y cerrado, de 23.4 y 10 segundos respectivamente, pero estas se dan principalmente por la variabilidad de las distribuciones.

Tabla 27. Comparación tiempos de procesamiento y valor agregado VSM Inicial Teórico vs VSM Inicial Simulado.

VSM inicial Teórico				VSM Inicial Simulado*		
Proceso	Tiempo procesamiento (min)	Tiempo procesamiento (min)	Tiempo de Ciclo (seg)	Tiempo de Ciclo (min)	Tiempo de Ciclo (seg)	Tiempo de Ciclo (seg)
Troquelado (VA)	1.40	84.00	14	1.40	84.00	14
Separado y encarrado (NVA)	0.40	24.00	8	0.40	24.00	8
Armado (VA)	5.50	330.00	66	5.89	353.40	71
Ribeteado (VA)	0.33	20.00	20	0.30	18.00	18
Cerrado (VA)	2.22	133.00	67	2.05	123.00	62
Volteado (VA)	2.27	136.00	68	2.20	132.00	66
Inspección (NVA)	0.17	10.00	10	0.20	12.00	12
Total	12.28	737.00		12.29	737.40	
Valor agregado (VA)	11.72	703.00		11.69	701.40	

Elaborado por los autores.

Con base a la información de la Tabla 26, Tabla 27 y la obtenida en los intervalos de confianza con la demanda promedio diaria (ver 7.4 Formulación del modelo con ProModel), se concluye que el VSM Simulado se comporta de acuerdo al sistema real y por ende puede tomarse como punto de partida para plantear escenarios donde se apliquen herramientas de mejora y se contemplen las variables estudiadas.

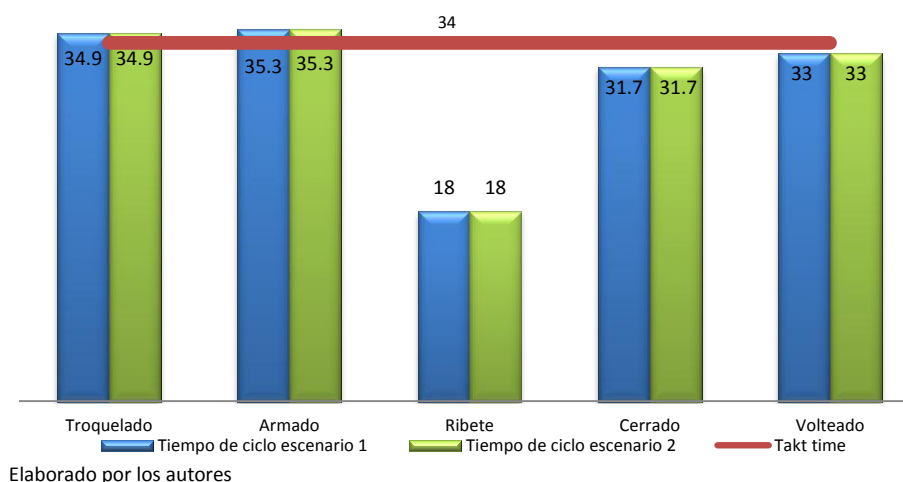
8.2 ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS

8.2.1 Ajuste al *Takt Time*

A continuación en el Gráfico 31 se muestra el *Takt Time* con los tiempos de ciclo de los procesos encontrados en la simulación.

* Información tomada de las unidades promedio obtenidas en las 15 réplicas del sistema.

Gráfico 31. Takt Time VS Tiempos de Ciclo Simulación escenario 1 y 2



En el Gráfico 31 los tiempos de ciclo de los procesos de cerrado y volteado se encuentran por debajo del *Takt Time*, asegurando que pueden cumplir con la demanda promedio diaria de la familia de guantes, mientras que los procesos de troquelado, armado y ribeteado, a pesar de encontrarse por encima del *Takt Time*, tienen colas *FIFO* entre ellos, que ayudan a amortiguar el desbalanceo entre ribeteado y cerrado.

Con base en este resultado, (Gráfico 31) se concluye que los escenarios se encuentran balanceados y para cumplir con la demanda promedio diaria obtenida en el sistema SAI OPEN de 903 pares de guantes, aunque se debe aplicar Kaizen de proceso en armado para mejorar el tiempo de ciclo por debajo del *Takt Time*.

8.2.2 Lead time de producción

El *Lead Time* de Producción obtenido en la simulación del VSM Inicial es de 64.21 días (ver Tabla 28), donde los inventarios representan el 99.79% estos se componen principalmente por materia prima (cueros) 51.93%, producto en proceso troquelado 21.74% y producto terminado 26.12% (ver Tabla 28).

Tabla 28. Proporción del inventario en días con respecto al *Lead Time*

Ítem del <i>Lead Time</i>	<i>Lead Time</i> en días	Proporción
Inventario Materia prima (Cueros)	33.3460	51.9320%
Tiempo de procesamiento troquelado	0.0026	0.0040%
Inventario de troquelado	0.0206	0.0321%
Tiempo de procesamiento de separado y encarrado	0.0007	0.0011%

Ítem del <i>Lead Time</i>	<i>Lead Time</i> en días	Proporción
Inventario separado y encarrado	13.9574	21.7368%
Tiempo de procesamiento armado	0.0108	0.0168%
Inventario armado	0.0071	0.0110%
Tiempo de procesamiento ribeteado	0.0006	0.0009%
Inventario ribeteado	0.0117	0.0182%
Tiempo de procesamiento cerrado	0.0038	0.0059%
Inventario cerrado	0.0079	0.0123%
Tiempo de procesamiento volteado	0.0040	0.0063%
Inventario volteado	0.0680	0.1059%
Tiempo de procesamiento Inspección	0.0004	0.0006%
Inventario Producto Terminado	16.7694	26.1162%
Total	64.2110	100.0000%

Elaborado por los autores.

Con el fin de reducir los inventarios (ver Tabla 28), el tiempo en movimiento o transporte de las entidades (ver Tabla 30, pág.149), mejorar la comunicación y obtener un flujo controlado *Pull* entre los procesos del flujo de valor de la familia de guantes, se realiza una nueva ubicación de los procesos en el primer piso de la compañía (en U¹⁵⁸), ver Gráfico 32. Se implementa un supermercado para el abastecimiento de materia prima (cuero) y se establecen colas *FIFO* entre los procesos de troquelado, armado, ribeteado y cerrado (ver 6.2 VSM FUTURO).

Para la ubicación de todos los procesos en el primer piso de la planta con base en el VSM Futuro escenario 1 (ver 6.2.1 VSM futuro escenario 1) se organizan desde el último proceso aguas abajo (volteado) hacia el proceso inicial del flujo de valor (troquelado), buscando una forma de U entre ellos. En este caso volteado se ubica antes de la puerta donde se despachan los productos, el proceso de cerrado se sitúa en flujo continuo con volteado, y así sucesivamente teniendo en cuenta las restricciones de espacio de la planta hasta llegar al proceso de troquelado que debe estar al lado de las escaleras que llevan al segundo piso donde se encuentra el supermercado de materia prima, esta ubicación se puede ver en el Gráfico 32 donde se resaltan los nombres del proceso de troquelado y cerrado y además de mostrar el cuadro de control de variables utilizado para ver el comportamiento de las variables de control en el desarrollo de la simulación (cuadro de control visual).

¹⁵⁸ CARREIRA, Bill. Op. Cit. p 150.

Gráfico 32. Nueva distribución de la planta estructura en ProModel.



Elaborado por los autores.

La Tabla 29 presenta los niveles de inventario obtenidos en la simulación del VSM Inicial, el escenario 1 y el escenario 2, con las respectivas mejoras en cada uno de ellos.

Tabla 29. Comparación inventarios VSM inicial simulado Vs Escenario 1 Vs Escenario 2

Tipo de inventario	Simulación VSM inicial		VSM futuro escenario 1			VSM futuro escenario 2		
	Unids	Días	Unids	Días	Mejora	Unids	Días	Mejora
Materia prima (Cueros)	32,078.90	33.35	17,938.9	18.648	44.08%	1,781.35	1.85	94.45%

	Simulación VSM inicial		VSM futuro escenario 1			VSM futuro escenario 2		
Troquelado	19.83	0.02	33.39	0.035	-68.38%	33.40	0.03	-68.43%
Separado y encarrado	13,427.00	13.96	0.000	0.000	100.00%	0.00	0.00	100.00%
Armado	6.82	0.01	3.91	0.004	42.67%	3.79	0.00	44.43%
Ribeteado	11.25	0.01	3.36	0.003	70.13%	3.23	0.00	71.29%
Cerrado	7.57	0.01	5.18	0.005	31.57%	5.19	0.01	31.44%
Volteado	65.41	0.07	0.000	0.000	100.00%	0.00	0.00	100.00%
Producto Terminado	16,132.20	16.77	450.37	0.468	97.21%	442.63	0.46	97.26%
Total	61,748.98	64.19	18,435.11	19.16	70.15%	2,269.59	2.36	96.32%

Elaborado por los autores.

De acuerdo con la Tabla 29, comparando el VSM Inicial con el escenario 1, las herramientas de mejora propuestas permiten a la empresa reducir los niveles de inventarios obteniendo las siguientes mejoras:

- En el caso del inventario de materia prima con la implementación del supermercado se reduce el inventario en días de 33.35 a 18.65, es decir en un 44.08%.
- Con la selección del proceso de troquelado como Marcapasos, los operarios solo realizan las piezas necesarias para cumplir con la demanda del cliente, eliminando la sobreproducción en el flujo de valor de la empresa y permitiendo disminuir el inventario de Producto terminado en 97.21% y eliminar el inventario de troquelado.
- Con la implementación de las colas *FIFO* se controlan los inventarios y se reducen en los procesos de armado, ribeteado y cerrado en un 44.43%, 71.29% y 31.44%, respectivamente.
- La eliminación del proceso de inspección genera que no se acumulen inventarios aguas abajo del proceso de volteado y estos lleguen directamente a producto terminado.
- A diferencia de los otros inventarios, en el proceso de troquelado se genera un incremento del 68.43%, causado porque en el VSM Inicial el tiempo de ciclo del proceso de separado y encarrado es menor que el de troquelado (ver Tabla 27), generando un inventario bajo con respecto a los otros procesos, en promedio de 19.83 pares, mientras que en el escenario 1 cuando se elimina el proceso de separado y encarrado, se debe nivelar el tiempo de ciclo de troquelado con armado; como el tiempo de ciclo de troquelado es menor que el de armado se generaría sobreproducción de piezas si no se controla troquelado siendo

necesaria una cola *FIFO* de máximo 36 pares que en la simulación de VSM Inicial contiene en promedio 33, lo que genera que el inventario del proceso de troquelado en el escenario 1, sea mayor que en el VSM inicial.

➤ En general con la simulación del escenario 1 se puede obtener una disminución del *Lead Time* de producción del flujo de valor de la familia de Guantes del 70.15% (ver Tabla 29), resultado similar a la mejora obtenida teóricamente en el VSM inicial del 77.7%, dando más confiabilidad al modelo simulado y demostrando la practicidad del VSM para plasmar posibles mejoras en el flujo.

➤ En el caso del escenario 2, se implementa, además de las técnicas ya utilizadas en el escenario 1, *Heijunka* y el modelo viajes rutinarios del proveedor “*Milk Run*”, donde se entrega a diario solo la cantidad necesaria de materia prima para realizar la producción de la empresa, donde en la simulación se obtiene una disminución del inventario de materia prima del 94.45% (ver Tabla 29) y una disminución del *Lead Time* de producción del flujo de valor de la familia de Guantes del 96.32%, resultado similar al VSM futuro escenario 2 teórico con una mejora del 98.8%.

Las mejoras obtenidas en los inventarios son cercanas a las de diversos autores como Grewal (2008) 81.4% de reducción, Abdulmalek y Rajgopal (2007) 70% Abdullah (2003) 89%.

Además de los resultados obtenidos en el *Lead Time*, se obtienen otras mejoras significantes con respecto a la actividad de los guantes que es la principal entidad (ver Tabla 30).

Tabla 30. Comparación del estado de la entidad par guante.

Ítem	VSM Inicial Simulado		Escenario 1		Escenario 2	
	Media	Desv. Estandar	Media	Desv. Estandar	Media	Desv. Estandar
Prom. cantidad en el sistema	46,164.6	1675.87	1,069.2	289.41	1,219.6	535.52
Prom. minutos en el sistema	6,292.09	269.84	514.68	6.56	532.62	21.00
Prom. minutos en movimiento (Transporte)	2.03	0.30	1.00	0.00	1.01	0.01
Prom. minutos esperando un recurso	129.25	19.71	384.77	8.78	216.71	23.52
Prom. minutos en operación	84.97	10.99	110.9	12.19	120.95	11.79

Elaborado por los autores.

De acuerdo a la Tabla 30 se identifican las siguientes mejoras:

- La cantidad de guantes en el sistema cambia de un promedio de 46,164 pares en el VSM Inicial simulado a 1,069 en el escenario 1 y a 1,219 en el escenario 2.
- El promedio de minutos que transcurre la entidad por guante en el sistema en el VSM Inicial Simulado es de 6,292 minutos, mientras que en el escenario 1 es de 514 minutos y en el escenario 2 es de 532 minutos, es decir, aproximadamente un día laboral de la empresa caso estudio (545 minutos).
- El promedio de minutos que está en movimiento un par de guantes cuando es transportado de una localización a otra en el VSM Inicial Simulado es de 2.03 minutos, mientras que en el escenario 1 y el escenario 2 es de 1 y 1.01 minutos, respectivamente, es decir que con respecto al modelo inicial por cada par de guantes que sea transportado se reduce 1 y 1.01 minutos en los escenarios futuros, una mejora sustancial teniendo en cuenta que la demanda mensual es de aproximadamente 24,000 pares de guantes.
- El promedio de minutos que una entidad en el VSM Inicial Simulado espera por un recurso es de 129 minutos, mientras que en los escenarios VSM Futuros 1 y 2 es de 384 y 216 minutos respectivamente, esta situación se genera porque en el VSM Inicial se cuenta con 2 patinadores y 3 separadores que constantemente distribuyen las entidades entre los procesos mientras que en los escenarios VSM Futuros esta cantidad de personas se disminuye a 2, lo que hace que las entidades tengan que esperar más tiempo para ser transportadas. Por otra parte, del VSM Futuro escenario 1 al escenario 2 hay una disminución del tiempo de espera, generada porque en el escenario 1 las unidades que se envían a producir no tienen ningún tipo de control, por lo tanto se despacha toda la demanda para el proceso marcapasos (troquelado) en una ocasión, aumentando las unidades almacenadas en las colas FIFO y obteniendo que las entidades tengan que esperar más tiempo por los recursos, mientras que en el VSM Futuro escenario 2 la nivelación de la producción controla cada 6.8 minutos (*Pitch*) el envío de las órdenes de producción de guantes, evitando que en las colas FIFO se acumulen guantes y tengan así que esperar menos tiempo para ser transportados por los recursos.

Por otra parte, cuando se analiza la producción mensual de la empresa en pares de guantes del VSM Inicial Simulado y de los escenarios VSM Futuros 1 y 2, se encuentra que la producción interna promedio diaria de la empresa con el modelo del VSM Futuro escenario 1 incrementa en un 76,46% y con el modelo del escenario 2 en 76.82%, con respecto al VSM Inicial (ver Tabla 31).

Tabla 31. Producción en pares de la familia de guantes VSM inicial Vs Escenarios VSM futuros

Producción	Demanda Mensual	Producción Interna Mensual	Producción interna promedio diaria	Aumento producción interna	Producción externa Mensual	Producción Externa promedio diaria
VSM inicial	24,542	11,047	460.3	0.00%	13,171	548.8
VSM futuro escenario1	24,185	19,494	812.25	76.46%	4,947	206.12
VSM futuro escenario2	24,511	19,533	813.88	76.82%	5,233	218.08

Elaborado por los autores

A pesar del incremento de la producción de la empresa la capacidad del modelo no alcanza a cumplir la demanda diaria promedio de 903 pares debido a la variabilidad. La capacidad final del modelo en el escenario 1 y 2 a nivel interno es de 860 pares de guantes, las unidades diarias por encima de esta cantidad son subcontratadas a las maquilas.

Además del incremento en la productividad se obtiene una disminución en cuanto al área utilizada en la planta (Tabla 32).

Tabla 32. Disminución de áreas

Actividades	VSM inicial			VSM futuro escenario 1			VSM futuro escenario 2		
	m ²	% Utilización	Costo/ m ²	m ²	% Mejora	Costo/ m ²	m ²	% Mejora	Costo/ m ²
Oficinas y espacio necesarios para los empleados	50.75	11.90%	\$ 214,175	50.75	0%	\$ 214,175	50.75	0%	\$ 214,175
Almacenamiento materia prima	29.99	7.03%	\$ 126,564	19.92	34%	\$ 84,066	5.69	81%	\$ 24,013
Almacenamiento producto en proceso	31.06	7.28%	\$ 131,079	0	100%	\$ 0	0	100%	\$ 0
Almacenamiento producto terminado	7.11	1.67%	\$ 30,006	5.69	20%	\$ 24,013	5.69	20%	\$ 24,013
Área de valor agregado	58.32	13.67%	\$ 246,122	46.31	21%	\$ 195,438	46.31	21%	\$ 195,438
Pasillos	240.72	56.44%	\$ 1,015,886	14.23	94%	\$ 60,051	5.69	98%	\$ 24,013
Procesos que no agregan valor	8.57	2.01%	\$ 36,167	0	100%	\$ 0	0	100%	\$ 0
Área total (m²)	426.52	100.00%	\$ 1,800,000	136.90	68%	\$ 577,743	114.13	73%	\$ 481,652

Elaborado por los autores.

Con respecto a la distribución de áreas de la empresa presentadas en la Tabla 32, el costo de arrendamiento mensual es de \$1'800,000 pesos al mes por un total de

426 metros cuadrados, con la implementación del VSM Futuro escenario 1 se reduce el área utilizada en un 68% ubicando todo el flujo de valor en el primer piso y logrando que el espacio utilizado tenga un costo de \$577,743 pesos, es decir que mensualmente la empresa tendría un área valorada en \$1,222,257 pesos disponible para realizar otras actividades, para el caso del VSM Futuro escenario 2, la reducción del área es del 73%, el costo del espacio utilizado es de \$481,652 pesos y el valor del área disponible para otras actividades es de \$1,318,348 pesos. La causa de una mayor disminución de área en el VSM futuro escenario 2 con respecto al escenario 1, es porque el tamaño del supermercado en el escenario 2 es para suplir la demanda promedio diaria de 962 pares mientras que en el escenario 1 es para suplir la demanda de 20 a 30 días.

Por otra parte, para la implementación de los modelos se deben cambiar 3 troqueladoras que sobran en el proceso de troquelado y adquirir 7 máquinas planas, 5 para el proceso de armado y 2 para cerrado, este cambio tiene un costo de aproximadamente \$3,264,660 pesos (ver Tabla 33).

Tabla 33. Inversión en maquinaria¹⁵⁹.

VSM futuro escenario 1 y 2			
Maquinaria	Costo por unidad	Cantidad	Costo total
Troqueladoras venta	\$ 1,400,000	3	\$ 4,200,000
Troqueladoras compra	\$ 1,985,714	0	-
Máquinas planas venta	\$ 750,000	0	-
Máquinas planas compra	\$ -1,066,380	7	\$ -7,464,660
Total			\$ -3,264,660

Elaborado por los autores.

Además de la inversión en maquinaria, se debe contratar un operario adicional en los dos VSM Futuros y rotar a los operarios entre los diferentes procesos

En la Tabla 34 se presenta el costo mensual de operación del flujo de producción de la familia de guantes, de acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación del VSM Inicial y de los escenarios VSM futuros.

¹⁵⁹ Datos obtenidos de la empresa caso estudio.

Tabla 34. Resumen de costos de operación mensuales VSM inicial simulado Vs VSM futuro escenario 1 y 2.

Ítem	VSM fnicial				VSM futuro escenario 1		VSM futuro escenario 2	
	Costo por unidad	Cantidad	Unidad de medida	Costo total	Cantidad	Costo total	Cantidad	Costo total
Operario troquelador	\$925,365	6	Unidades	\$5,552,187	3	\$2,776,094	3	\$2,776,094
Operario separado y encarrado	\$893,569	3	Unidades	\$2,680,707	0	\$-	0	\$-
Operario Patinador	\$893,569	2	Unidades	\$1,787,138	2	\$1,787,138	2	\$1,787,138
Operario armador	\$893,569	5	Unidades	\$4,467,845	10	\$8,935,688	10	\$8,935,688
Operario ribeteador	\$893,569	1	Unidades	\$893,569	0	\$-	0	\$-
Operario cerrador	\$893,569	2	Unidades	\$1,787,138	4	\$3,574,276	4	\$3,574,276
Operario volteador	\$893,569	2	Unidades	\$1,787,138	4	\$3,574,276	4	\$3,574,276
Operario Inspección	\$893,569	1	Unidades	\$893,569	0	\$-	0	\$-
Depreciación troqueladoras	\$16,548	6	Unidades	\$99,286	3	\$49,643	3	\$49,643
Depreciación Máquinas planas	\$8,887	7	Unidades	\$62,206	14	\$124,411	14	\$124,411
Depreciación ribeteadoras	\$23,333	1	Unidades	\$23,333	1	\$23,333	1	\$23,333
Costo áreas	\$4,220	426	m ²	\$1,800,000	137	\$577,743	114	\$481,652
Producción interna	\$2,605	11,047	Par	\$28,776,466	19,494	\$50,778,322	19,533	\$50,880,691
Producción externa	\$3,311	13,171	Par	\$43,615,778	4,947	\$16,381,978	5,234	\$17,331,901
Elaborado por los autores			Total	\$94,226,360	Total	\$88,582,902	Total	\$89,539,103

Cuando se comparan los beneficios obtenidos en los VSM futuros escenarios 1 y 2 con el VSM inicial simulado, se llega a la conclusión que con respecto a los costos de operación mensuales de la empresa el VSM futuro escenario número 1 es la mejor opción teniendo en cuenta que los disminuye en \$5,643,458 pesos (ver Tabla 34), mientras que el segundo escenario los reduce en \$4,687,257 pesos, cantidades que suplen el costo invertido en maquinaria para la reestructuración del flujo (ver Tabla 33).

A pesar que el escenario 1 con respecto a costos es una mejor opción, la aplicación de *Heijunka* en el escenario 2 en la producción de la empresa genera que esta pueda tener una mejor respuesta ante posibles variaciones de la demanda de los clientes, y que en caso de presentarse cambios de pedido no se generen altos inventarios en proceso en el sistema que afecten los costos de la empresa, por lo tanto, el segundo escenario es la mejor opción, dado que se disminuyen costos, inventarios, se mejora la productividad, y se puede tener una mejor respuesta al cliente en cuestiones de volumen y mezcla de productos.

9 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN VALUE STREAM MAPPING

Con base en la metodología establecida por Rother y Shook se desarrolla un plan de implementación en varios pasos para el *VSM* Futuro escenario 2 seleccionado como la mejor opción.

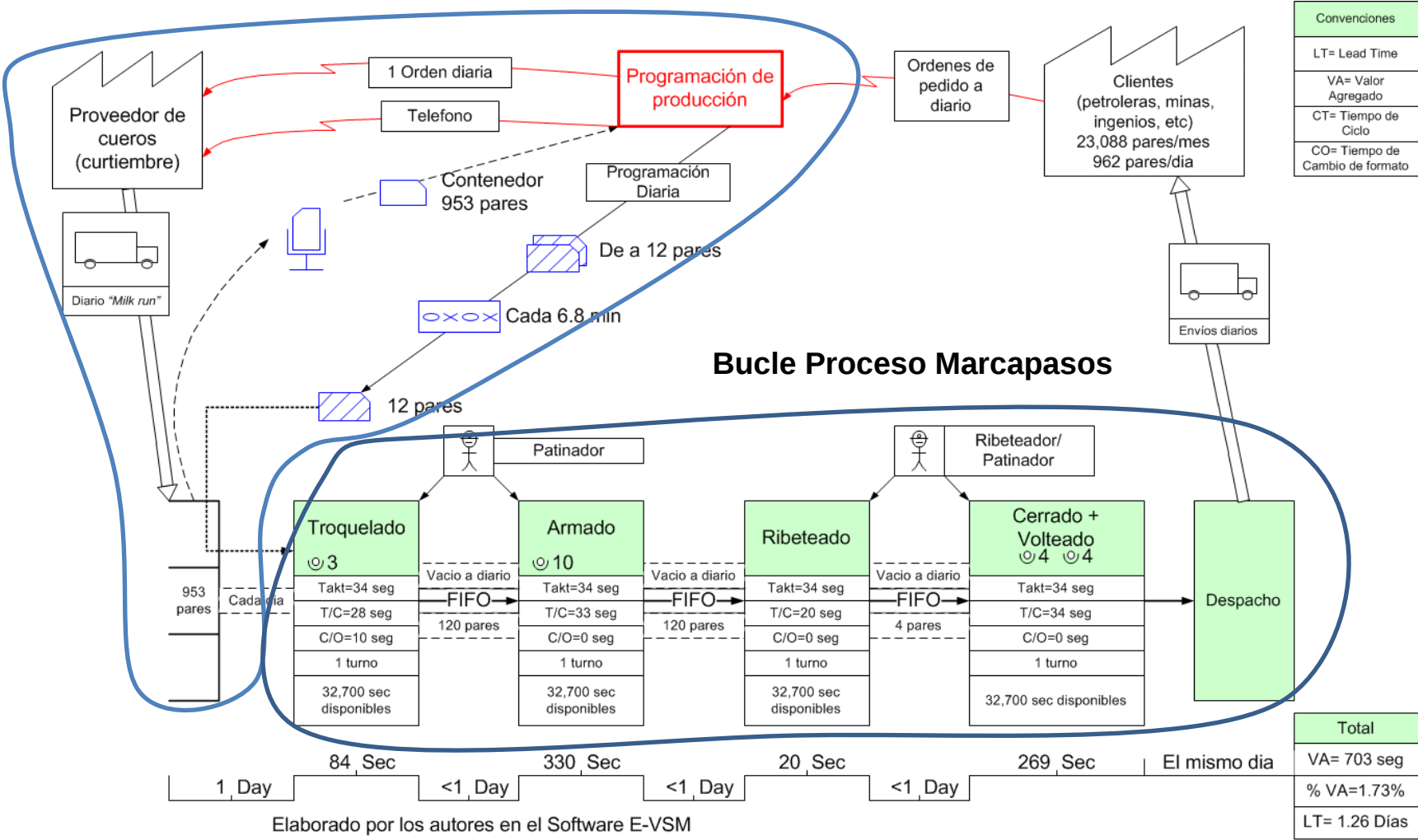
Para facilitar la implementación de las herramientas de mejora se divide el *VSM* en diferentes segmentos o bucles; el bucle del proceso marcapasos y los bucles adicionales.

Inicialmente se seleccionan los bucles de acuerdo al *VSM* Futuro escenario 2 con el fin de mostrar cuales son las actividades que se deben desarrollar para llegar al escenario y las metas que se deben cumplir.

El Gráfico 33 enseña el *VSM* Futuro escenario 2 con dos bucles:

- **Bucle Proceso Marcapasos:** Compuesto por troquelado, armado, ribeteado, cerrado y volteado llegando hasta el cliente.
- **Bucle Proveedor:** Compuesto por el supermercado de materia prima, la programación de la producción y el proveedor. Se encuentra conectado al proceso marcapasos por medio de tarjetas *Kanban*.

Gráfico 33. Bucles VSM Futuro escenario 2



9.1 PASOS DE IMPLEMENTACIÓN

Para empezar a cambiar el Sistema de Producción a *Lean* inicialmente se debe sensibilizar a todo el personal de la empresa sobre los desperdicios del pensamiento, crear una cultura de medición por medio de herramientas de control visual y de orden aplicando 5S's, además analizar cada proceso, actividad por actividad, con el fin de identificar todos los equipos y materiales necesarios en el lugar de trabajo para el normal desarrollo de flujo y actividades que generen reprocesos, esperas, movimiento y que no agreguen valor al producto, establecer un programa de mantenimiento preventivo para toda la maquinaria con el fin de evitar que se detenga el flujo por fallas o se generen defectos en los productos aunque la empresa constantemente realiza mantenimiento preventivo a sus equipos, por último es necesario capacitar y rotar a los operarios en todos los procesos buscando polifuncionalidad y reubicar los procesos en el primer piso de la planta de producción.

9.1.1 Bucle Proceso Marcapasos:

9.1.1.1 Objetivos:

➤ **Programar a diario la producción con base en la demanda del cliente:** Utilizar una caja *Heijunka* donde se programe inicialmente la producción de todas las referencias iguales solicitadas por el cliente en un día, en un lote, posterior a esto iniciar a programar la producción del lote por partes cambiando de una referencia a otra hasta llegar a fabricar una docena de una referencia diferente de guantes cada 6.8 minutos, que es el intervalo de tiempo de un *Pitch* donde se produce una docena de pares de guantes, utilizar tarjetas *Kanban de producción* ubicadas en la caja *Heijunka* que contengan la información de cuál es la referencia a producir con su respectiva cantidad y de esta forma se comunique al proceso de troquelado que cantidad de piezas y de qué tipo se deben cortar.

➤ **Establecer un sistema *Pull* y mecanismos de control visual entre los procesos de troquelado, armado, ribeteado y cerrado:** Ubicar contenedores contiguos a los procesos de troquelado, armado, ribeteado y cerrado con capacidad solo para almacenar la cantidad de pares establecida en las colas *FIFO*, del *VSM* futuro, por otra parte poner un tablero en un lugar visible cerca de cada proceso donde cada persona alimente constantemente la información de su producción y productos defectuosos, mientras que el jefe de producción alimenta un tablero grande que se encuentre visible para todos los operarios donde se resuma la información del flujo de la familia.

➤ **Establecer un sistema *Pull* con el supermercado de materia prima:** Cada que se retire una cantidad de materia prima del supermercado por medio de

tarjetas *Kanban de retiro* se envía una *tarjeta de Kanban de producción* a programación de producción.

9.1.1.2 Metas:

- Cero unidades de inventario entre los procesos del flujo de valor, al final de cada día.
- Cero unidades de inventario de producto terminado al final de cada día.

9.1.2 Bucle Proveedor:

9.1.2.1 Objetivos:

- **Desarrollar un sistema *Pull* con el proveedor de materia prima:** Cuando se reciba la *tarjeta de Kanban de producción* el jefe de producción constantemente está informando al proveedor cuál es su nivel de inventario para que cuando consuma la cantidad del lote de pedido estipulado en el *VSM* futuro se envíe una orden de compra para solicitar el producto al proveedor y este sea despachado. Establecer contiguo al proceso de troquelado la ubicación del supermercado donde se ubique la materia prima que el proveedor entregue a diario.
- **Obtener entregas diarias de materia prima por parte del proveedor:** Establecer contratos con los proveedores para que se entregue solo la cantidad de materia prima que el supermercado comunique a diario por medio de *Tarjetas Kanban de producción*.

9.1.2.2 Metas:

- Solo 1 día de inventario de materia prima en el supermercado.

10 CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta la experiencia vivida en el desarrollo del proyecto, la metodología utilizada para la aplicación del VSM puede ser manejada en cualquier tipo de empresa sea Mipyme o grande obteniendo buenos resultados, en este caso su dificultad depende principalmente de cuestiones como la cultura empresarial, el clima, los líderes con los que cuente la empresa y la voluntad del personal.
- Al finalizar el proyecto se puede afirmar que la aplicación del VSM en cualquier industria, en este caso el sector de fabricación de artículos de piel (Dotaciones Industriales), es una herramienta que permite identificar varios aspectos para mejorar en el flujo de valor de cualquier producto, eliminación de problemas de método que requieren poca inversión económica para su mejora, además, que es una herramienta vital para iniciar el proceso de transformación de un sistema de producción a *Lean*, que no solo permite encontrar problemas a solucionar sino que también ayuda a definir qué herramientas se pueden implementar para corregirlos, seleccionando las mejores para cada caso y amarrando la producción de la empresa a las necesidades y expectativas del cliente, de forma holística.
- Por otra parte, simular un proceso de fabricación de bienes por medio de un software como ProModel, permite corroborar los problemas encontrados en el análisis de la situación actual e interactuar con el sistema de forma que se identifique cómo modificar el flujo de valor, sin tener la necesidad de realizar cambios en el sistema real para evidenciar los resultados.
- Con respecto a la producción mensual interna de la familia de guantes el escenario 1 mejora la productividad en 76.46% y el escenario 2 en 76.82%, en este ítem los escenarios no presentan mayor diferencia.
- En los escenarios 1 y 2 presentan disminuciones de costos de operación de \$5,643,458 pesos y \$4,687,257 pesos respectivamente.
- El *Lead Time* de producción del escenario 1 se disminuye en un 70.15% y en el escenario 2 en 96.79% con respecto al VSM inicial, en este caso el escenario 2 es la mejor opción teniendo en cuenta que al reducir la frecuencia de pedido de materia prima de 20 días a 1 con la aplicación del "*Milk Run*", se evita que el cuero se deteriore, presente problemas de calidad, se vuelva obsoleto y además se genera una mayor liquidez a la empresa.
- La distribución de áreas de la familia de guantes en el VSM Inicial ocupa 426 metros cuadrados, mientras que con la implementación del escenario 1 se disminuye el área utilizada en un 68% y con el escenario 2, en 73%.

- Los dos escenarios dan respuesta a una de las características que el cliente califica como bajas en el estudio de valor que es la Capacidad de respuesta ante urgencias, tiene una calificación menor que 4 (3,98) y un coeficiente de variación de 31%, por lo tanto, con la mejora de la productividad de la empresa se puede fabricar una mayor cantidad de guantes en un menor tiempo y con mayor diversidad respondiendo así a las urgencias de los clientes.
- Por otra parte, otras de las sugerencias que hacen los clientes para la empresa son: a) mejorar los precios de los productos, esta sugerencia se cumple en el caso de los escenarios ya que en ambos hay reducción de costos de operación, b) mejorar los tiempos de entrega, con la disminución en el *Lead Time* de producción se puede evidenciar que hay una mejoría significativa en la respuesta al cliente, y por ultimo c) manejar stocks de inventario para los clientes, al mejorar la capacidad de respuesta y la productividad del flujo de la familia de guantes no es necesario acumular inventarios para suplir esta necesidad.
- Se pudo obtener por medio de la aplicación del método tabular una agrupación de productos en familias logrando crear celdas de manufactura, y corroborando por medio de un Análisis ABC multicriterio que la familia más importante de la empresa es la de guantes.
- Se concluye entonces las bondades que tiene la implementación de herramientas como *Value Stream Mapping*, supermercados, *kanban*, *Heijunka*, *Milk Run* y colas FIFO en los sistemas de producción de forma que ayuden a mejorar la competitividad de las empresas en cuestión diferenciación de productos, tiempos de respuesta, costos, tiempos de producción, inventarios, productividad y distribución de espacios.

11 RECOMENDACIONES

- En diferentes conversaciones con el gerente de la empresa se identificó que los proveedores del gremio son, en su mayoría, los mismos y por ende se sugiere a la compañía estrechar las brechas en el sector, con el fin de establecer acuerdos con el proveedor en envíos de materia prima más frecuentes, seguros y en menor cantidad recibida para cada uno. Esto ayudaría tanto a la compañía como a las empresas del sector a disminuir los inventarios en materia prima, a controlar la volatilidad de los precios y su escasez, razones principales que llevan a superar los stocks de material en la industria.
- Se recomienda a la compañía estructurar las áreas de trabajo con base al recorrido que realizan los productos para su materialización final, teniendo en cuenta que este tipo de configuración disminuye los tiempos utilizados en transporte de material.
- La compañía en el proceso de troquelado genera desperdicio de materia prima porque al finalizar el corte de la piel no queda espacio para obtener las piezas de menor tamaño, se sugiere a la compañía buscar la manera de reutilizar este desperdicio, realizarle algún proceso a este material para volverlo útil, ya sea para la compañía o cualquier otro tipo de industria. Esta metodología ayudaría a obtener ingresos extras y evitaría que este material tuviese el destino final en las basuras, donde se convierte en agente perjudicial para el medio ambiente.
- Se propone que la compañía haga un estudio de movimientos detallado en los procesos de producción con el fin de identificar el método más óptimo utilizado por los operarios para la fabricación de los productos y estandarizarlo. Esta opción se contempla porque en el proceso de recolección de datos en la compañía, se observó que determinados operarios por su método de trabajo tenían un mayor rendimiento tanto en la utilización del material, como en la utilización del tiempo.
- Se sugiere que los asesores comerciales conozcan a cabalidad las referencias y los productos que ofrece la compañía, para que ilustren a los clientes en qué situaciones o procesos es conveniente utilizarlos.
- Teniendo en cuenta los resultados del estudio de valor, se sugiere a las personas encargadas de asesorar al cliente, conocer los procesos que ellos desarrollan en sus empresas y realizar un acompañamiento al lugar de operación para poder sugerir productos que se adecuen mejor a sus necesidades y expectativas.

- Se recomienda que en el momento de asesorar se tenga a la mano un portafolio de productos con imágenes, especificaciones técnicas, beneficios y usos, con el fin que el cliente conozca cuál es el producto que va a recibir.
- Se sugiere a la compañía que fortalezca la herramienta de la página web, actualizándola, promocionándola y dando realce para que los clientes la tengan como otro medio de asesorías y ventas.
- Cabe resaltar que aunque el cliente percibe como buena la calidad del producto, se presentan defectos en ellos principalmente en costuras sueltas, guantes rasgados, costuras que tallan, refuerzos mal cosidos, se debe identificar en qué partes del proceso se dan estos errores para evitar su futura ocurrencia.
- Se recomienda a la compañía fortalecer el servicio post-venta, iniciando con el seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto, indicándole al cliente cuando se empieza a fabricar el producto, en qué estado de elaboración se encuentra el pedido, si van a ocurrir retrasos por cualquier razón, fecha de despacho, momento en que recibirá el producto y si el pedido es enviado fuera del territorio departamental, informar percances que se presenten en el camino.
- De igual manera el servicio post-venta se puede mejorar preguntándole al cliente si le llega el pedido en las cantidades y referencias solicitadas, cerciorarse que el producto se ajustó a las necesidades y expectativas. Estas actitudes a su vez generan impacto en la capacidad de respuesta ante urgencias, porque da lugar a identificar cada cuánto el cliente solicita los productos, en qué cantidad los está solicitando, qué cantidad el cliente tiene en stock y si es necesario levantar el próximo pedido.

12 BIBLIOGRAFÍA

ABDULLAH, Fawaz. *Lean Manufacturing. Tools and Techniques in the Process Industry with a Focus on Steel. Pittsburg.*: 2003, 245 p. Tesis. PhD. Universidad de Pittsburg. Escuela de Ingeniería. p 152.

ABDULMALEK, Fawaz A. y RAJGOPAL, Jayant. *Analyzing the benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via simulation: A process sector case study.* En: *Int. J. Production Economics*. 2007. p. 223-236.

AL-AOMAR, Raid. *Handling multi-Lean measures with simulation and simulated annealing, Journal of the Franklin Institute.* 2010.

ALARCON, María Angélica. Desarrollo Teórico de la Flexibilidad en Manufactura, la Manufactura *Lean* y la Manufactura Ágil. Ingeniero Industrial. Cali, Valle Del Cauca. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial y Estadística 2008.

ARRIETA POSADA, Juan Gregorio, BOTERO HERRERA, Victoria Eugenia y ROMANO MARTINEZ, María Jimena. Benchmarking sobre la Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*) en el sector de confección de la ciudad de Medellín, Colombia. En: *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*. Junio, 2010. Vol. 15, no 28, p. 141-172.

BALLARD, Glenn; HARPER, Nigel y ZABELLE Todd. *An application of Lean concepts and techniques to precast concrete fabrication.* Agosto, 2002. p. 1-12.

BARCIA, K. y DE LOOR, C. "Metodología para Mejorar un Proceso de Ensamble Aplicando el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)". En: *Revista Tecnológica ESPOL*. Octubre, 2007. Vol. 20, no. 1, p. 31-38.

BLANCO. R. Luis E. y FAJARDO. P, Iván D. Simulación con Promodel. Casos de producción y Logística. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2da ed. Colombia. 2003. 255 p.

BONNÍN, Miguel A. y VAZQUEZ, Álvaro R.: *Sistemas Integrados de Fabricación. Tecnología de grupos.* 2007-2008. 11 p.

CHASE, Richard B., JACOBS, F. Robert y AQUILANO, Nicholas J. *Administración de operaciones, Producción y cadena de suministros.* 12 ed. México D.F.: Mc Graw Hill, 2009. 776 p.

COSS BU Raúl. *Simulación: Un enfoque práctico.* México D.F; Limusa, S.A. 2003. 156 p.

COSTELLO, Anna Bland y OSBORNE, Jason W. Exploring best practices in Factor Analysis: Four mistakes applied researchers make. Ponencia presentada en la reunión anual de la asociación americana de investigación educativa, abril 21 de 2003, Chicago, IL.

DEVORE, Jay L. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. 6ª ed. International. Thomson Editores. México. D.F: 2005. 794 p.

FLORES, Benito y WHYBARK, Clay. *Multiple Criteria ABC Analysis. International Journal of Operation & Production Management*. [En línea], 1985, 38-46 p. Disponible en < <http://www.sciencedirect.com>>.

GARCIA D, Eduardo; GARCIA R, Heriberto y CARDENA B, Leopoldo E. Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel. Primera edición. Mexico: Pearson Educación. 2006. 280 p.

GONZALEZ HOYOS, Bernardo y MONCADA PERLAZA, Julián Andrés. Propuesta Metodológica para el Desarrollo del Pensamiento *Lean Service* en un Laboratorio Clínico. Ingeniero Industrial. Cali, Valle Del Cauca. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial y Estadística 2008.

GHOSH, Harrell y BOWDEN. *Simulation Using ProModel Second Edition*. New York, NY: McGraw-Hill Companies, Inc, 1-680. 2004

GREWAL, C. *An initiative to implement Lean manufacturing using value stream mapping in a small company. Int. J. Manufacturing Technology and Management*. 2008, Vol. 15, no. 3/4, p. 404-417. HADI-VENCHEH, A. *An improvement to multiple criteria ABC inventory classification. European Journal Of Operational Research*. [En línea], 2010, p 962-965. Disponible en < <http://www.sciencedirect.com>>.

HADI-VENCHEH, A. *An improvement to multiple criteria ABC inventory classification. European Journal of Operational Research*. [En línea], 2010. p 962-965. Disponible en <<http://www.sciencedirect.com>>.

HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Principios de administración de operaciones. 7 ed. México D.F.: Pearson Educación, 2009. 752 p.

HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 4 ed. México: Mc Graw Hill: 2006. 850 p.

HINES, Peter y RICH, Nick. *The Seven Value Stream Mapping Tools. International Journal of Operations & Management*. Vol. 17, no. 1, 1997. p. 16-64.

HOGAN, Thomas P. Pruebas psicológicas, una introducción práctica. México: Manual Moderno, 2004. 545 p. ISBN 978970290877.

HONMO, Satoru y GOTO, Hiroyuki. *An Optimized Design Method for Product Families Taking Into Account Their Modularity*. Proceedings of the 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference. 17-20 December 2006, Bangkok, Thailand.

INSTITUTO COLOMBIANO DE CERTIFICACION Y NORMALIZACION. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC-ISO 1486. Bogotá D.C. 2008. 41 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE CERTIFICACION Y NORMALIZACION. Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo. NTC 2190. Bogotá D.C. 2008. 27 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE CERTIFICACION Y NORMALIZACION. Guantes de protección contra riesgos mecánicos. NTC 5684. Bogotá D.C. 2009. 19 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE CERTIFICACION Y NORMALIZACION. Referencias Bibliográficas. Contenido, Forma y Estructura. NTC-ISO 5613. Bogotá D.C. 2008. 38 p.

ITAMI, Robert M. et al., "Generating Confidence Intervals for Spatial Simulations – Determining the Number of Replications for Spatial Terminating Simulations". [En línea], p. 142. [Consultado 15 Diciembre. 2011]. Disponible en <<http://www.mssanz.org.au/modsim05/papers/itami.pdf>>

KALSAAS, Bo Terje, *Value Stream Mapping. An adequate method for going Lean?*. En: NOFOMA (14: 13-14 Junio. Trondheim). 2002. 20 p.

LANDEROS HERNÁNDEZ, René. Estadística con SPSS y metodología de la investigación. México, Trillas, 2006. 536 p. ISBN 970-637-108-7.

LAW, Averill y KELTON, W. David. Simulation modeling and analysis. Estados Unidos.:Mc Graw-Hill, 1982.

LIAN, Yang-Hua y LANDEGHEM, Hendrik Van. An application of simulation and *Value Stream Mapping in Lean Manufacturing*. En: *European Simulation Symposium*. (14). A. Verbraeck, W. Krugs, eds. SCS Europe BVBA, 2002.

LÓPEZ CARRIZOSA, Francisco José. ISO 9000 y la Planificación de la Calidad: Guía para la planificación de la calidad con orientación en la gestión de los procesos. Bogotá; ICONTEC, 2008. 126 p.

LÓPEZ, Eduardo Olivia. Sistemas Celulares de Producción. Instituto Politecnico Nacional. México. 107 p.

LUNG NG, Wan. *A simpler classifier for multicriteria ABC analysis*. *European Journal of Operational Research*. [En línea], 2007, p 344-353. Disponible en < <http://www.sciencedirect.com>>.

MANOTAS DUQUE, Diego Fernando y RIVERA CADAVID, Leonardo. *Lean Manufacturing Measurement: The Relationships Between Lean Activities And Lean Metrics*. *Estudios Gerenciales*, Octubre-Diciembre, 2007. Vol. 23, no. 105, p. 69-83.

MELTON, T. *The Benefits Of Lean Manufacturing. What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. *Chemical Engineering Research and Design*. Junio, 2005. p. 662-673.

NIEBEL, Benjamin W y FREIVALDS, Andris. *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares, y diseño de trabajo*. México, Abril 2004. 11ª ed. 745 p

PANIZZOLO, R. *Applying the Lessons Learned from 27 Lean Manufacturers. The Relevance of Relationships Management*. *Int. J. Production Economics*. 1998. Vol. 55, p. 223-240.

PARTOVI, Fariborz y ANANDARAJAN, Murugan. *Classifying Inventory using an artificial Neural Network* *Computers & Industrial Engineering*. [En línea], 2002, 389-404 p. Disponible en < <http://www.sciencedirect.com>>.

PEDROZA, María Antonia y Claudia Lorena. *Implementación de los Pilares 1 y 2 en su Fase Preparatoria del Modelo de Gestión Integral Basado en la Técnica TPM en una Planta Papelera*. *Ingeniero Industrial*. Cali, Valle Del Cauca. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial y Estadística. 2004.

RAMANATHAN, Ramakrishnan. *ABC Inventory Classification With Multiple-Criteria Using Weighted Linear Optimization*. *Computers & Operation Research*. [En línea], 2006. 695-700 p. Disponible en < <http://www.sciencedirect.com>>.

RAMESH, V., SREENIVASA PRASAD, K.V. y SRINIVAS, T.R. *Implementation of a Lean Model for Carrying out Value Stream Mapping in a Manufacturing Industry*, En: *Journal of Industrial and System Engineering*. Otoño, 2008. Vol. 2, no. 3, p. 180-196.

RAMÍREZ GONZÁLES, Alberto. *Metodología de la investigación científica*. Pontificia Universidad Javeriana: Facultad de estudios ambientales y rurales. 111 p.

REALPE, Oscar y CASTILLO, Jorge. *Modelo Para El Dimensionamiento De Un Mesa De Ayuda Basado En Simulación Para Una Empresa Prestadora De Servicio*

De Soporte Técnico En Infraestructura De Tecnologías De Información. Pregrado. Colombia. Universidad del Valle. 2010. 134 p.

ROSENTRATER, K. A. y BALAMURALIKRISHNA, R. *Value Stream Mapping – A Tool for Engineering and Technology Education and Practice*. 2005.

ROTHER, Mike y SHOOK, John .*Learning to See, value stream mapping to create value and eliminated muda*, Version 1.2. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute. 1999. 122 p.

SANDOVAL MONTES, Gerardo, y VIDAL PORTILLA, Luis Ricardo. “Implantación del Método *Kanban* en una Industria Textil”. Diciembre, 2006. Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez. 24 p.

SCULLIN, M. E. *Integrating Value Stream Mapping and Simulation*. Magister en Ciencias. Brigham. Brigham Young University. School of Technology. 2005. 108 p.

SHANNON, Robert E. La Simulación de los Sistemas: El Arte y Ciencia, los Precipicios de Englewood. N.J.: PRENTICE-HALL, 1975.

SULE, Dileep R., Instalaciones de manufactura: ubicación, planeación y diseño. Ed. 2. México: Thomson, 2001. 726 p.

SULLIVAN, W. G.; MCDONALD, T. N.; VAN AKEN, E. M. *Equipment Replacement Decisions and Lean Manufacturing*. En: *Robotics and Computer Integrated manufacturing*. 2002. Vol. 18, p. 255-265.

VALLEJO, Morales Pedro. El análisis factorial en la construcción e interpretación de test, escalas y cuestionarios. Última revisión, 8 de Enero de 2011. [En línea]. 45 p. [Consultado el 23 febrero 2011]. Disponible en <http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/AnalisisFactorial.pdf>

VALLEJO ROJAS, Oscar Alejandro. Elaboración de un Modelo de Evaluación Económica de la técnica 5's en las PYME de la ciudad de Cali. Ingeniero Industrial. Cali, Valle Del Cauca. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial y Estadística. 2005.

WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H. y MYERS, Sharon L. Probabilidad y Estadística para Ingenieros, 6ª. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México: 1999. 739 p.

WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. *Lean Thinking, Banish waste and create wealth in your corporation*. 1 ed. New York: Simon & Schuster, 1996. 350 p.

WOMACK, James P. y JONES, Daniel T. *Lean Thinking*, Como utilizar el pensamiento *Lean* para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa.

Traducido por Emili Atmetlla Revisado y Adaptado por Lluís Cuatrecasas. 2 ed. España: Ediciones Gestión 2000, 2005. 476 p.

ZHOU, Peng y FAN, Liwei. *A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization*. *European Journal of Operational Research*. [En línea], 2007. p 1488-1491. Disponible en <<http://www.sciencedirect.com>>.

**ANÁLISIS DEL FLUJO DE VALOR DE UNA FAMILIA DE PRODUCTOS POR
MEDIO DE *VALUE STREAM MAPPING* Y PROPUESTA DE MEJORA
MEDIANTE SIMULACIÓN.**

**JUAN DAVID LAVERDE GARCÉS
CRISTHIAN DAVID HERNÁNDEZ MANZANO**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE – SEDE PALMIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA
PALMIRA
2012**

**ANÁLISIS DEL FLUJO DE VALOR DE UNA FAMILIA DE PRODUCTOS POR
MEDIO DE *VALUE STREAM MAPPING* Y PROPUESTA DE MEJORA
MEDIANTE SIMULACIÓN.**

JUAN DAVID LAVERDE GARCÉS

CÓDIGO: 200557089

CRISTHIAN DAVID HERNÁNDEZ MANZANO

CÓDIGO: 200557154

Trabajo de Grado

Director

Ing. Raúl Antonio Díaz Pacheco

Magister en Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD DEL VALLE – SEDE PALMIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA

PALMIRA

2012

INTRODUCCION

El presente documento recopila la información utilizada como apoyo en el trabajo de grado “Análisis del flujo de valor de una familia de productos por medio de *Value Stream Mapping* y propuesta de mejora mediante simulación”.

Se realiza con el fin de apoyar al lector del trabajo de grado en su entendimiento para una mejor aplicación de los conocimientos adquiridos.

TABLA DE ANEXOS.

Pág.

ANEXO A. MATRIZ INICIAL RELACIÓN PRODUCTO/PROCESO....	10
ANEXO B. CUADRO DE ITERACIONES RESUMEN	12
ANEXO C. AGRUPACION DE FAMILIAS – METODO TABULAR.....	16
ANEXO D. CRITERIOS PARA ANÁLISIS ABC	18
ANEXO E. CLASIFICACIÓN ABC	20
ANEXO F. COMPROMISOS CON EL CLIENTE POR PARTE DE LA EMPRESA CASO ESTUDIO	31
ANEXO G. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN EMPRESA CASO ESTUDIO – LÍNEA DE PRODUCTOS DE GUANTES.....	32
ANEXO H. PRUEBA PILOTO.....	36
ANEXO I. ANÁLISIS ESTUDIO DESCRIPTIVO FAMILIA DE GUANTES Y EMPRESA GUANTES OCCIDENTAL S.A.S.	41
ANEXO J. FORMULAS UTILIZADAS EN PROMODEL.....	88
ANEXO K. FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	90

TABLA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes.	41
Tabla 2. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por correo electrónico.	42
Tabla 3. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por medio de visita comercial.	43
Tabla 4. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por vía telefónica.	43
Tabla 5. Distribución de clientes sobre la necesidad de recibir asesoría en el lugar de uso de los guantes.	45
Tabla 6 Distribución de los datos ¿En los pedidos se han presentado guantes defectuosos?.....	62
Tabla 7. Distribución de los datos sobre la cantidad de pedidos en que se han presentado productos defectuosos	62
Tabla 8. Defectos que se han encontrado en los guantes.	63
Tabla 9 ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes? .	86

TABLA DE GRAFICOS

Pág.

Gráfico 1. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes.	41
Gráfico 2. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por correo electrónico.....	42
Gráfico 3. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por medio de visita comercial	43
Gráfico 4. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por vía telefónica.	44
Gráfico 5. Distribución de clientes sobre la necesidad de recibir asesoría en el lugar de uso de los guantes.....	45
Gráfico 6. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 5.....	46
Gráfico 7. Satisfacción del cliente con la atención prestada por el personal cuando se solicitan los productos.....	46
Gráfico 8. Distribución de las respuestas con la atención prestada por el personal cuando se solicitan los productos.	47
Gráfico 9. Satisfacción del cliente con la claridad de la información que se le suministra.....	48
Gráfico 10 . Distribución de las respuestas sobre la claridad de la información suministrada.....	48
Gráfico 11. Satisfacción del cliente con la orientación para realizar la selección de su producto.	49
Gráfico 12. Distribución de las respuestas sobre la orientación para realizar la selección de su producto.	49
Gráfico 13. Satisfacción del cliente con el conocimiento de los asesores sobre el producto.....	50
Gráfico 14. Distribución de las respuestas sobre el conocimiento de los asesores sobre el producto.	50
Gráfico 15. Satisfacción del cliente con la comprensión de sus necesidades por parte del asesor.	51

Gráfico 16. Distribución de las respuestas sobre la comprensión de sus necesidades por parte del asesor	51
Gráfico 17.Satisfacción del cliente con la Presentación personal de los asesores.	52
Gráfico 18. Distribución de las respuestas sobre la Presentación personal de los asesores.	52
Gráfico 19.Satisfacción del cliente con la Información oportuna.....	53
Gráfico 20. Distribución de las respuestas sobre la Información oportuna.	53
Gráfico 21. Satisfacción del cliente con Las cotizaciones son claras.....	54
Gráfico 22. Distribución de las respuestas sobre Las cotizaciones son claras.	54
Gráfico 23. Satisfacción del cliente con las cotizaciones son oportunas.	55
Gráfico 24. Distribución de las respuestas sobre las cotizaciones son oportunas.	55
Gráfico 25. Satisfacción del cliente con las la facilidad para solicitar un pedido.	56
Gráfico 26. Distribución de las respuestas sobre la facilidad para solicitar un pedido.	56
Gráfico 27 Nivel de satisfacción del cliente con la rapidez para solicitar un pedido.	57
Gráfico 28. Distribución de las respuestas sobre la rapidez para solicitar un pedido.	57
Gráfico 29. Satisfacción del cliente con la respuesta a peticiones, quejas y reclamos.	58
Gráfico 30. Distribución de las respuestas sobre la respuesta a peticiones, quejas y reclamos.....	59
Gráfico 31. Satisfacción del cliente con la información de los productos en la página web.....	59
Gráfico 32 Distribución de las respuestas sobre la información de los productos en la página web.....	60
Gráfico 33. Satisfacción del cliente con el acceso a la información en la página web.	60
Gráfico 34. Distribución de las respuestas sobre el acceso a la información en la página web.....	61
Gráfico 35. Satisfacción del cliente sobre si en los pedidos se han presentado guantes defectuosos.....	61
Gráfico 36. Distribución de los datos sobre la cantidad de pedidos en que se han presentado productos defectuosos	62

Gráfico 37 Participación de los defectos que se encuentran con frecuencia en los guantes.	63
Gráfico 38. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 9.....	64
Gráfico 39. Satisfacción del cliente con la resistencia de los hilos.....	64
Gráfico 40 Distribución de las respuestas sobre la resistencia de los hilos.	65
Gráfico 41 Satisfacción del cliente con la flexión del guante.	65
Gráfico 42. Distribución de las respuestas sobre la flexión del guante.	66
Gráfico 43. Satisfacción del cliente con la protección de las manos.....	66
Gráfico 44 Distribución de las respuestas sobre la protección de las manos.	67
Gráfico 45 Nivel de satisfacción del cliente con la comodidad en las costuras.....	67
Gráfico 46 Distribución de las respuestas sobre la comodidad en las costuras. ...	68
Gráfico 47 Nivel de satisfacción del cliente con el ajuste del guante a la mano. ...	68
Gráfico 48. Distribución de las respuestas sobre el ajuste del guante a la mano. .	69
Gráfico 49. Satisfacción del cliente con la resistencia al corte.....	69
Gráfico 50 Distribución de las respuestas sobre la resistencia al corte.	70
Gráfico 51. Satisfacción del cliente con resistencia a la perforación.....	70
Gráfico 52. Distribución de las respuestas sobre la resistencia a la perforación. ..	71
Gráfico 53 Nivel de satisfacción del cliente con resistencia a la perforación.	71
Gráfico 54 Distribución de las respuestas sobre la resistencia a la perforación. ...	72
Gráfico 55. Satisfacción del cliente con la percepción del precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia.	73
Gráfico 56. Distribución de las respuestas sobre la percepción el precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia.....	73
Gráfico 57. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 11.....	74
Gráfico 58 .Satisfacción con la presentación de los guantes.	74
Gráfico 59. Distribución de las respuestas sobre la satisfacción de la presentación de los guantes.....	75
Gráfico 60. Satisfacción con el empaque de los guantes.	75
Gráfico 61 Distribución de las respuestas sobre el empaque de los guantes.....	76
Gráfico 62. Satisfacción con la facilidad de manejo de los guantes embalados	76

Gráfico 63. Distribución de las respuestas sobre la facilidad de manejo de los guantes embalados.....	77
Gráfico 64. Satisfacción con los tiempos de entrega establecidos.	77
Gráfico 65. Distribucion de las respuestas sobre los tiempos de entrega establecidos.....	78

ANEXO A. MATRIZ INICIAL RELACIÓN PRODUCTO/PROCESO

[illegible]

ANEXO B. CUADRO DE ITERACIONES RESUMEN

METODO TABULAR

No	RC	Procesos en consideración	Grupo asignado	Procesos que componen el grupo.
1	237	Cerrado, Troquelado	G1	Cerrado, Troquelado
2	223	Volteado	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado
3	212	Separado y encarrado	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado, Separado y encarrado
4	212	Armado	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado, Separado y encarrado, Armado
5	212	Armado, Separado y encarrado	Mismo grupo G1	
6	212	Cerrado, Separado y encarrado	Mismo grupo G1	
7	212	Cerrado, Armado	Mismo grupo G1	
8	212	Volteado, Troquelado	Mismo grupo G1	
9	210	Volteado, Separado y encarrado	Mismo grupo G1	
10	210	Volteado, Armado	Mismo grupo G1	
11	127	Ribete	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado, Separado y encarrado, Armado, Ribete
12	127	Ribete. Cerrado	Mismo Grupo G1	
13	126	Ribete, Separado y encarrado	Mismo grupo G1	
14	126	Ribete, Armado	Mismo grupo G1	
15	125	Volteado, Ribete	Mismo grupo G1	
16	81	Corte varios	G2	Corte varios. Cerrado
17	80	Corte manual	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual
18	49	Corte varios, Corte manual	Mismo Grupo G2	
19	35	Fileteado	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado, Separado y encarrado, Armado, Ribete, Fileteado
20	35	Fileteado, Volteado	Mismo Grupo G1	
21	34	Fileteado, Troquelado	Mismo Grupo G1	
22	34	Fileteado, Separado y encarrado	Mismo Grupo G1	
23	34	Fileteado, Armado	Mismo Grupo G1	
24	32	Troquelado	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado

No	RC	Procesos en consideración	Grupo asignado	Procesos que componen el grupo.
25	29	Remachado	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado, Remachado
26	29	Impermeabilizar	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado, Separado y encarrado, Armado, Ribete, Fileteado, Impermeabilizar
27	29	impermeabilizar, Cerrado	Mismo Grupo G1	
28	27	Impermeabilizar, Volteado	Mismo Grupo G1	
29	26	Punteado	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado, Separado y encarrado, Armado, Ribete, Fileteado, Impermeabilizar, Punteado
30	26	Punteado, Separado y encarrado	Mismo Grupo G1	
31	26	Punteado, Armado	Mismo Grupo G1	
32	26	Punteado, Cerrado	Mismo Grupo G1	
33	26	Punteado, Volteado	Mismo Grupo G1	
34	26	Fijado	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado, Separado y encarrado, Armado, Ribete, Fileteado, Impermeabilizar, Punteado, Fijado
35	26	Fijado, Separado y encarrado	Mismo Grupo G1	
36	26	Fijado, Armado	Mismo Grupo G1	
37	26	Fijado, Cerrado	Mismo Grupo G1	
38	26	Fijado, Volteado	Mismo Grupo G1	
39	26	Fijado, Punteado	Mismo Grupo G1	
40	26	Impermeabilizar, Separado y encarrado	Mismo Grupo G1	
41	26	Impermeabilizar, Armado	Mismo Grupo G1	
42	24	Volteado	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado, Remachado, Volteado
43	22	Remachado, Corte varios	Mismo grupo G2	
44	20	Punteado, Ribete	Mismo Grupo G1	
45	20	Fijado, Ribete	Mismo Grupo G1	
46	17	Ojaletes	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado, Remachado, Volteado, Ojaletes
47	17	Impermeabilizar, Ribete	Mismo Grupo G1	
48	15	Separado y encarrado	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado, Remachado, Volteado, Ojaletes, Separado y encarrado

No	RC	Procesos en consideración	Grupo asignado	Procesos que componen el grupo.
49	15	Armado	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado, Remachado, Volteado, Ojaletes, Separado y encarrado, Cerrado
50	14	Fileteado	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado, Remachado, Volteado, Ojaletes, Separado y encarrado, Cerrado, Fileteado
51	14	Remachado, Troquelado	Mismo Grupo G2	
52	13	Corte manual, Volteado	Mismo Grupo G2	
53	13	Corte manual, Remachado	Mismo Grupo G2	
54	11	Ojaletes, Corte varios	Mismo Grupo G2	
55	10	Ojaletes, Corte manual	Mismo Grupo G2	
56	8	Ojaletes, Remachado	Mismo Grupo G2	
57	8	Pegado, Cerrado	G3	Pegado, Cerrado
58	7	Ojaletes, Troquelado	Mismo Grupo G2	
59	7	Corte manual	G3	Pegado, Cerrado, Corte manual
60	6	Corte manual, Troquelado	Mismo Grupo G2	
61	5	Remachado, Separado y encarrado	Mismo Grupo G2	
62	5	Remachado, Armado	Mismo Grupo G2	
63	5	Remachado, Volteado	Mismo Grupo G2	
64	5	Remachado, Fileteado	Mismo Grupo G2	
65	5	Impermeabilizar, Punteado	Mismo Grupo G1	
66	5	Impermeabilizar, Fijado	Mismo Grupo G1	
67	4	Corte varios	G3	Pegado, Cerrado, Corte manual, Corte varios
68	3	Corte varios	G1	Cerrado, Troquelado, Volteado, Separado y encarrado, Armado, Ribete, Fileteado, Impermeabilizar, Punteado, Fijado. Corte varios
69	3	Remachado	G3	Pegado, Cerrado, Corte manual, Corte varios, Remachado
70	2	Fileteado, Ribete	Mismo grupo G1	
71	2	Punteado, Fileteado	Mismo grupo G1	
72	2	Fijado, Fileteado	Mismo grupo G1	
73	2	Ribete	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado, Remachado, Volteado,

No	RC	Procesos en consideración	Grupo asignado	Procesos que componen el grupo.
				Ojaletes, Separado y encarrado, Cerrado, Fileteado, Ribete
74	1	Corte manual, Fileteado	Mismo Grupo G2	
75	1	Impermeabilizar	G2	Corte varios. Cerrado, Corte manual, Troquelado, Remachado, Volteado, Ojaletes, Separado y encarrado, Cerrado, Fileteado, Ribete, Impermeabilizar
76	1	Impermeabilizar, Remachado	Mismo Grupo G2	
77	1	Troquelado	G3	Pegado, Cerrado, Corte manual, Corte varios, Remachado, Troquelado

ANEXO C. AGRUPACION DE FAMILIAS – METODO TABULAR

[illegible]

ANEXO D. CRITERIOS PARA ANÁLISIS ABC

Criticidad: Es la priorización o jerarquización de los productos desde el punto de vista de calidad, del costo de producción, de medio ambiente y distribución de la demanda.

Costo de mantener inventarios: capital utilizado, almacenamiento, depreciación, seguros, impuestos, obsolescencia y costos de faltante.

Costo por unidad: Cuanto le cuesta a la compañía la producción de un lote de productos. (Unidad, docenas, etc.).

Durabilidad: Probabilidad de que un equipo, máquina o material tenga una vida útil relativamente larga continua, sin necesidad de un grado excesivo de mantenimiento.

Escasez: Situación siempre presente en todos los mercados donde hay menos bienes que la demanda de ellos, o sólo muy poco dinero está a disposición de sus potenciales compradores.

Lead time: Número de minutos, horas o días que se debe permitir para la realización de una operación o proceso, o de un transcurso de una acción deseada sea llevada a cabo. En este caso sería el tiempo que transcurre desde que se pide un producto hasta que se entrega al cliente (podríamos hablar del tiempo de procesamiento como un criterio) o desde que se pide un insumo hasta que llega la empresa.

Margen de contribución:

Número de veces que el producto ha sido facturado el en año: es la cantidad de veces que cada producto ha sido solicitado y sido vendidos por la empresa.

Obsolescencia: Significativa disminución de la competitividad, utilidad, o el valor de un artículo o la propiedad. Obsolescencia se produce por lo general debido a la disponibilidad de alternativas que funcionan mejor, más económico, cambios en las preferencias del usuario, los requisitos o estilos. Obsolescencia es un factor importante en el riesgo operativo, y pueden requerir cancelar el valor del elemento obsoleto frente a los ingresos para cumplir con el principio de contabilidad de inventario que muestra a un menor costo o valor de mercado.

Precio:Cuál es el valor monetario por el cual la empresa vende un lote de productos (unidad, docenas, etc.).

Reparabilidad: Capacidad de que un equipo, máquina, sistema o producto que se haya dañado o haya fallado se restaure a su estado de funcionamiento aceptable en un plazo determinado (el tiempo de reparación).

Similaridad: Grado de similitud entre maquinas o sistemas que permite la intercambiabilidad de piezas y componentes, y donde los empleados entrenados pueden operar entre áreas sin formación especializada. (Se comporta igual para los componentes de los productos o los procesos por los que pasan).

Sustituibilidad: habilidad de dos o más bienes de ser sustituidos por otro.

Tamaño de pedido: Diferentes cantidades de pedidos que exigen los proveedores.

Uso anual del dinero: Es la multiplicación del costo promedio anual del producto por el total de unidades del producto vendidas en el año.

$$\text{Uso Anual del Dinero} = \text{Costo unitario producto} \times \text{Demanda anual producto}$$

Valor anual del dinero: Es la multiplicación del precio promedio anual del producto por el total de unidades del producto vendidas en el año.

$$\text{Valor Anual del Dinero} = \text{Precio unitario producto} \times \text{Demanda anual producto}$$

ANEXO E. CLASIFICACIÓN ABC

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
1	GUANTE EN VAQUETA TIPO INGENIERO	PT3103-013	A	A	A
2	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/C T/C FORRADO EN DRILL BLANCO	PT3103-227	A	A	A
3	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X90	PT3589-023	A	A	A
4	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/C TIPO INGENIERO SENCILLO 4 DEDOS SIN R-1	PT3103-215	A	A	A
5	GUANTE EN VAQUETA M/C R-5 TIPO INGENIERO	PT3103-019	A	A	A
6	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/20 T/C FORRADO EN DRILL BLANCO	PT3103-226	A	A	A
7	GUANTE EN CARNAZA M/C SENCILLO T.A	PT3101-057	A	A	A
8	MANGAS EN CARNAZA	PT3590-001	A	A	A
9	GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5 C-TULA R-1 CARNAZA T/CARTUCHO	PT3101-114	A	A	A
10	POLAINAS EN CARNAZA	PT3592-001	A	A	A
11	GUANTE EN JEAN M/15 R-5 EN CUERINA T/ENTERIZO C/ADH	PT3310-034	A	A	A
12	GUANTE EN TRICOT M/15 PUÑO EN JEAN CON MANOPLA EN CAUCHO C/OO T/ENTERIZO C/ADH	PT3313-017	A	A	A
13	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X110	PT3589-010	A	A	A
14	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 T/CARTUCHO	PT3101-151	A	A	A
15	GUANTE EN CARNAZA M/20 SENCILLO T.A	PT3101-137	A	A	A
16	GUANTE EN VAQUETA M/10 R-5I EN CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3103-082	A	A	A
17	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 T/CARTUCHO C/IMP EN COSTURA	PT3101-153	A	A	B
18	GUANTE EN VAQUETA M/C TIPO INGENIERO R-3 EXT. EN CARNAZA	PT3103-184	A	A	A
19	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	PT3101-019	A	A	A
20	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-1 ENTERIZO FORRO EN VICUÑA	PT3101-147	A	A	A
21	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T/CARTUCHO	PT3101-003	A	B	A
22	GUANTE EN TRICOT M/15 PUÑO EN JEAN T/Z C/OJ UÑAS VQTA. MPLA C/ADH-R	PT3313-044	A	A	A
23	GUANTE EN CARNAZA DORSO Y PUÑO EN JEAN M/15 R-5I CARNAZA T.B	PT3101-126	A	A	A
24	GUANTE EN JEAN M/15 R-5 ext. CZA T/Z C/ADH -RIATA 1 PULG. GRUESA	PT3310-025	A	A	A
25	GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	PT3101-103	A	A	A
26	CANILLERA TRES FRANJAS EN CHALET Y PLANTIFLEX RODILLERA EN HULE REF ZUNCHO	PT3481-036	A	A	A
27	GUANTE EN LONA TIPO INGENIERO	PT3311-010	A	A	B
28	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 T/CARTUCHO S/C	PT3101-239	A	A	A
29	GUANTE EN VAQUETA M/C R-5E CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3103-022	A	B	B
30	GUANTE EN VAQUETA M/15 DORSO Y PUÑO EN CARNAZA SENCILLO T/ENTERIZO SIN R-1	PT3103-061	A	A	A

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
31	DELANTAL EN VAQUETA DE 60X90	PT3589-051	A	B	A
32	DELANTAL EN HULE PARASOL AMARILO DE 70X125	PT3589-076	B	B	B
33	GUANTE EN VAQUETA R-1-E EN VAQUETA TIPO INGENIERO	PT3103-015	B	A	A
34	GUANTE EN JEAN M/20 R-5 EN CARNAZA T/CARTUCHO COD. 03160	PT3310-040	B	B	B
35	GUANTE EN VAQUETA M/20 DORSO, PUÑO Y R-5 EN CARNAZA T/CARTUCHO C/IMP COST	PT3103-101	B	B	B
36	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T.A	PT3101-005	B	B	B
37	GUANTE EN CARNAZA M/10 SENCILLO T/CARTUCHO C/IMP PYC	PT3101-064	B	B	A
38	GUANTE EN TRICOT M/15 PUÑO EN JEAN CON MANOPLA EN CAUCHO T/ZO C/ADH	PT3313-001	B	B	C
39	GUANTE EN ASBESTO M/20 R-5 EN ASBESTO T/CARTUCHO C/LATEX EN COST	PT3307-009	B	B	A
40	GUANTE EN CARNAZA M/15 SENCILLO T.A	PT3101-074	B	B	B
41	POLAINAS EN CARNAZA C/ADH	PT3592-002	B	B	B
42	CANILLERA EN RIATA C/ PLATINA CORR. Y ROD. C/ OJ Y ZUNCHO EN CRUZ INTER, MET.	PT3481-003	B	A	A
43	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	PT3101-169	B	C	B
44	GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5I T/CARTUCHO	PT3101-086	B	B	B
45	CANILLERA EN RIATA C/RADIO REMACH. C/ROD EN OJAL. Y HEBILLA COBRIZ.	PT3481-021	B	B	A
46	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 CARNAZA Y R-3 EN VAQUETA T/CARTUCHO	PT3101-016	B	B	A
47	GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5i R-1e T/CARTUCHO C/IMP EN P Y C	PT3101-141	B	B	B
48	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-5I EN CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3103-083	B	B	C
49	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5I EN CARNAZA R-3 EN VAQUETA T/CARTUCHO	PT3101-166	B	B	A
50	GUANTE EN VAQUETA M/10 R-5 EXTERNO EN VAQUETA TIPO INGENIERO	PT3103-079	B	B	A
51	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X100	PT3589-008	B	B	A
52	GUANTE EN CARNAZA M/56 SENCILLO T.A	PT3101-214	B	B	A
53	GUANTE EN VAQUETA M/15 TIPO INGENIERO	PT3103-077	B	B	B
54	GUANTE EN TRICOT M/15 DORSO Y PUÑO EN JEAN R-5 EN C/CHO T/C SIN REMACHAR C/ADH	PT3313-014	B	B	C
55	GUANTE EN VAQUETA M/10 TIPO INGENIERO	PT3103-073	B	B	A
56	GUANTE EN JEAN M/C R-5 EN CARNAZA EXTERNO T/CARTUCHO	PT3310-004	B	B	B
57	GUANTE EN CARNAZA M/15 SENCILLO T.B	PT3101-077	B	B	B
58	GUANTE EN TRICOT M/15 PÑO EN JEAN R-5 ext. CAUCHO T/C C/OJ UÑAS VQTA C/ADH-R	PT3313-043	B	B	A
59	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-5 EXTERNO TIPO INGENIERO	PT3103-080	B	B	A
60	GUANTE EN TRICOT M/10 DORSO Y PUÑO EN CZA R-5 ext. CZA T/CARTUCHO	PT3313-003	B	B	A

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
61	GUANTE EN CARNAZA M/20 SENCILLO T.A FORRO EN VICUÑA	PT3101-138	B	B	B
62	GUANTE EN VAQUETA M/10 DORSO Y PUÑO EN CARNAZA R-5 EXTERNO TIPO INGENIERO	PT3103-085	B	B	A
63	GUANTE EN CARNAZA M/C DORSO C-TULA PUÑO CZA R-5 C-TULA T/C IMP. PYC	PT3101-297	B	B	A
64	GUANTE EN CARNAZA S/C NEGRA M/20 R-5 int. CZA TIPO CARTUCHO	PT3101-149	B	B	B
65	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 R-1 T/CARTUCHO C/IMP PYC	PT3101-161	B	B	C
66	GUANTE EN VAQUETA NEGRA M/C SENCILLO TIPO INGENIERO	PT3103-018	B	A	A
67	GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 EN VAQUETA T/CARTUCHO	PT3101-105	B	B	A
68	GUANTE EN VAQUETA M/C TIPO CICLISTA CON R-1e	PT3103-050	B	B	B
69	GUANTE EN JEAN M/15 R-5 EN CARNAZA T/ENTERIZO C/ADH	PT3310-027	B	B	C
70	GUANTE EN VAQUETA M/C R-5I CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3103-159	B	B	B
71	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 C-TULA R-1 EN CARNAZA T/CARTUCHO	PT3101-177	B	B	C
72	GUANTE EN CARNAZA TIPO INGENIERO CON DORSO EN JEAN	PT3101-039	B	B	B
73	GUANTE EN TRICOT M/10 DORSO Y PUÑO EN CZA R-5 ext. VQTA T/CARTUCHO	PT3313-004	B	B	A
74	GUANTE EN CARNAZA M/20 DORSO C-TULA PUÑO CZA R-5 C-TULA IMP. PYC	PT3101-298	B	B	A
75	GUANTE EN VAQUETA M/20 R-5 T/CARTUCHO	PT3103-096	B	B	B
76	GUANTE EN JEAN M/15 SENCILLO T/CARTUCHO SIN R-1	PT3310-016	B	B	C
77	GUANTE EN VAQUETA M/20 DORSO Y PUÑO EN CARNAZA R-5 EXTERNO VQT TIPO INGENIERO	PT3103-111	B	B	B
78	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/10 CON PUÑO CARNAZA R-1i CARNAZA TIPO A.	PT3103-185	B	B	A
79	GUANTE EN VAQUETA NTRAL M/C DORSO JEAN PUÑO JEAN Y HULE R-1eCn C/UÑAS EN VQTA.	PT3103-134	B	B	A
80	GUANTE EN CARNAZA M/C SENCILLO T.B	PT3101-059	B	B	C
81	GUANTE EN VAQUETA M/10 DORSO VAQUETA PUÑO EN CARNAZA R-1i CZA. T.A	PT3103-066	B	B	A
82	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5CARNAZA Y R-3 EN C-TULA T/CARTUCHO	PT3101-017	B	B	B
83	GUANTE EN VAQUETA M/18 DORSO EN VQTA. PUÑO EN LONA CARPA T/CARTUCHO	PT3103-155	B	B	A
84	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 INTERNO T/CARTUCHO S/C	PT3101-223	B	B	B
85	GUANTE EN ASBESTO M/20 R-5 EN CARNAZA T/ENTERIZO	PT3307-010	B	B	C
86	GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5 T/CARTUCHO	PT3101-080	B	C	C
87	GUANTE EN VAQUETA M/10 DORSO Y PUÑO EN LONA R-1 VAQUETA TIPO INGENIERO	PT3103-091	B	B	A
88	MANGAS EN VAQUETA	PT3590-012	B	B	B
89	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X90 C/ADH	PT3589-024	B	B	B

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
90	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/13 DORSO VQTA NTRAL PUÑO CARNAZA T/C	PT3103-106	B	B	A
91	CHALECO COLOR NARANJA REFLECTIVO	PT3588-002	B	B	A
92	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 int. CZA. T/ENTERIZO FORRADO C/IMPERM. EN COSTURA	PT3101-146	B	C	C
93	GUANTE EN CARNAZA NEGRA M/20 R-5 EN CARNAZA T/C CON IMPERMEABILIZANTE EN COSTURA	PT3101-012	B	C	B
94	GUANTE EN CARNAZA M/27 SENCILLO T.A	PT3101-186	B	C	C
95	CUBIERTA EN CUERINA Y CARNAZA C/TAPA P/MACHETE CATANA REF EN CHALE Y ZUNCHO	PT3483-023	C	B	A
96	GUANTE EN C-TULA M/27 DORSO PUÑO R-5i EN CARNAZA R-1 EN C-TULA T/CARTUCHO	PT3102-012	C	B	B
97	CUBIERTA EN HULE DEMBER Y CARNAZA C/CIERRE P/MACHETE CATANA C/GANCHO	PT3483-015	C	B	A
98	CANILLERA PARA MANEJO DE GUADAÑA EN VAQUETA Y CARNAZA C/IMP	PT3481-001	C	C	B
99	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 EN C-TULA T/CARTUCHO	PT3101-176	C	C	B
100	POLAINA EN CARNAZA LARGA CON ADHESIVO	PT3592-013	C	C	B
101	GUANTE EN CARNAZA M/20 DORSO ENTERIZO R-1 T/ENTERIZO S/C ROJO FORRO VICUÑA C/VE	PT3101-258	C	C	B
102	GUANTE EN VAQUETA M/C DORSO VQTA PUÑA CZA R-5 int. VICUÑA T/Z	PT3103-024	C	B	A
103	GUANTE EN CARNAZA M/10 SENCILLO T.B	PT3101-067	C	C	C
104	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T.B	PT3101-006	C	C	C
105	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X120	PT3589-013	C	C	C
106	GUANTE EN VAQUETA M/20 DORSO Y PUÑO EN CARNAZA SIN R-1 T/CARTUCHO C/IMP COST.	PT3103-099	C	C	B
107	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 ext. EN VQTA. TIPO INGENIERO	PT3101-004	C	C	A
108	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/C SENCILLO TIPO INGENIERO MOLDE 4 DEDOS TALLA S	PT3103-135	C	B	A
109	GUANTE EN CARNAZA M/20 SENCILLO ENTERIZO SOLDADOR	PT3101-140	C	C	C
110	GUANTE EN VAQUETA M/C DORSO VQTA. PUÑO EN CARNAZA CON R-5 INTERNO EN JEAN TA	PT3103-217	C	C	B
111	GUANTE EN CARNAZA M/20 DORSO ENTERIZO R-5 EN VAQUETA T Z FORRADO EN VICUÑA	PT3101-174	C	C	B
112	GUANTE EN CARNAZA DORSO Y PUÑO EN JEAN M/15 R-5 T.A S/AHD	PT3101-130	C	C	C
113	GUANTE EN CARNAZA M/27 R-5 T/CARTUCHO	PT3101-190	C	C	B
114	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-3 EN CARNAZA T/CARTUCHO	PT3101-014	C	C	C
115	CHALECO EN LONA JEAN C/OJ DE ALUMINIO TALLA M	PT3588-008	C	C	C
116	CUBIERTA EN CUERINA Y CARNAZA C/TAPA PARA CATANA	PT3483-022	C	C	C
117	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-5 int. EN CZA TIPO ENTERIZO	PT3103-058	C	C	C
118	GUANTE EN CARNAZA M/56 SENCILLO T/CARTUCHO CON CORREA EN RIATA	PT3101-213	C	C	C

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
119	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN VAQUETA T.A	PT3101-022	C	C	B
120	MANGAS EN CARNAZA EXTRALARGA C/IMPERMEABILIZANTE EN COST	PT3590-004	C	C	C
121	CAPUCHA EN JEAN TIPO MONJE C/ADH	PT3482-009	C	C	C
122	GUANTE EN VAQUETA M/20 R-1 T.A	PT3103-095	C	C	B
123	GUANTE EN C-TULA M/27 DORSO PUÑO R-5i EN CZA R-1 EN C-TULA T/C CON IMP. EN COST.	PT3102-003	C	C	B
124	GUANTE EN VAQUETA M/56 R-1 INTERNO VAQUETA T.A	PT3103-129	C	C	B
125	GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 ext. CAUCHO (NEUMATICO) T/C S/VOLTEAR	PT3101-007	C	C	C
126	GUANTE EN CARNAZA M/27 R-5 VAQUETA FORRADO EN VICUÑA T.A	PT3101-257	C	C	C
127	GUANTE EN VAQUETA M/20 R-5 EXTERNO EN VAQUETA TIPO INGENIERO	PT3103-110	C	C	C
128	POLAINA EN CARNAZA CON ADH Y RIBETEADA HEBILLA COSCOJA Y CORREA EN CARNAZA	PT3592-030	C	C	C
129	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 DORSO ENTERIZO T/CARTUCHO S/C FORRO VICUÑA	PT3101-240	C	C	B
130	CANILLERA EN RIATA C/PLATINA CORR Y ROD. VQTA C/OJ. Y ZUNCHO EN CRUZ	PT3481-032	C	C	A
131	GUANTE EN ASBESTO M/56 R-5 EN CARNAZA T/ENTERIZO	PT3307-028	C	C	B
132	GUANTE EN ASBESTO M/27 R-5 EN CARNAZA T/ENTERIZO	PT3307-020	C	C	C
133	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 T/CARTUCHO C/IMP PYC	PT3101-026	C	C	C
134	CANILLERA EN RIATA C/PLATINA CORR Y ROD C/OJ Y ZUNCHO EN CRUZ INTER MET T-L	PT3481-037	C	C	A
135	GUANTE EN CARNAZA S/C DORSO VQTA. M/C TIPO INGENIERO	PT3101-211	C	C	B
136	GUANTE EN VAQUETA M/10 R-1 ext. VQTA. TIPO INGENIERO	PT3103-229	C	C	B
137	GUANTE EN VAQUETA TIPO INGENIERO CON UÑAS DORSO EN JEAN	PT3103-205	C	C	C
138	GUANTE EN VAQUETA M/12 R-5ext. TIPO INGENIERO C/RESORTE EN EL PUÑO	PT3103-254	C	C	A
139	GUANTE EN CARNAZA DORSO Y PUÑO EN JEAN M/15 R-5 CARNAZA R-5i VICUÑA T/CARTUCHO	PT3101-278	C	C	C
140	GUANTE EN CARNAZA M/10 R-5i R-1e T/CARTUCHO C/IMP EN PYC	PT3101-097	C	C	C
141	GUANTE EN CARNAZA M/40 SENCILLO T.A FORRO EN VICUÑA	PT3101-209	C	C	C
142	GUANTE EN CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3101-033	C	C	B
143	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 int. CZA R-5 ext. C-TULA TIPO CARTUCHO	PT3101-162	C	C	C
144	POLAINAS EN VAQUETA	PT3592-010	C	C	C
145	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-5 int. VQTA TIPO CARTUCHO	PT3103-056	C	C	C
146	GUANTE EN CARNAZA M/20 FORRO EN VICUÑA DORSO E/ZO C/IMP EN COST.	PT3101-142	C	C	C
147	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-1 T/ENTERIZO S/C FORRO VICUÑA	PT3101-238	C	C	C

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
148	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X80CMS	PT3589-082	C	C	C
149	GORRO EN JEAN TIPO CHAVO C/ADH	PT3485-007	C	C	C
150	GUANTE EN CARNAZA M/40 SENCILLO T.A	PT3101-208	C	C	C
151	GUANTE EN TRICOT M/15 PUÑO EN JEAN R-5 EN CAUCHO COSIDO Y REMACHADO T/C C/ADH	PT3313-006	C	C	C
152	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5I R-3E T/CARTUCHO	PT3101-164	C	C	C
153	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/10 TIPO INGENIERO SIN R-1	PT3103-181	C	C	B
154	GUANTE EN JEAN M/15 R-5 EN VAQUETA T.A C/ADH	PT3310-030	C	C	C
155	DELANTAL EN VAQUETA DE 60X90CMS CON MANGAS	PT3589-088	C	C	B
156	GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 TIPO CARTUCHO C/IMP. P Y C	PT3101-284	C	C	C
157	CHALECO EN LONA JEAN C/OJ DE ALUMINIO TALLA L	PT3588-019	C	C	C
158	GUANTE EN CZA M/20 R-1 FORRO VICUÑA C/VENA INDICE DORSO E/ZO T/C	PT3101-136	C	C	B
159	GUANTE EN VAQUETA M/20 DORSO EN VAQUETA PUÑO CARNAZA T.A	PT3103-183	C	C	C
160	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/10 TIPO INGENIERO R-5i CARNAZA	PT3103-190	C	C	B
161	FUNDA EN CUERO TULA PARA CUCHILLO DE 11X27 DOBLE BOLSILLO ADICIONAL C/REMACHES	PT3484-017	C	C	C
162	GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 T.A	PT3101-090	C	C	C
163	CHAQUETA EN ASBESTO TALLA DOBLE XXL	PT3588-026	C	C	C
164	HOMBRERAS EN C-TULA	PT3486-002	C	C	C
165	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 T.A	PT3101-155	C	C	C
166	GUANTE EN VAQUETA M/20 DORSO VAQUETA PUÑO R-5 EX R-1 IN CZA T/ZO FORRO VIC I/COS	PT3103-156	C	C	C
167	ESTUCHE EN VAQUETA PARA GAFAS	PT3484-008	C	C	C
168	CANILLERA EN CHALET CON ZUNCHO C/RODILLERA C/OJ	PT3481-002	C	C	C
169	PANTALON EN ASBESTO TALLA DOBLE XXL	PT3591-008	C	C	C
170	GORRO EN CARNAZA TIPO CHAVO	PT3485-001	C	C	C
171	CAPUCHA EN ASBESTO	PT3482-007	C	C	C
172	GORRO EN DRIL TIPO CHAVO	PT3485-004	C	C	C
173	DELANTAL EN CARNAZA S/C AMARILLA DE 60X90	PT3589-034	C	C	C
174	GUANTE EN VAQUETA TIPO ENTERIZO	PT3103-001	C	C	C
175	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-1ext en VQTA TIPO INGENIERO	PT3103-230	C	C	B
176	GUANTE EN VAQUETA M/C R-5 ext. VQTA. TIPO ENTERIZO C/RESORTE EN EL DORSO	PT3103-009	C	C	C
177	GUANTE EN VAQUETA M/10 R-5 int. EN CZA TIPO CARTUCHO	PT3103-053	C	C	C
178	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-5 ext. VQTA. TIPO A	PT3103-054	C	C	B
179	GUANTE EN VAQUETA TIPO INGENIERO SENCILLO CON PUÑO CORTO SIN R-1	PT3103-180	C	C	C
180	DELANTAL EN VAQUETA DE 70 X 110 C/BOSILLO AL LADO DEREHO	PT3589-003	C	C	B

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
181	GUANTE EN VAQUETA M/15 DORSO VAQUETA PUÑO Y R-5 EN CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3103-158	C	C	B
182	DELANTAL EN VAQUETA DE 60X110	PT3589-048	C	C	C
183	POLAINAS EN CARNAZA C/OJALETES EN ALUMINIO	PT3592-007	C	C	C
184	GUANTE EN CARNAZA M/15 DORSO EN VAQUETA PUÑO EN JEAN R-5INT.CARNAZA TIPO E/Z OO	PT3101-273	C	C	C
185	GUANTE EN VAQUETA M/20 DORSO VQTA PUÑO CZA R-5 int EN VICUÑA T/ENTERIZO	PT3103-256	C	C	C
186	CANILLERA EN RIATA CON ZUNCHO Y ROD. EN VQTA C/OJ Y ZUNCHO EN CRUZ	PT3481-030	C	C	C
187	GUANTE EN CARNAZA M/20 SENCILLO TIPO A FORRADO VICUÑA C/IMP. COST.	PT3101-143	C	C	C
188	FUNDA EN CUERO TULA PARA CUCHILLO CON REMACHES	PT3484-009	C	C	C
189	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/15 T-INGENIERO PUÑO EN CARNAZA R-5 INT EN CARNAZA	PT3103-216	C	C	C
190	POLAINA EN CARNAZA CON PROTECCION EN PLATINA RECUB. EN CARNAZA	PT3592-031	C	C	B
191	GUANTE EN VAQUETA M/15 DORSO VAQUETA PUÑO CARNAZA R-5ext. T.A	PT3103-067	C	C	C
192	CHALECO EN JEAN C/ADH Y MANGAS	PT3588-006	C	C	C
193	GUANTE EN VAQUETA M/27 DORSO EN VAQUETA PUÑO EN CARNAZA T.A SIN R-1	PT3103-064	C	C	C
194	CHAQUETA EN CARNAZA	PT3588-001	C	C	C
195	GUANTE EN TRICOT M/15 EN JEAN R-5 VAQUETA C/ADH SIN REMACHES T/ZO	PT3313-050	C	C	C
196	GUANTE EN VAQUETA M/10 DORSO VQTA PUÑO CZA R-5 int VICUÑA T/ENTERIZO	PT3103-257	C	C	B
197	DELANTAL EN ASBESTO DE 60X90	PT3589-060	C	C	C
198	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-5I EN CARNAZA T/CARTUCHO	PT3103-198	C	C	C
199	DELANTAL EN VAQUETA DE 60 X 100 SIN BOLSILLOS	PT3589-050	C	C	C
200	GUANTE EN CARNAZA M/27 R-5 R-1 T/CARTUCHO	PT3101-197	C	C	C
201	GUANTE EN VAQUETA M/10 R-3 ext. VQTA TIPO INGENIERO	PT3103-084	C	C	B
202	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-1-E T/CARTUCHO	PT3101-148	C	C	C
203	GUANTE EN ASBESTO M/27 R-5 CARNAZA FORRADO EXT. EN DRILL	PT3307-032	C	C	C
204	POLAINAS EN CARNAZA C/ADH Y LATEX	PT3592-003	C	C	C
205	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 int. CZA R-1 ext. CZA TIPO CARTUCHO	PT3101-267	C	C	C
206	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-1 T/CARTUCHO C/IMP PYC	PT3101-011	C	C	C
207	POLAINA EN CARNAZA CON PUNTERA EN CAUCHO Y CORREAS EN CAUCHO	PT3592-006	C	C	C
208	CANILLERA PARA MOTOSIERRA EN VAQUETA CON ZUNCHO - RODILLERA Y PUNTERA	PT3481-011	C	C	C
209	SOMBRERO EN JEAN CON SOLAPA	PT3487-001	C	C	C
210	GUANTE EN CARNAZA M/40 R-5 T.A	PT3101-210	C	C	C

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
211	GUANTE EN VAQUETA M/56 DORSO VQTA PUÑO CZA. R-5 int. EN VICUÑA T/ENTERIZO	PT3103-030	C	C	B
212	GUANTE EN VICUÑA M/15 DORSO Y PUÑO EN JEAN R-5 ext. EN ABSTO,HULE,JEAN T/Z	PT3314-001	C	C	C
213	MANGAS EN ASBESTO	PT3590-014	C	C	C
214	GUANTE EN CARNAZA M/15 SENCILLO T/CARTUCHO FORRO VICUÑA C/IMP EN INDICE Y COST.	PT3101-285	C	C	B
215	DELANTAL EN CUERO TULA DE 60X90	PT3589-066	C	C	C
216	CUBIERTA EN CUERINA Y CARNAZA AUSTRALIANAS	PT3483-009	C	C	C
217	DELANTAL EN VAQUETA NATURAL DE 60X110	PT3589-100	C	C	C
218	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-1 EN VAQUETA T.A	PT3103-055	C	C	C
219	GUANTE EN VAQUETA M/20 SENCILLO TIPO INGENIERO SIN R-1	PT3103-108	C	C	C
220	GUANTE EN VAQUETA M/13 DORSO VQTA. PUÑO CZA. T/CARTUCHO	PT3103-153	C	C	C
221	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X90 TPAPINCHE CON REF. 30X60 DOBLE BOLS.Y DOBLE COST.	PT3589-025	C	C	C
222	MANGUILLA EN CARNAZA C/OJ EN ALUMINIO	PT3590-007	C	C	C
223	DELANTAL EN CARNAZA CON MANGAS DE 60X90	PT3589-027	C	C	C
224	CHALECO EN LONA JEAN C/OJ DE ALUMINIO TALLA XL	PT3588-020	C	C	C
225	GUANTE EN VAQUETA M/15 R-5 T/CARTUCHO	PT3103-057	C	C	C
226	GUANTE EN VAQUETA M/27 DORSO VQTA. PUÑO CZA R-5 int. VICUÑA T/ ENTERIZO T-L	PT3103-102	C	C	C
227	GUANTE EN VAQUETA M/C DORSO JEAN PÑO HULE FORR. JEAN R-2 ext. VQTA R-5 int VICUÑA	PT3103-023	C	C	C
228	MANGUILLAS EN HULE LASIO C/ADH	PT3590-008	C	C	C
229	POLAINA EN CUERO-T T-L C.PROTECCION EN NEOLAY .3 FRANJAS C/ ADH	PT3481-027	C	C	C
230	PANTALON EN CARNAZA	PT3591-001	C	C	C
231	GUANTE EN VAQUETA M/C R-5 T.A	PT3103-007	C	C	C
232	GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 EN C-TULA R-1 CZA T/CARTUCHO C/LATEX EN COSTURA	PT3101-117	C	C	C
233	GUANTE EN VICUÑA M/15 DORSO Y PUÑO EN JEAN R-5 ext. JEAN T/Z	PT3314-002	C	C	C
234	GUANTE EN TRICOT M/15 PUÑO EN JEAN R-5 EN CUERINA T/ENTERIZO C/ADH	PT3313-010	C	C	C
235	GUANTE EN CARNAZA M/20 SENCILLO T.B	PT3101-139	C	C	C
236	GUANTE EN JEAN M/15 CON REFUERZO int. EN VICUÑA TIPO ENTERIZO	PT3310-053	C	C	C
237	POLAINA EN CARNAZA LARGA REFORZADA CON PLATINA EN ALUMINIO RECUB EN HULE	PT3592-024	C	C	C
238	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X90 REF. EN C-TULA DE 45X60	PT3589-006	C	C	C
239	GUANTE EN VQTA. DORSO VQTA. M/56 R-5int. EN JEAN PUÑO EN CARNAZA TA	PT3103-220	C	C	C

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
240	GUANTE EN CARNAZA M/27 R-5 C-TULA R-1 CARNAZA T/CARTUCHO	PT3101-205	C	C	C
241	CANILLERA T-POLAINA EN C-TULA NEGRO C/PROTECCION 6 REFUERZOS NEOLITE GRUESO	PT3481-031	C	C	C
242	CANILLERA EN RIATA C/ZUNCHO S/RODILLERA	PT3481-015	C	C	C
243	GUANTE EN VAQUETA AMARILLA M13 DORSO ESTANPADO P¶ EN HULE AZUL Y VERDE T/C S/R-1	PT3103-191	C	C	C
244	CANILLERA EN RIATA CON PLATINA CORRUGADA SIN RODILLERA Y HEB. COBRIZADA	PT3481-016	C	C	C
245	GUANTE EN ASBESTO M/20 R-5 ext. ASBESTO TIPO CARTUCHO	PT3307-003	C	C	C
246	GUANTE EN CARNAZA SUPER COLOR AMARILLO M/C R-5 INTERNO FORRO EN VICU¶A TC	PT3101-294	C	C	C
247	CUBIERTA EN CUERO TULA Y CARNAZA REF. EN CZA TIPO S/ROJO C/CARGADERA	PT3483-002	C	C	C
248	GUANTE EN CARNAZA M/15 SENCILLO T/CARTUCHO	PT3101-072	C	C	C
249	GUANTE EN ASBESTO M/C R-5 ext. EN ASBESTO TIPO CARTUCHO	PT3307-001	C	C	C
250	POLAINA EN CARNAZA C/ADH. Y PROTECCION EN CUERO NEOLITE	PT3592-023	C	C	C
251	CAPUCHA EN DRILL OSCURO CON ADHESIVO TIPO MONJE	PT3482-014	C	C	C
252	GUANTE EN VAQUETA M/C DORSO VQTA. PU¶O CZA R-5 ext. VQTA. ESPECIAL	PT3103-021	C	C	C
253	CORTINA EN CARNAZA DE 3x3.8M CON OJALES	PT3488-007	C	C	C
254	GUANT EN V/TA M/10 DORSO Y PU¶O CZA R-5 V/TA C/IMPER EN D Y P T/ING	PT3103-086	C	C	C
255	GUANTE EN CARNAZA M/10 SENCILLO T.A	PT3101-065	C	C	C
256	DELANTAL EN VAQUETA DE 60X120	PT3589-049	C	C	C
257	GUANTE EN VAQUETA M/27 DORSO VQTA. PU¶O CZA. R-5 int. VICU¶A T/ENTERZO T-XL	PT3103-103	C	C	C
258	DELANTAL EN CUERO TULA 60X100	PT3589-067	C	C	C
259	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X120 CON MANGAS	PT3589-004	C	C	C
260	GUANTE EN CARNAZA M/C TIPO CICLISTA	PT3101-055	C	C	C
261	DELANTAL EN CUERO TULA DE 60X110	PT3589-009	C	C	C
262	GUANTE EN VAQUETA M/20 R-5 T.A	PT3103-097	C	C	C
263	GUANTE EN CARNAZA R-1 TIPO CICLISTA C/LATEX PYC	PT3101-056	C	C	C
264	CORTINA EN CARNAZA DE 3x5 M DE LARGO CON OJALES	PT3488-006	C	C	C
265	CHAQUETA EN VAQUETA CON CIERRE EN ADHESIVO	PT3588-010	C	C	C
266	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-3 ext. EN C-TULA TIPO CARTUCHO	PT3101-271	C	C	C
267	GUANTE EN ASBESTO M/27 DORSO ASBETO PU¶O EN CZA (DOB)R-5 EN C-TULA TIPO MITON	PT3307-023	C	C	C
268	POLAINA EN CUERO PEQUE¶A C/ADHESIVO TALLA L.	PT3592-021	C	C	C
269	CORTINA EN CARNAZA DE 3x4M DE LARGO CON OJALES	PT3488-008	C	C	C
270	GUANTE EN VAQUETA M/C R-5 T/CARTUCHO	PT3103-005	C	C	C

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
271	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 CARNAZA R-3 C-TULA T/CARTUCHO	PT3101-167	C	C	C
272	GUANTE EN VAQUETA M/27 R-5 EXTERNO VAQUETA T/CARTUCHO	PT3103-121	C	C	C
273	MANGAS EN VAQUETA CON RESORTE Y ADHESIVO EN LA MUÑECA	PT3590-019	C	C	C
274	CUELLERA CAPUCHA EN JEAN C/OJ	PT3482-011	C	C	C
275	CHAQUETA EN VAQUETA DE 1.24 FORRADA INT C/BROCHES EN EL VELCRO REF CZA 35 CM	PT3588-022	C	C	C
276	GUANTE EN CARNAZA M/27 R-5 T/CARTUCHO C/IMP EN COSTURA	PT3101-191	C	C	C
277	GUANTE EN JEAN M/10 R-5 EN CARNAZA T/CARTUCHO	PT3310-020	C	C	C
278	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 R-1 EN C-TULA T/CARTUCHO C/LATEX EN COSTURA	PT3101-032	C	C	C
279	DELANTAL EN CARNAZA DE 90X120	PT3589-012	C	C	C
280	CHAQUETA EN CARNAZA TALLA XXL	PT3588-003	C	C	C
281	GUANTE EN VAQUETA M/10 PUÑO Y DORSO EN JEAN R-5 CZA T/C	PT3103-222	C	C	C
282	GUANTE EN CARNAZA M/56 R-5 T.A	PT3101-218	C	C	C
283	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 ext. CAUCHO (NEUMATICO) T/C S/VOLTEAR	PT3101-008	C	C	C
284	GUANTE EN ASBESTO M/20 R-5 EN CARNAZA T/CARTUCHO	PT3307-029	C	C	C
285	GUANTE EN VAQUETA NATURAL M/20 TIPO CARTUCHO	PT3103-143	C	C	C
286	GUANTE EN VAQUEA M/C R-5 ext. VAQUETA T-S	PT3103-258	C	C	C
287	DELANTAL EN VAQUETA DE 60X80CMS	PT3589-007	C	C	C
288	GUANTE EN JEAN M/15 R-5 EN CARNAZA T/CARTUCHO	PT3310-023	C	C	C
289	DELANTAL EN CARNAZA DE 50X50 TAPAPINCHES	PT3589-001	C	C	C
290	MANGUILLAS EN CARNAZA C/ADH	PT3590-005	C	C	C
291	GUANTE EN CARNAZA M/20 ENTERIZO R-5I FORRO VICUÑA	PT3101-160	C	C	C
292	DELANTAL EN ASBESTO DE 60X100	PT3589-011	C	C	C
293	GUANTE EN TRICOT M/15 JEAN R-5 EN C/HO Y DEDO PULGAR Y DORSO C/OO C/RM C/ADH T/C	PT3313-030	C	C	C
294	GUANTE EN VAQUETA NEGRA M/C TIPO CICLISTA CON R-1 TALLA L	PT3103-048	C	C	C
295	GUANTE EN VAQUETA NEGRA M/C TIPO CICLISTA CON R-1 TALLA M	PT3103-052	C	C	C
296	GUANTE EN CARNAZA M/20 R-5 DORSO Y PULGAR TZ TIPO SOLDADOR C/IMPERM COST	PT3101-159	C	C	C
297	POLAINA EN ASBESTO ENTERIZA C/HEBILLAS Y CORREAS	PT3592-011	C	C	C
298	GUANTE EN CARNAZA M/15 R-5 C-TULA R-1 T/CARTUCHO	PT3101-116	C	C	C
299	GUANTE EN VAQUETA M/C TIPO INGENIERO SENCILLO C/DORSO CUATRO DEDOS TALLA S	PT3103-206	C	C	C
300	FUNDA EN VAQUETA PARA ESLINGA DE 1.50 DE LARGO X 3-1/2" DE ANCHO	PT3484-003	C	C	C
301	GUANTE EN VAQUETA M/C R-1 EN VAQUETA T.A	PT3103-004	C	C	C

Nº	Descripción Producto	Código	Modelo de Hadi	Modelo Ng	Mono-criterio
302	FUNDA EN VAQUETA PARA ESLINGA DE 1.40 DE LARGO X 3" DE ANCHO	PT3484-004	C	C	C
303	GUANTE EN CARNAZA M/56 R-5 T/CARTUCHO	PT3101-216	C	C	C
304	FUNDA EN VAQUETA PARA ESLINGA DE 1.10 DE LARGO X 3" DE ANCHO	PT3484-005	C	C	C
305	GUANTE EN VAQUETA M/20 R-5e EN CARNAZA TIPO INGENIERO	PT3103-192	C	C	C
306	GUANTE EN VAQUETA M/27 R-5 ext. EN VQTA. T/CARTUCHO FORRO EN VICUÑA	PT3103-098	C	C	C
307	GUANTE EN ASBESTO M/15 R-5 EN CARNAZA T/ENTERIZO	PT3307-006	C	C	C
308	POLAINA EN CARNAZA CON ADH DE 2" CON HEBILLA COSCOJA EN LA PUNTERA 48 a X 46 L	PT3592-032	C	C	C
309	DELANTAL EN CARNAZA DE 60X90 CON REFUERZO DE 30X60	PT3589-031	C	C	C
310	CANILLERA EN RIATA CON ZUNCHO Y RODILLERA TALLA M	PT3481-018	C	C	C
311	GUANTE EN JEAN M/C SENCILLO T/CARTUCHO SIN R-1	PT3310-002	C	C	C
312	CANILLERA EN RIATA CON RODILLERA TALLA - XL	PT3481-020	C	C	C
313	GUANTE EN JEAN M/C R-1 EN CARNAZA T/CARTUCHO	PT3310-003	C	C	C
314	GUANTE EN CARNAZA M/C R-5 EN C-TULA R-1 EN CARNAZA T/CARTUCHO	PT3101-030	C	C	C

Elaborado por: Los autores.

ANEXO F. COMPROMISOS CON EL CLIENTE POR PARTE DE LA EMPRESA CASO ESTUDIO

Misión

LA EMPRESA.es una empresa ubicada en la ciudad de Palmira Valle, que tiene como objetivo la producción y comercialización de guantes fabricados en cuero, tela y otros materiales de excelente calidad, elaborados por talento humano calificado, realizando mejoras continuas en los procesos e implementando nuevas tecnologías y ampliación de portafolio de nuestros productos, para satisfacer las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, cumpliendo así con el compromiso social y económico.

Visión

En el 2017 **LA EMPRESA** será la organización líder en producción y comercialización de Guantes a nivel regional, con posicionamiento a nivel nacional e incursionamiento en el mercado internacional, por la calidad en sus productos, excelente servicio al cliente y eficientes mecanismos de distribución apoyado por talento humano altamente comprometido y calificado de la organización.

Slogan

“Calidad y Cumplimiento”

Política de Calidad

Nuestra organización expresa su dedicado compromiso de respetar y cumplir los acuerdos contractuales de acuerdo con las especificaciones de los clientes en calidad de nuestros productos, así como también a las partes interesadas del Sistema de Gestión de Calidad, con sostenimiento en mejoramiento continuo de los procesos y se compromete a brindar un ambiente laboral bajo condiciones saludables, fomentando el desarrollo de nuestros colaboradores.

Objetivos de Calidad

- Nivel de satisfacción del cliente.
- Oportunidad en la entrega de los productos.
- Nivel de estabilidad y satisfacción laboral.
- Selección y evaluación periódica de los proveedores de materia prima e insumos.
- Control de producto conforme a los requisitos especificados y establecidos

**ANEXO G. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN EMPRESA CASO
ESTUDIO – LÍNEA DE PRODUCTOS DE GUANTES**

Calidad Y Cumplimiento	ENCUESTA DE SATISFACCIÓN LÍNEA DE PRODUCTOS DE GUANTES	Código: F12- P-OP-03
		Versión: 02
		Emisión: 20/06/2011
		Revisión: 20/06/2011
		Página 33 de 3

Para nosotros la satisfacción de los clientes es primordial, por lo que hemos decidido analizar cómo usted percibe la empresa y los guantes que ofrecemos. De antemano agradecemos su participación y el interés que tiene de proporcionarnos información que nos ayude a mejorar e incrementar la calidad de nuestros productos y servicios en función de su beneficio.

Fecha: DD/MM/AAAA

CALIDAD DE LA ASESORÍA

Seleccione:

- Antes de la compra ¿Qué tipo de asesoría recibe con mayor frecuencia?
☐ Telefónica. ☐ Correo electrónico. ☐ Visita comercial.
- Teniendo en cuenta la pregunta anterior ¿Cómo fue la asesoría y orientación brindada a usted para realizar la mejor selección de sus guantes?
☐ Excelente. ☐ Buena. ☐ Insuficiente.
- Si su respuesta anterior fue excelente pase a la pregunta 4, de lo contrario responda, ¿Qué cree usted que faltó para obtener una mejor selección del guante?

- ¿Le gustaría recibir la asesoría en el lugar de operación donde se utilizan los guantes?
Sí ☐ No ☐
- Califique en una escala de 5 a 1 las siguientes característica, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, NA No aplica.

		1	2	3	4	5	NA
A	La atención prestada por el personal cuando se solicitan los productos.						
B	Claridad de la información suministrada.						
C	Orientación para realizar la selección de su producto.						
D	Conocimiento de los asesores sobre el producto.						
E	Comprensión de sus necesidades por parte del asesor.						
F	Presentación personal de los asesores.						
G	Información oportuna.						
H	Las cotizaciones son claras.						
I	Las cotizaciones son oportunas.						
J	Facilidad para solicitar un pedido.						
K	Rapidez para solicitar un pedido.						
L	Respuesta a peticiones, quejas y reclamos.						
M	Información de los productos en la página web.						
N	Acceso a la información en la página web.						

Calidad Y Cumplimiento	ENCUESTA DE SATISFACCIÓN LÍNEA DE PRODUCTOS DE GUANTES	Código: F12- P-OP-03
		Versión: 02
		Emisión: 20/06/2011
		Revisión: 20/06/2011
		Página 34 de 3

CALIDAD DE LOS GUANTES

6. ¿En los pedidos se han presentado guantes defectuosos? Sí ☐ No ☐
7. En caso de responder No en la pregunta anterior pase a la pregunta número 9, de lo contrario responda: Aproximadamente en un mes ¿En cuántos pedidos han presentado productos defectuosos?

☐ 1 Pedido ☐ 2 Pedidos ☐ 3 Pedidos en adelante

8. ¿Cuáles son los defectos encontrados en los guantes? (puede marcar más de una opción).

A. Costuras sueltas	
B. Tallan las costuras	
C. Orificios	
F. Dedos torcidos	
G. Refuerzo mal cosido	
H. Sobrantes de hilo	
D. Guantes llegan rasgados	
E. Se rasgan fácilmente	
Otra, Cual? _____	

9. Califique en una escala de 5 a 1 las características de los guantes, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, NA No aplica.

	1	2	3	4	5	NA
A. Resistencia de los hilos						
B. Flexión del guante						
C. Protección de las manos						
D. Comodidad en las costuras						
E. Ajuste del guante a la mano						
F. Resistencia al corte						
G. Resistencia a la perforación						
H. Resistencia al rasgado						

10. ¿Cómo percibe el precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia?

☐ Económicos. ☐ Relación precio/calidad satisfactoria. ☐ Altos.

11. Con base en los pedidos que normalmente usted realiza califique de 5 a 1 las características de la empresa y los productos, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, N/A No aplica.

		1	2	3	4	5	NA
A	Presentación de los guantes.						
B	Empaque de los guantes.						
C	Facilidad de manejo de los guantes embalados.						
D	Los tiempos de entrega establecidos.						
E	Cumplimiento en las fechas de entrega.						
F	Cumplimiento con las cantidades solicitadas.						
G	Atención del personal en la entrega del producto.						
H	Cumplimiento con el tipo de guante que se ha pedido.						
I	El seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto.						

ANEXO H. PRUEBA PILOTO

Para obtener las varianzas de las diferentes características de valor de la Familia de Guantes y de la empresa Guantes Occidental S.A.S., se analizan las proporciones de satisfacción e insatisfacción en las preguntas donde se evalúan las características de calidad.

CALIDAD DE LA ASESORÍA

Seleccione:

1. Antes de la compra ¿Qué tipo de asesoría recibe con mayor frecuencia?

☐ Telefónica. ☐ Correo electrónico. ☐ Visita comercial.

Con base en la pregunta 1 se responde la pregunta 2.

2. Teniendo en cuenta la pregunta anterior ¿Cómo fue la asesoría y orientación brindada a usted para realizar la mejor selección de sus guantes?

R\ Se determina que una respuesta excelente o buena define un cliente satisfecho (p), se identificó que los clientes cuando responden que la asesoría fue buena, no dejan opiniones de insatisfacción en la pregunta número 3, donde se abre el espacio en caso de que el cliente estuviera insatisfecho.

Respuestas	Cantidad	Proporción		
Excelente.	15	50,0%	$p =$	91,7%
Buena.	13	41,7%		
Insuficiente.	2	8,3%	$q =$	8,3%
Respuestas recogidas:	30	100,0%	Varianza =	0,0764

5. Califique en una escala de 5 a 1 las siguientes característica, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, NA No aplica.

En esta pregunta se determina que cuando un cliente responde excelente (5) y bueno (4) está satisfecho, mientras que si responde regular (3), insuficiente (2) deficiente (1) se encuentra insatisfecho y no aplica (NA) no identifica o no conoce dicha característica lo que se define como insatisfacción.

	Características de valor	5	4	3	2	1	NA	p	q	Varianza
A	La atención prestada por el personal cuando se solicitan los productos.	15	13	2	0	0	0	93,33%	6,67%	0,0622
B	Claridad de la información suministrada.	14	15	1	0	0	0	96,67%	3,33%	0,0322

Características de valor		5	4	3	2	1	NA	p	q	Varianza
C	Orientación para realizar la selección de su producto.	12	11	4	0	0	3	76,67%	23,33%	0,1789
D	Conocimiento de los asesores sobre el producto.	16	10	1	0	1	2	86,67%	13,33%	0,1156
E	Comprensión de sus necesidades por parte del asesor.	12	13	1	0	1	3	83,33%	16,67%	0,1389
F	Presentación personal de los asesores.	16	9	0	0	0	5	83,33%	16,67%	0,1389
G	Información oportuna.	13	15	1	0	1	0	93,33%	6,67%	0,0622
H	Las cotizaciones son claras.	14	14	0	0	0	2	93,33%	6,67%	0,0622
I	Las cotizaciones son oportunas.	14	12	2	0	0	2	86,67%	13,33%	0,1156
J	Facilidad para solicitar un pedido.	15	14	1	0	0	0	96,67%	3,33%	0,0322
K	Rapidez para solicitar un pedido.	15	12	3	0	0	0	90,00%	10,00%	0,0900
L	Respuesta a peticiones	7	14	2	1	0	6	90,00%	10,00%	0,0900
M	Información de los productos en la página web.	3	12	4	0	0	11	50,00%	50,00%	0,2500
N	Acceso a la información en la página web.	4	13	2	0	0	11	56,67%	43,33%	0,2456
Encuestas recogidas:		30								

La mayor varianza obtenida en esta pregunta se encuentra en el literal M. donde se califica la información de los productos en la página web y es de 0,25.

CALIDAD DE LOS GUANTES

6. ¿En los pedidos se han presentado guantes defectuosos?

Respuesta	Cantidad	
Sí.	7	q = 23,33%
No.	23	p = 76,67%
Respuestas recogidas:	30	Varianza= 0,1789

9. Califique en una escala de 5 a 1 las características de los guantes, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, NA No aplica.

En esta pregunta se determina que cuando un cliente responde excelente (5) y bueno (4) está satisfecho, mientras que si responde regular (3), insuficiente (2) deficiente (1) se encuentra insatisfecho y no aplica (NA) no identifica o no conoce dicha característica, lo que se define como insatisfacción.

Características de valor	5	4	3	2	1	NA	p	q	Varianza
A. Resistencia de los hilos.	8	21	0	1	0	0	96,67%	3,33%	0,0322
B. Flexión del guante.	9	18	3	0	0	0	90,00%	10,00%	0,0900
C. Protección de las manos.	16	14	0	0	0	0	100,00%	0,00%	0,0000
D. Comodidad en las costuras.	10	19	1	0	0	0	96,67%	3,33%	0,0322
E. Ajuste del guante a la mano.	12	17	1	0	0	0	96,67%	3,33%	0,0322
F. Resistencia al corte.	11	17	2	0	0	0	93,33%	6,67%	0,0622
G. Resistencia a la perforación.	10	18	2	0	0	0	93,33%	6,67%	0,0622
H. Resistencia al rasgado.	9	17	3	0	1	0	86,67%	13,33%	0,1156
Encuestas recogidas:	30								

La mayor varianza obtenida en esta pregunta se encuentra en el literal H. donde se califica la resistencia al rasgado de los guantes y es de 0,1156.

10. ¿Cómo percibe el precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia?

En esta pregunta, se toma como un cliente satisfecho cuando responde que los precios son económicos con respecto a los de la competencia y cuando la respuesta es relación precio/calidad satisfactoria, lo que significa que los clientes ven los productos con un costo razonable para la calidad de ellos.

Respuestas	Cantidad	Proporción		
Económicos.	3	10,00%	p =	83,33%
Relación precio/calidad satisfactoria.	22	73,33%		
Altos.	5	16,67%	q =	16,67%
Respuestas recogidas:	30	100,00%	Varianza =	0,1389

base en los pedidos que normalmente usted realiza califique de 5 a 1 las características de la empresa y los productos, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, N/A No aplica.

Características de valor	5	4	3	2	1	NA	Total	p=	q=	Varianza
A. Presentación de los guantes.	13	13	0	4	0	0	30	86,7%	13,3%	0,116
B. Empaque de los guantes.	12	13	0	3	0	2	30	83,3%	16,7%	0,139
C. Facilidad de manejo de los guantes embalados.	12	13	1	4	0	0	30	83,3%	16,7%	0,139
D. Los tiempos de entrega	10	13	4	3	0	0	30	76,7%	23,3%	0,179

Características de valor establecidos.	5	4	3	2	1	NA	Total	p=	q=	Varianza
E. Cumplimiento en las fechas de entrega.	11	14	2	2	1	0	30	83,3%	16,7%	0,139
F. Cumplimiento con las cantidades solicitadas.	10	14	3	1	2	0	30	80,0%	20,0%	0,160
G. Atención del personal en la entrega del producto.	9	13	0	4	1	3	30	73,3%	26,7%	0,196
H. Cumplimiento con el tipo de guante que se ha pedido.	11	13	1	4	1	0	30	80,0%	20,0%	0,160
I. El seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto.	7	18	1	2	0	2	30	83,3%	16,7%	0,139
J. Servicio postventa.	4	17	5	1	1	2	30	70,0%	30,0%	0,210
K. Capacidad de respuesta ante urgencias.	8	17	0	3	1	1	30	83,3%	16,7%	0,139
L. Modalidades de pago.	10	12	3	4	1	0	30	73,3%	26,7%	0,196
Respuestas recogidas:	30									

La máxima varianza para la pregunta es la que obtiene el literal J. donde se evaluó el servicio postventa y es de 0,21.

12. ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes?

En este literal se definen como satisfechos las unidades muestrales respondan No, esto se traduce en que los usuarios del guante sienten que el producto ha llenado las expectativas.

En esta pregunta el porcentaje de satisfacción es del 90% y el porcentaje de insatisfacción corresponde al 10%, generando una varianza de 0.09.

Respuesta	Cantidad	Proporción		
SI	3	50,00%	q =	10,00%
NO	27	8,30%	p =	90,00%
TOTAL	30	100,00%	Varianza =	0,09

Por último, se selecciona la mayor varianza del estudio, de acuerdo a la siguiente tabla:

Pregunta	p	q	Varianza
2. ¿Cómo fue la asesoría y orientación brindada a usted para realizar la mejor selección de sus guantes?	91,70%	8,30%	0,0761

Pregunta	p	q	Varianza
5.M. Información de los productos en la página web.	50,00%	50,00%	0,25
6. ¿En los pedidos se han presentado guantes defectuosos?	76,67%	23,33%	0,1789
9.H. Resistencia al rasgado	86,67%	13,33%	0,1155
10. ¿Cómo percibe el precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia?	83,33%	16,67%	0,1389
11. servicio postventa	70,00%	30,00%	0,21
12. ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes?	90,00%	10,00%	0,09
Mayor varianza			0,25

De acuerdo al cuadro anterior, la varianza que se toma para el estudio es de 0,25.

ANEXO I. ANÁLISIS ESTUDIO DESCRIPTIVO FAMILIA DE GUANTES Y EMPRESA GUANTES OCCIDENTAL S.A.S.

El nivel de satisfacción de los clientes de la Familia de Guantes y de la empresa Guantes Occidental S.A.S. dio como resultado 85,56%. Este nivel de satisfacción se obtiene de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Nivel de satisfaccion} = \frac{\text{Respuestas Satisfactorias}}{\text{Total respuestas}}$$

En las preguntas de la encuesta de satisfacción donde se evalúa la percepción de un cliente se obtienen 2673 respuestas satisfactorias de 3124 respuestas totales, de donde se obtiene el nivel de satisfacción.

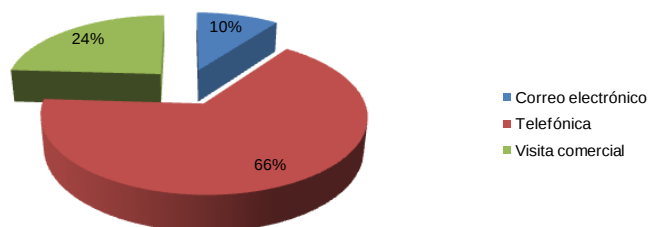
A continuación se enseñan los resultados obtenidos del estudio descriptivo de la Familia de Guantes y de la empresa Guantes Occidental S.A.S.

1. Antes de la compra, ¿qué tipo de asesoría recibe con mayor frecuencia?, se obtienen un total de 79 respuestas el cual se distribuyen según Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes.

Tipo de asesoría	Cantidad de clientes	Proporción
Correo electrónico	8	10,13%
Telefónica	52	65,82%
Visita comercial	19	24,05%
Total general	79	100,00%
Elaborado por los autores		

Gráfico 1. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes.



Elaborado por los autores

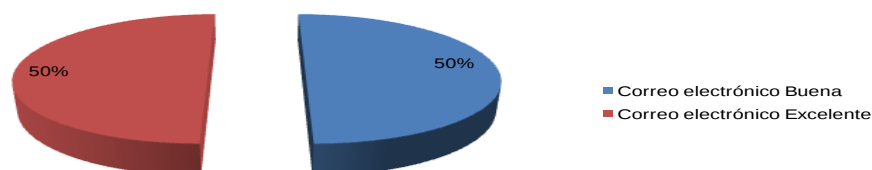
En las 4 encuestas que no se cuantifican en esta pregunta, los clientes dieron como respuesta que no habían recibido asesoría alguna para la selección de su producto.

Teniendo como base la pregunta anterior, se evalúa cada una de los tipos de asesoría en una escala de excelente, buena o insuficiente, dando respuesta a la pregunta 2, ¿Cómo fue la asesoría y orientación brindada a usted para realizar la mejor selección de sus guantes?

Tabla 2. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por correo electrónico.

Tipo de asesoría.	Respuestas	Cantidad de clientes	Proporción
Correo electrónico	Buena	4	50,00%
	Excelente	4	50,00%
Total general		8	100,00%
Elaborado por los autores			

Gráfico 2. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por correo electrónico.



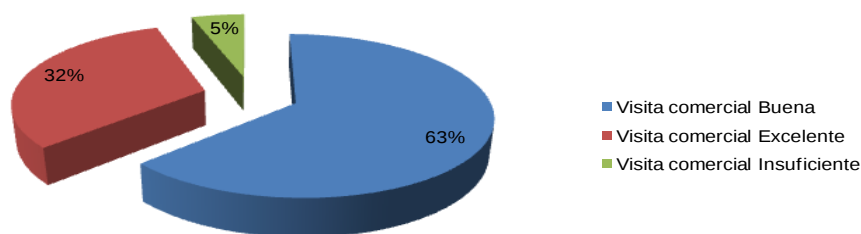
Elaborado por los autores

Al evaluarse el correo electrónico como alternativa de asesoría, se obtiene en los 8 resultados obtenidos, el 50% con una calificación de excelente y el 50% restante le da una calificación de buena. A pesar de que la menor población es manejada por este medio, el 100% de esta satisfecha con el servicio brindado.

Tabla 3. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por medio de visita comercial.

Tipo de asesoría.	Respuestas	Cantidad de clientes	Proporción
Visita comercial	Buena	12	63,16%
	Excelente	6	31,58%
	Insuficiente	1	5,26%
Total general		19	100,00%
Elaborado por los autores			

Gráfico 3. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por medio de visita comercial



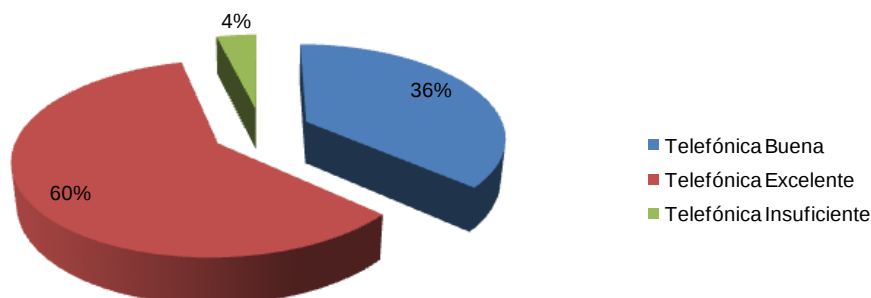
Elaborado por los autores

La visita comercial representa el 24% de la población encuestada, en esta se encuentra que el 63% de esta población le da una calificación de buena, el 32% de la población la califica como excelente y el 5% de la población le da una calificación de insuficiente, obteniendo un porcentaje de satisfacción del 94% en este literal.

Tabla 4. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por vía telefónica.

Tipo de asesoría.	Respuestas	Cantidad de clientes	Proporción
Telefónica	Buena	19	36,54%
	Excelente	31	59,62%
	Insuficiente	2	3,85%
Total general		52	100,00%
Elaborado por los autores			

Gráfico 4. Distribución de clientes sobre la asesoría y orientación brindada para realizar la mejor selección de sus guantes por vía telefónica.



Elaborado por los autores

En el tercer tipo de asesoría a evaluar, el medio telefónico, el cual representa la mayor parte de la población encuestada con un 66%, se encuentra que el 60% de esta población le da una calificación de excelente, el 36% de la población la califica como buena y el 4% de la población le da una calificación de insuficiente a este tipo de asesoría.

En cada uno de los 3 tipos de asesoría brindada al cliente, de igual manera se deja abierto el espacio al consumidor para comentar que faltó en la asesoría para que fuera un servicio de excelente calidad.

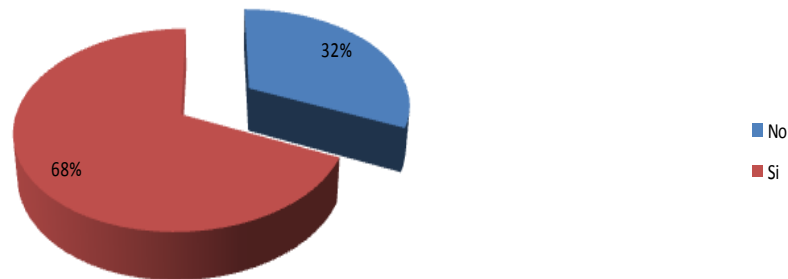
En los casos donde se presenta una calificación de buena o insuficiente y el cliente da a conocer qué es importante en el momento de realizar una compra, se obtiene que de 13 respuestas obtenidas, 6 de ellas proponen que el asesor conozca a cabalidad las referencias y los productos que ofrece la compañía, ilustre y presente los productos que se manejan, cómo son?, para qué sirven?, en que situaciones o procesos es conveniente utilizarlos, durabilidad de los productos y conocimiento técnico de las partes y componentes de la gama de productos, otras 4 respuestas proponen que la persona encargada de asesorar, conozca del cliente, de sus necesidades, del tipo de proceso que el cliente desarrolla, qué cuestione que tan cómodo, fiable y óptimo es el producto que le está ofreciendo la compañía. Las otras tres sugerencias del cliente se centran en una mejor atención por parte de la asesoría existente y de cerrar la brecha entre cliente y empresa, es decir, que la empresa llegue al lugar donde el cliente le está dando uso diario al producto ofrecido.

En la pregunta 4 ¿Le gustaría recibir la asesoría en el lugar de operación donde se utilizan los guantes?, se dan los siguientes resultados ver Tabla 5:

Tabla 5. Distribución de clientes sobre la necesidad de recibir asesoría en el lugar de uso de los guantes

Respuesta	Cantidad de clientes.
No	26
Si	56
Total general	82
Elaborado por los autores	

Gráfico 5. Distribución de clientes sobre la necesidad de recibir asesoría en el lugar de uso de los guantes



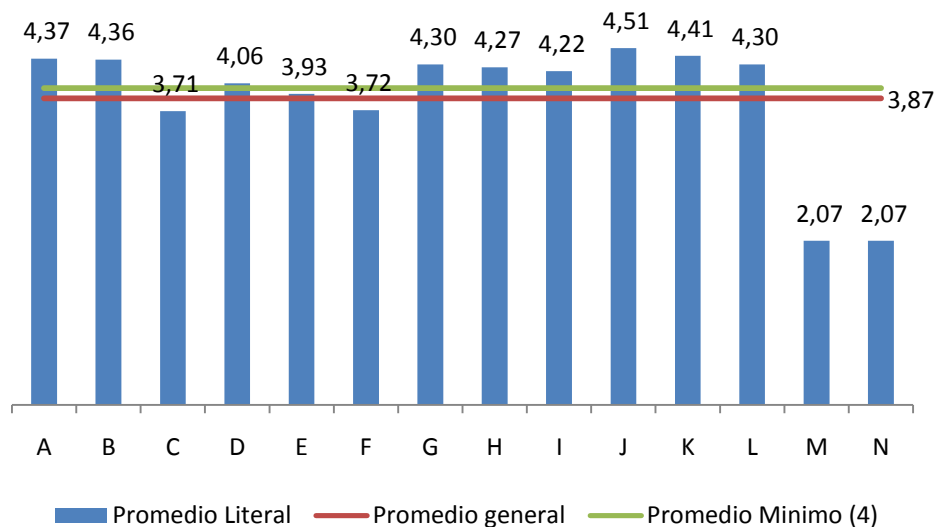
Elaborado por los autores

Resaltando en esta pregunta que 82 clientes que respondieron, el 68% de los resultados, indica que en el momento de ofrecer el producto, se visite el lugar de operaciones y se reconozca el proceso donde se van a emplear los diferentes productos ofrecidos.

5. Califique en una escala de 5 a 1 las siguientes característica, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, NA No aplica.

De acuerdo a la forma de calificación de la encuesta las preguntas que obtengan un puntaje menor a 4 (bueno) son preguntas de insatisfacción del cliente (es decir 1, 2, 3 o no aplica), en el Gráfico 6. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 5., se enseña un resumen de los promedios de cada literal.

Gráfico 6. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 5.

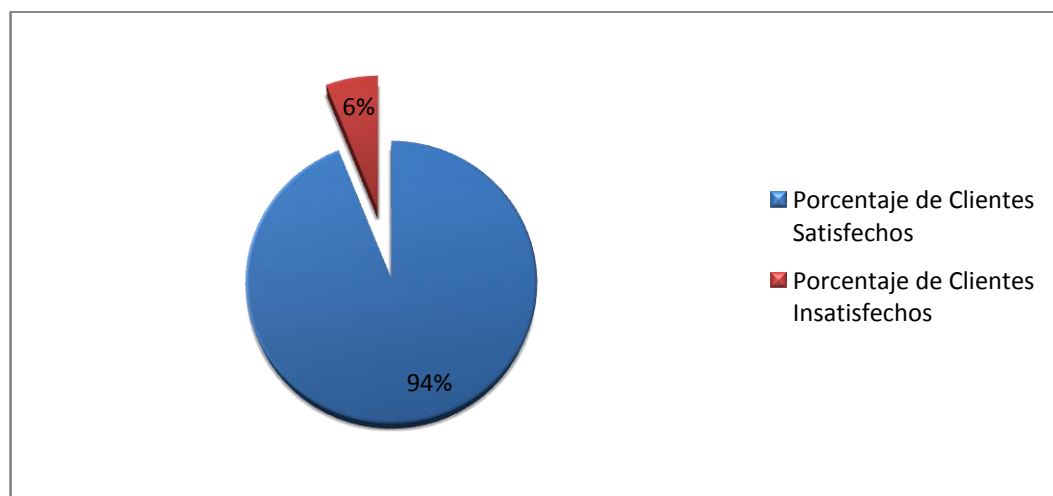


Elaborado por los autores.

Literal A. La atención prestada por el personal cuando se solicitan los productos.

El 94% de los clientes están satisfechos por la atención prestada por el personal cuando solicitan los productos (ver Gráfico 7).

Gráfico 7. Satisfacción del cliente con la atención prestada por el personal cuando se solicitan los productos.

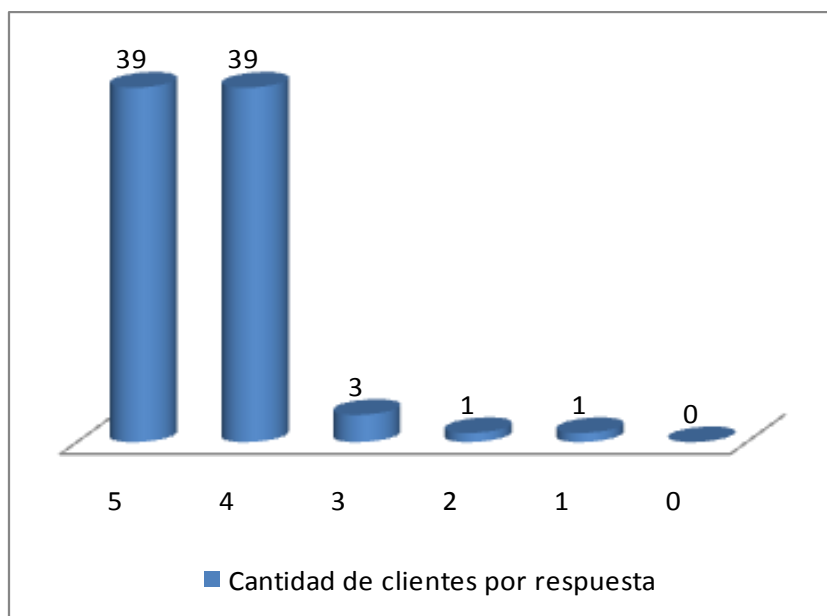


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,37 y una desviación estándar de 0,73 para un coeficiente de variación del 17%. De acuerdo al Gráfico 8, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes (78) se encuentran satisfechos con la atención prestada por el personal cuando solicitan los productos

Se afirma que entre el 89% y el 99% de los clientes de la población se encuentran satisfechos con la atención prestada por el personal cuando solicitan los productos.

Gráfico 8. Distribución de las respuestas con la atención prestada por el personal cuando se solicitan los productos.

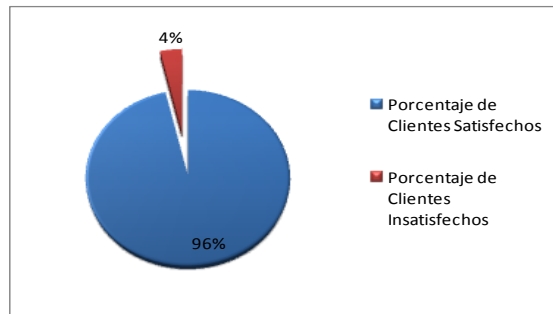


Elaborado por los autores

Literal B. Claridad de la información suministrada.

El 96% de los clientes están satisfechos con la claridad de la información que se le suministra, (ver Gráfico 9).

Gráfico 9. Satisfacción del cliente con la claridad de la información que se le suministra.

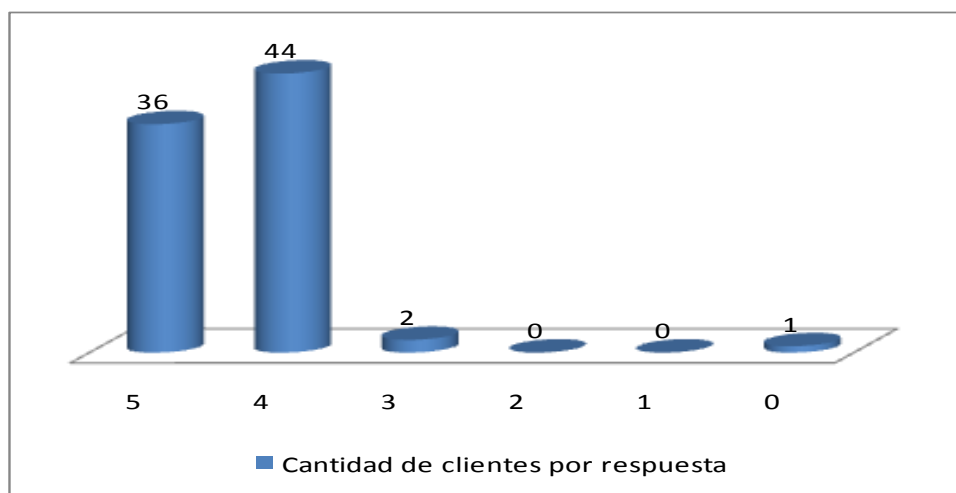


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,36 y una desviación estándar de 0,73 para un coeficiente de variación del 17%. De acuerdo al Gráfico 10, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (80) se encuentran satisfechos con la claridad de la información suministrada.

Se afirma que entre el 91% y el 100% de los clientes de la población se encuentran satisfechos con la claridad de la información suministrada.

Gráfico 10 . Distribución de las respuestas sobre la claridad de la información suministrada.

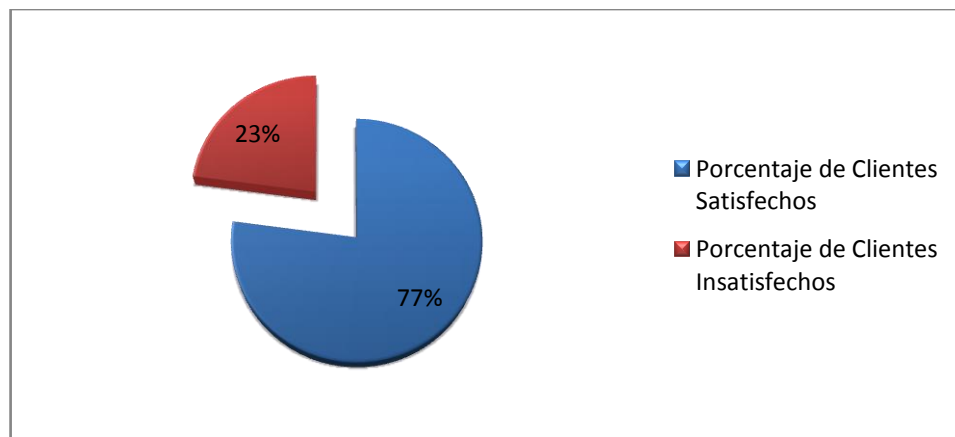


Elaborado por los autores

Literal C. Orientación para realizar la selección de su producto.

El 77% de los clientes están satisfechos con la orientación para realizar la selección de su producto, (ver Gráfico 11).

Gráfico 11. Satisfacción del cliente con la orientación para realizar la selección de su producto.

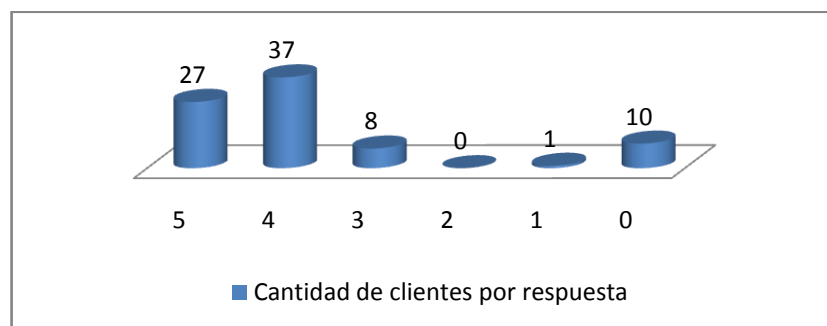


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 3,71 y una desviación estándar de 1,55 para un coeficiente de variación del 42%. De acuerdo al Gráfico 12, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (64) se encuentran satisfechos con la orientación para realizar la selección de su producto.

Se afirma que entre el 72% y el 82% de los clientes de la población se encuentran satisfechos con la orientación para realizar la selección de su producto.

Gráfico 12. Distribución de las respuestas sobre la orientación para realizar la selección de su producto.

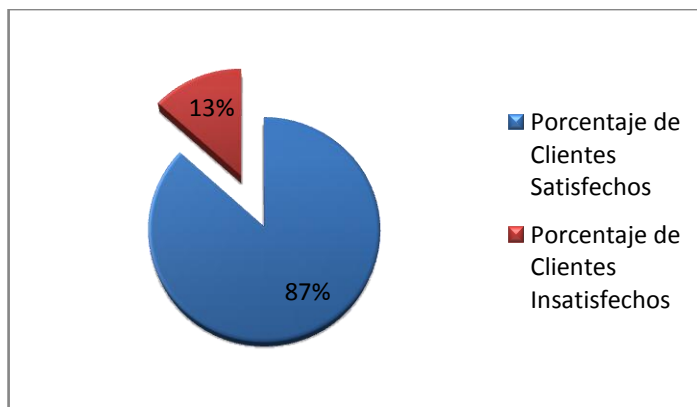


Elaborado por los autores

Literal D. Conocimiento de los asesores sobre el producto.

El 87% de los clientes están satisfechos con el conocimiento de los asesores sobre el producto (ver Gráfico 13).

Gráfico 13. Satisfacción del cliente con el conocimiento de los asesores sobre el producto.

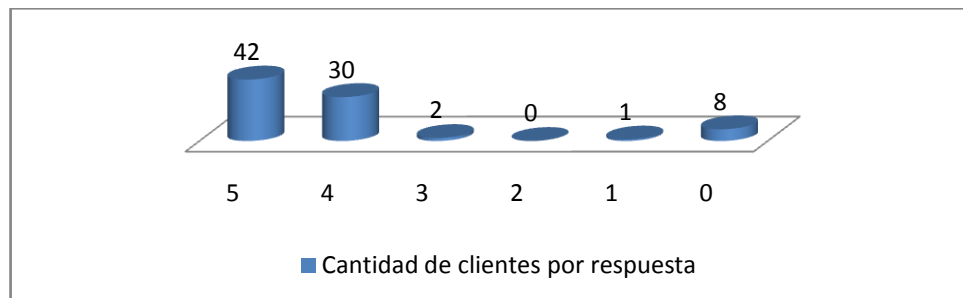


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,06 y una desviación estándar de 1,48 para un coeficiente de variación del 37%. De acuerdo al Gráfico 14 las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (72) se encuentran satisfechos con el conocimiento de los asesores sobre el producto.

Se afirma que entre el 82% y el 92% de los clientes de la población se encuentran satisfechos con el conocimiento de los asesores sobre el producto.

Gráfico 14. Distribución de las respuestas sobre el conocimiento de los asesores sobre el producto.

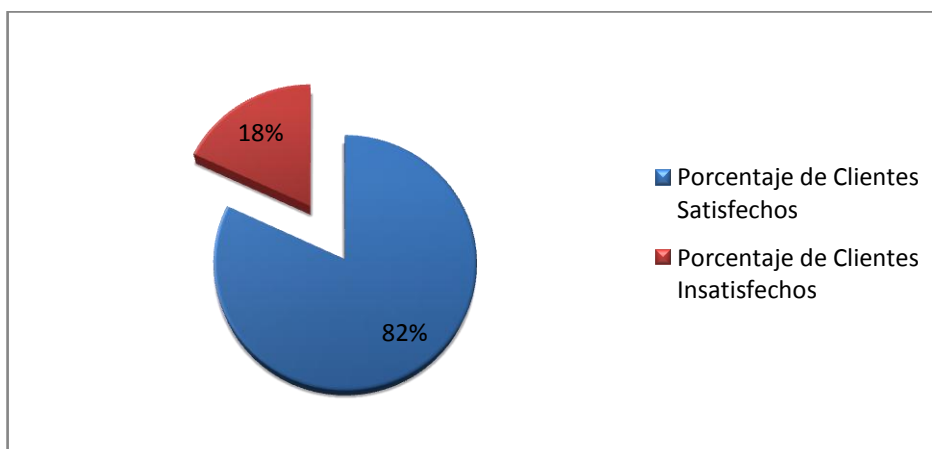


Elaborado por los autores

Literal E. Comprensión de sus necesidades por parte del asesor.

El 82% de los clientes están satisfechos con la comprensión de sus necesidades por parte del asesor, (ver Gráfico 15.).

Gráfico 15. Satisfacción del cliente con la comprensión de sus necesidades por parte del asesor.

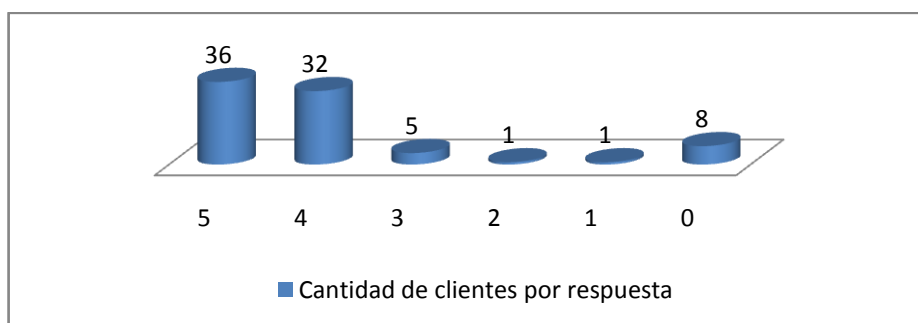


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 3,93 y una desviación estándar de 1,49 para un coeficiente de variación del 38%. De acuerdo al Gráfico 16., las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (68) se encuentran satisfechos con la comprensión de sus necesidades por parte del asesor.

Se afirma que entre el 77% y el 87% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la comprensión de sus necesidades por parte del asesor.

Gráfico 16. Distribución de las respuestas sobre la comprensión de sus necesidades por parte del asesor

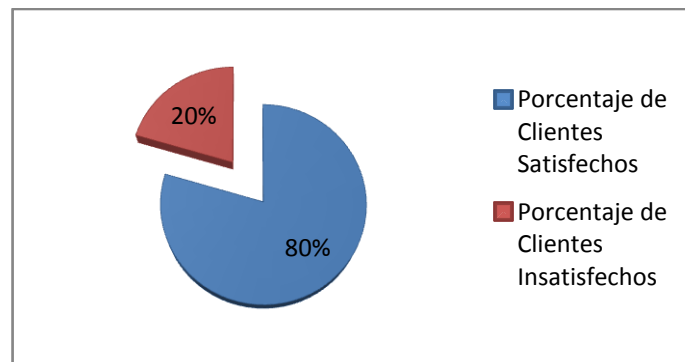


Elaborado por los autores

Literal F. Presentación personal de los asesores.

El 80% de los clientes están satisfechos con la presentación personal de los asesores. (Ver Gráfico 17).

Gráfico 17. Satisfacción del cliente con la Presentación personal de los asesores.

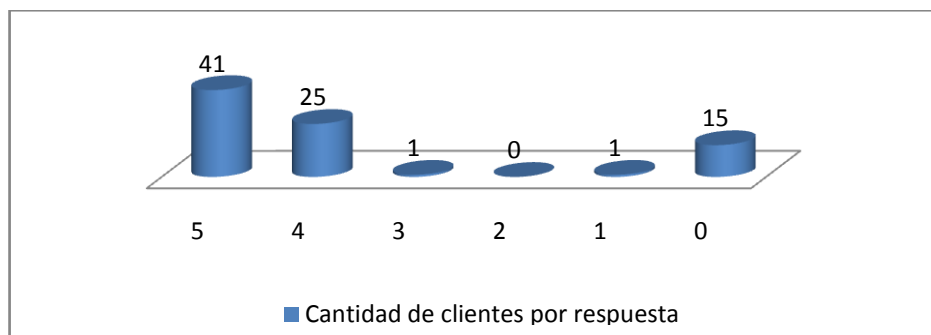


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 3,72 y una desviación estándar de 1,86 para un coeficiente de variación del 50%. De acuerdo al Gráfico 18, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (66) se encuentran satisfechos con la Presentación personal de los asesores.

Se afirma que entre el 75% y el 85% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la Presentación personal de los asesores.

Gráfico 18. Distribución de las respuestas sobre la Presentación personal de los asesores.

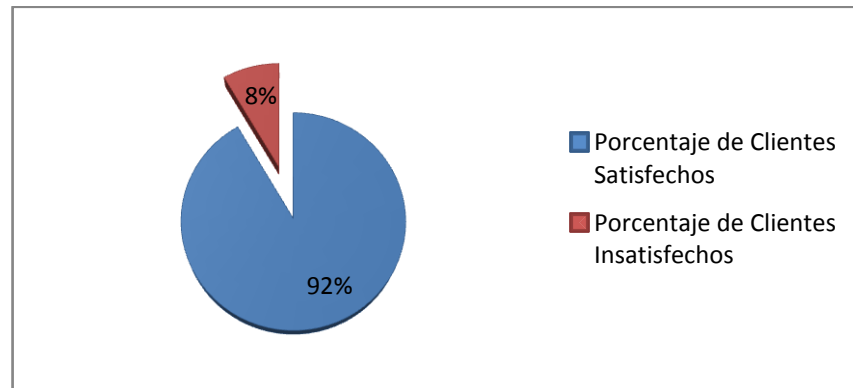


Elaborado por los autores

Literal G. Información oportuna.

El 92% de los clientes están satisfechos con la Información oportuna. (ver Gráfico 19).

Gráfico 19. Satisfacción del cliente con la Información oportuna.

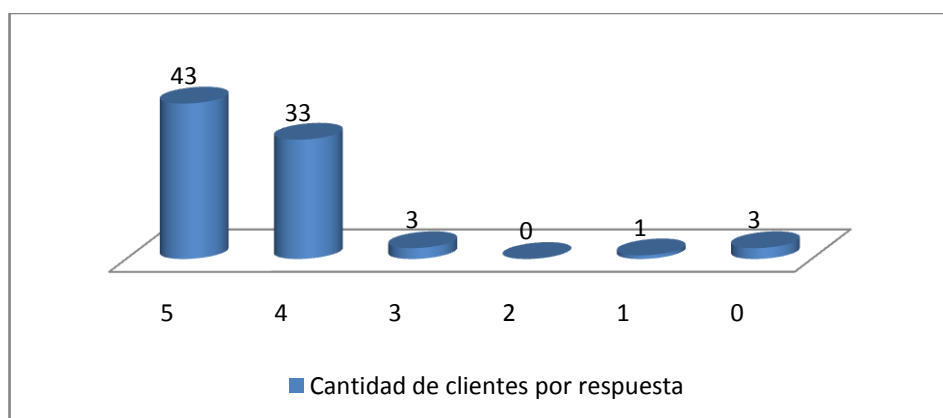


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,30 y una desviación estándar de 1,08 para un coeficiente de variación del 25%. De acuerdo al **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (76) se encuentran satisfechos con la Información oportuna.

Se afirma que entre el 87% y el 97% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la Información oportuna.

Gráfico 20. Distribución de las respuestas sobre la Información oportuna.

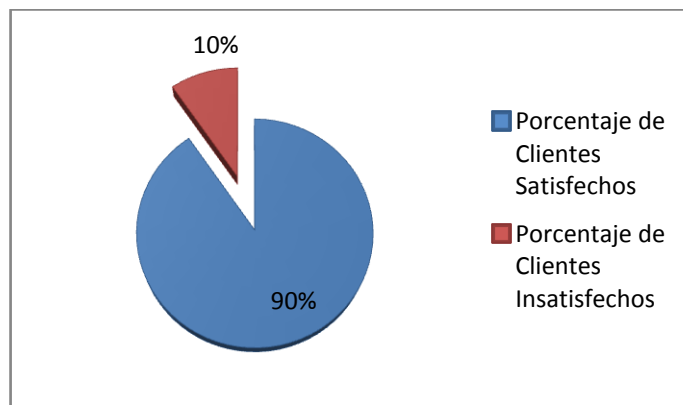


Elaborado por los autores

Literal H. Las cotizaciones son claras.

El 90% de los clientes están satisfechos con las cotizaciones son claras.(verGráfico 21).

Gráfico 21. Satisfacción del cliente con Las cotizaciones son claras.

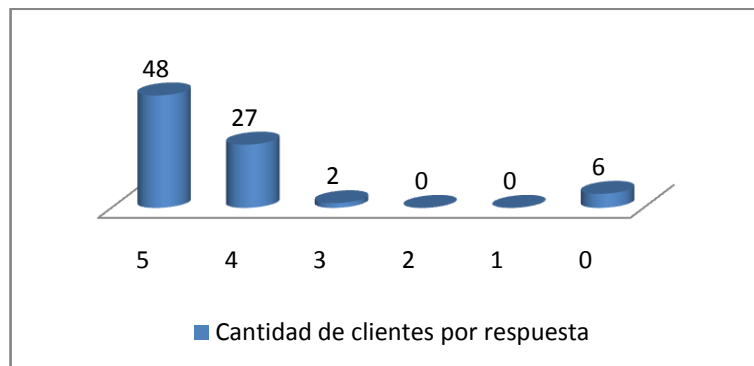


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,27 y una desviación estándar de 1,31 para un coeficiente de variación del 31%. De acuerdo al **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (75) se encuentran satisfechos con las cotizaciones son claras.

Se afirma que entre el 85% y el 95% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con las cotizaciones son claras.

Gráfico 22. Distribución de las respuestas sobre Las cotizaciones son claras.

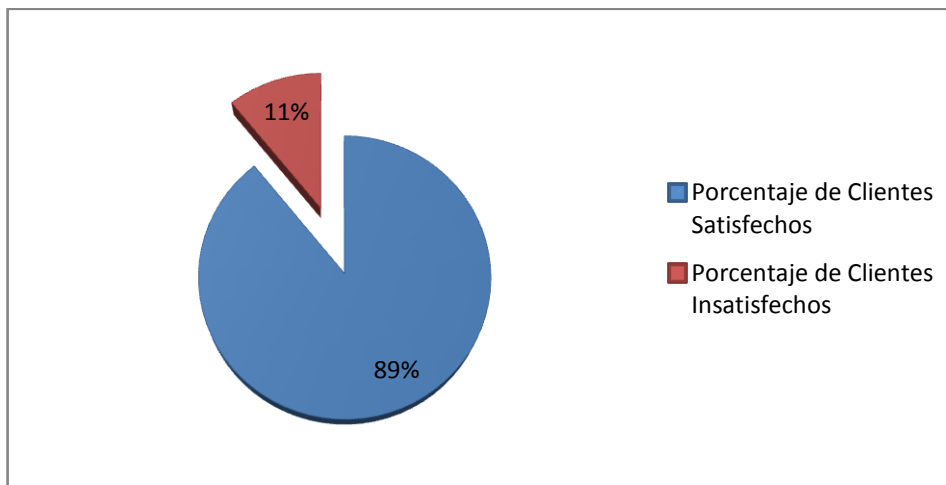


Elaborado por los autores

Literal I. Las cotizaciones son oportunas.

El 89% de los clientes están satisfechos con las cotizaciones son oportunas.(verGráfico 23).

Gráfico 23. Satisfacción del cliente con las cotizaciones son oportunas.



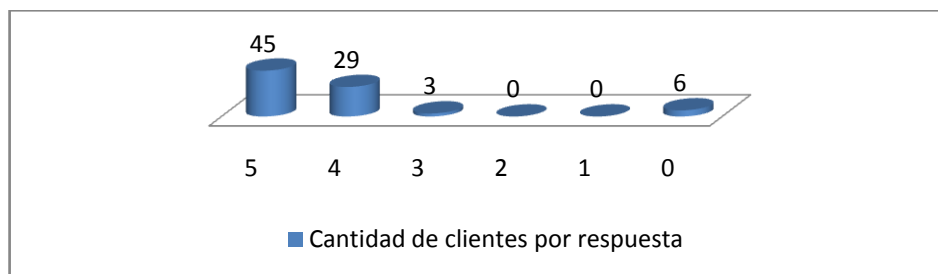
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,22 y una desviación estándar de 1,31 para un coeficiente de variación del 31%. De acuerdo al

, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (74) se encuentran satisfechos con las cotizaciones son oportunas.

Se afirma que entre el 84% y el 94% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con las cotizaciones son oportunas.

Gráfico 24. Distribución de las respuestas sobre las cotizaciones son oportunas.

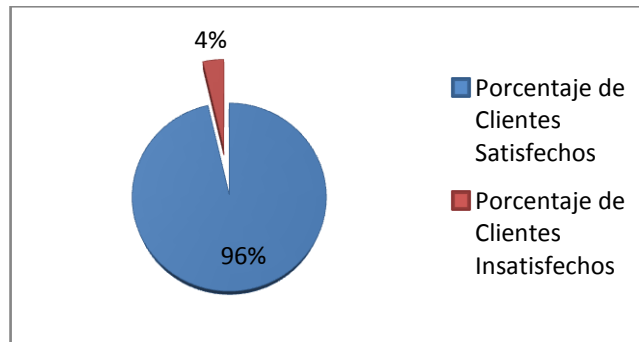


Elaborado por los autores

Literal J. Facilidad para solicitar un pedido.

El 96% de los clientes están satisfechos con la facilidad para solicitar un pedido.(verGráfico 25).

Gráfico 25. Satisfacción del cliente con las la facilidad para solicitar un pedido.

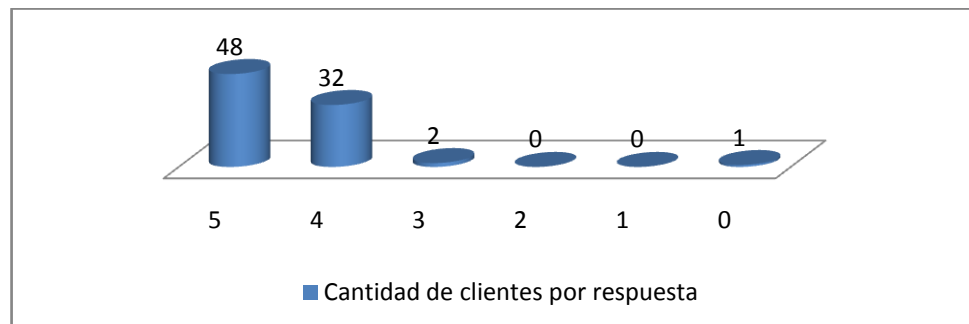


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,51 y una desviación estándar de 0,74 para un coeficiente de variación del 16%. De acuerdo al **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (80) se encuentran satisfechos con la facilidad para solicitar un pedido.

Se afirma que entre el 91% y el 100% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la facilidad para solicitar un pedido.

Gráfico 26. Distribución de las respuestas sobre la facilidad para solicitar un pedido.

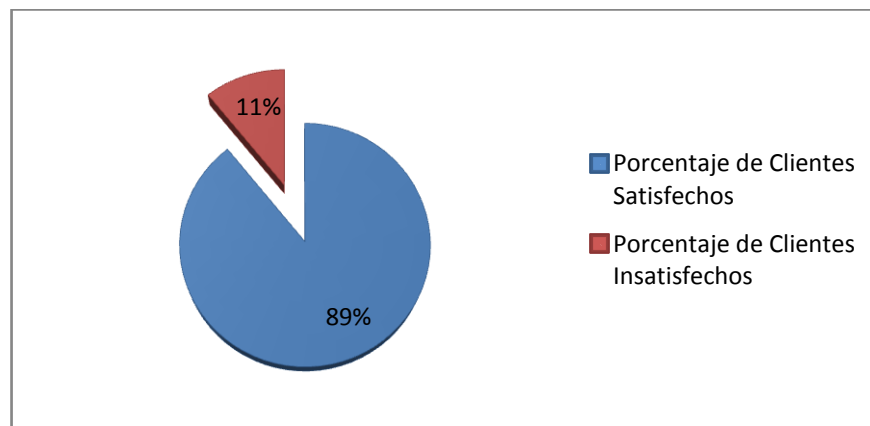


Elaborado por los autores

Literal K. Rapidez para solicitar un pedido.

El 89% de los clientes están satisfechos con la rapidez para solicitar un pedido.(verGráfico 27).

Gráfico 27 Nivel de satisfacción del cliente con la rapidez para solicitar un pedido.

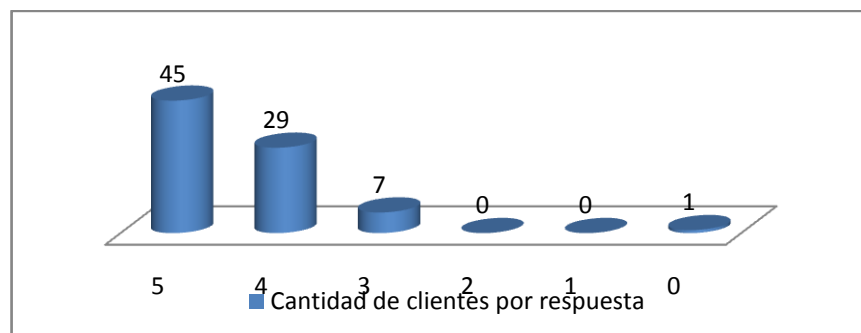


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,41 y una desviación estándar de 0,82 para un coeficiente de variación del 18%. De acuerdo al Gráfico 28, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (74) se encuentran satisfechos la rapidez para solicitar un pedido.

Se afirma que entre el 84% y el 94% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la rapidez para solicitar un pedido.

Gráfico 28. Distribución de las respuestas sobre la rapidez para solicitar un pedido.



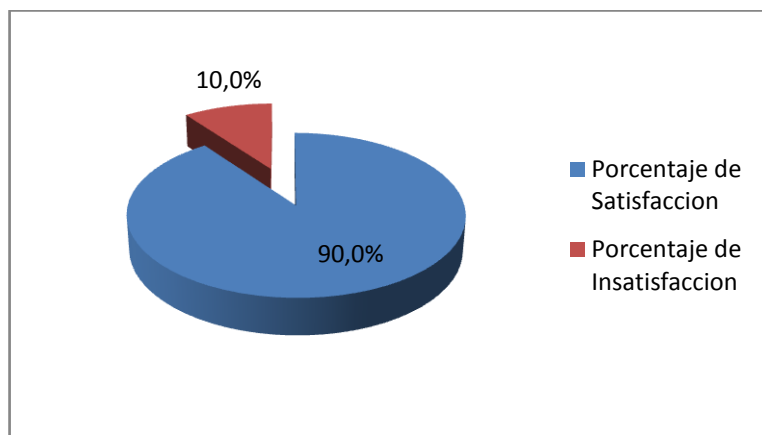
Elaborado por los autores

Literal L. Respuesta a peticiones, quejas y reclamos.

En este literal el nivel de satisfacción se mide solamente con el personal que califica entre 1 y 5, porque la opción no aplica significa que el cliente no ha presentado quejas y reclamos del producto utilizado, por ende no tiene como calificar ni positivo ni negativo.

El 90% de los clientes están satisfechos con la respuesta a peticiones, quejas y reclamos, (ver Gráfico 29).

Gráfico 29. Satisfacción del cliente con la respuesta a peticiones, quejas y reclamos.

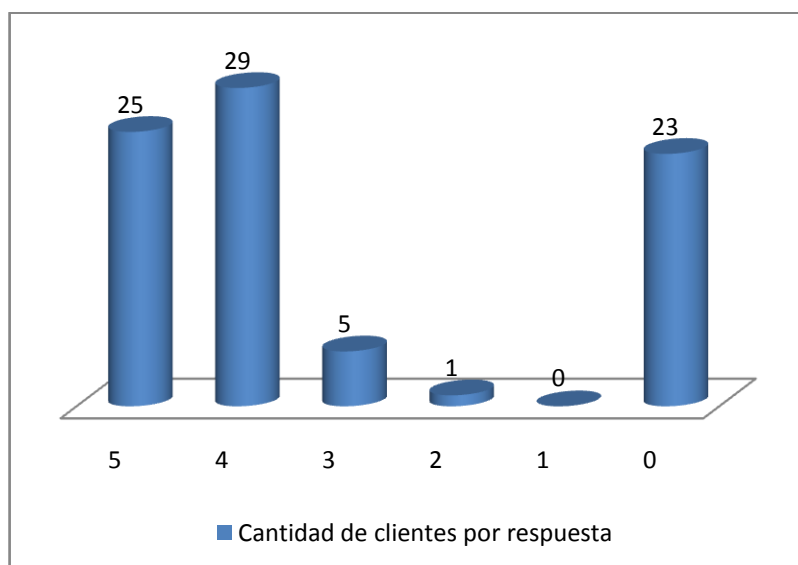


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,3 y una desviación estándar de 0,7 para un coeficiente de variación del 16,2%. De acuerdo al Gráfico 30, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5, 4 y NA, excelente, bueno y no aplica respectivamente, se concluye que 54 de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos la respuesta a peticiones, quejas y reclamos.

Se afirma que entre el 85% y el 95% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la respuesta a peticiones, quejas y reclamos.

Gráfico 30. Distribución de las respuestas sobre la respuesta a peticiones, quejas y reclamos.

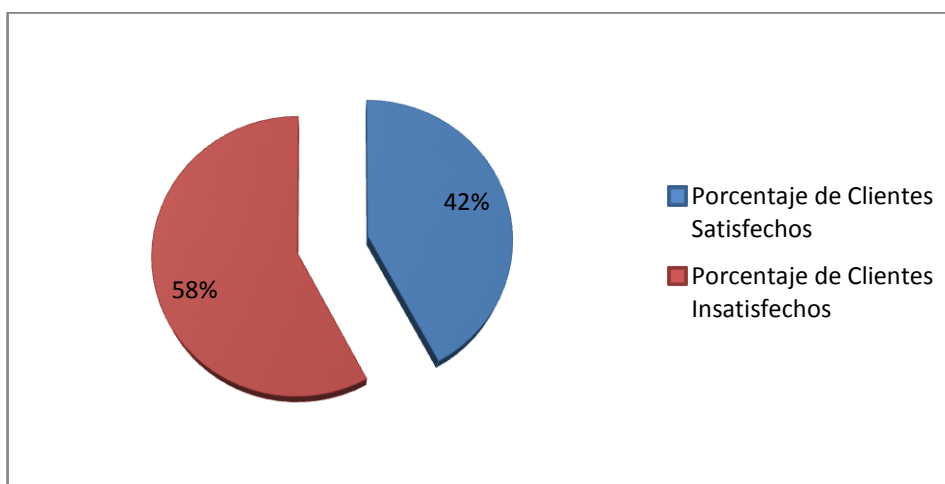


Elaborado por los autores

Literal M. Información de los productos en la página web.

El 58% de los clientes están satisfechos con la información de los productos en la página web.(verGráfico 31).

Gráfico 31. Satisfacción del cliente con la información de los productos en la página web.



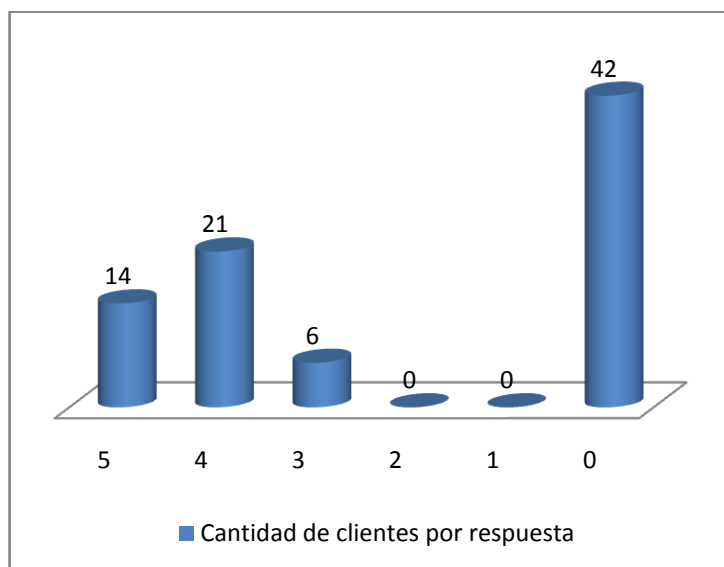
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 2,07 y una desviación estándar de 2,16 para un coeficiente de variación del 105%. De

acuerdo al Gráfico 32, las respuestas se ubican principalmente en la calificación NA, no aplica, se concluye que 35 de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos la información de los productos en la página web.

Se afirma que entre el 37% y el 47% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la información de los productos en la página web.

Gráfico 32 Distribución de las respuestas sobre la información de los productos en la página web.

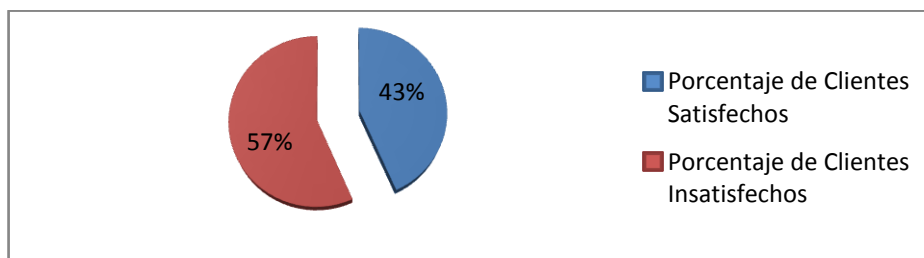


Elaborado por los autores

Literal N. Acceso a la información en la página web.

El 43% de los clientes están satisfechos con el acceso a la información en la página web.(ver¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Gráfico 33. Satisfacción del cliente con el acceso a la información en la página web.

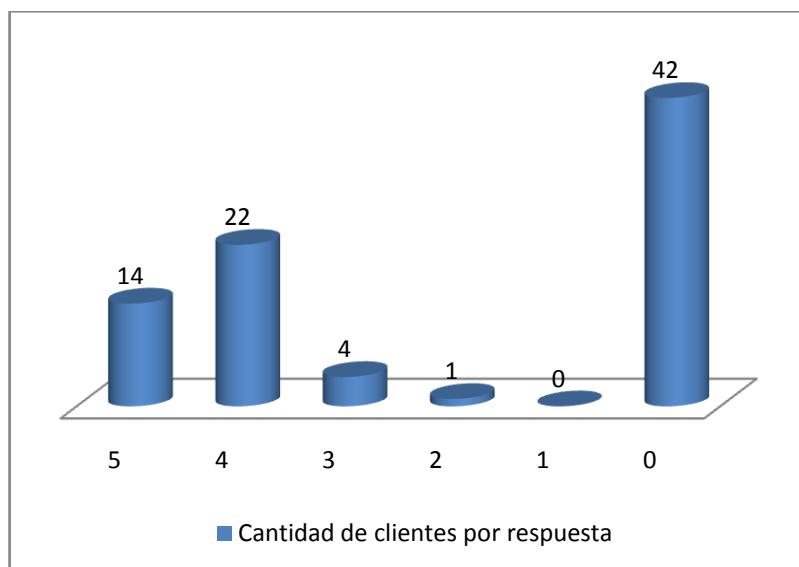


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 2,07 y una desviación estándar de 2,17 para un coeficiente de variación del 105%. De acuerdo al Gráfico 34, las respuestas se ubican principalmente en la calificación NA, no aplica, se concluye que 36 de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con el acceso a la información en la página web.

Se afirma que entre el 38% y el 48% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con el acceso a la información en la página web.

Gráfico 34. Distribución de las respuestas sobre el acceso a la información en la página web.



Elaborado por los autores

6. ¿En los pedidos se han presentado guantes defectuosos?

El 60% de los clientes están satisfechos por no haber encontrado defectos en los guantes. (ver; [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#)).

Gráfico 35. Satisfacción del cliente sobre si en los pedidos se han presentado guantes defectuosos



Elaborado por los autores

Tabla 6 Distribución de los datos ¿En los pedidos se han presentado guantes defectuosos?

Respuesta	Cantidad de clientes.	Proporción
No	50	60,24%
Si	33	39,76%
Total general	83	100,00%
Elaborado por los autores		

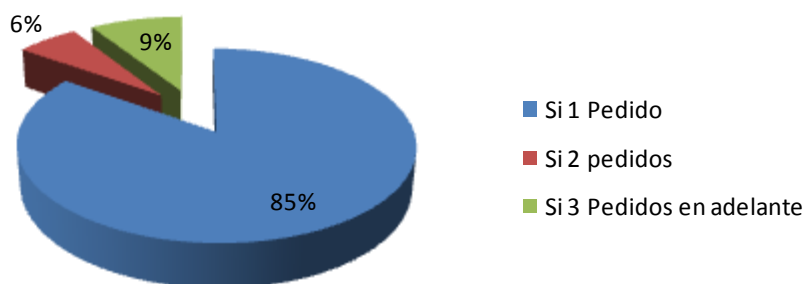
7. En caso de responder No en la pregunta anterior (6) pase a la pregunta número 9, de lo contrario responda: Aproximadamente en un mes ¿En cuántos pedidos han presentado productos defectuosos?

En este literal se mide la frecuencia con que se han presentado los productos defectuosos de todos los 33 clientes que en la pregunta 6 responden si

Tabla 7. Distribución de los datos sobre la cantidad de pedidos en que se han presentado productos defectuosos

Respuestas	Cantidad de clientes	Proporción
1 Pedido	28	84,85%
2 pedidos	2	6,06%
3 Pedidos en adelante	3	9,09%
Total general	33	100,00%
Elaborado por los autores		

Gráfico 36. Distribución de los datos sobre la cantidad de pedidos en que se han presentado productos defectuosos



Elaborado por los autores

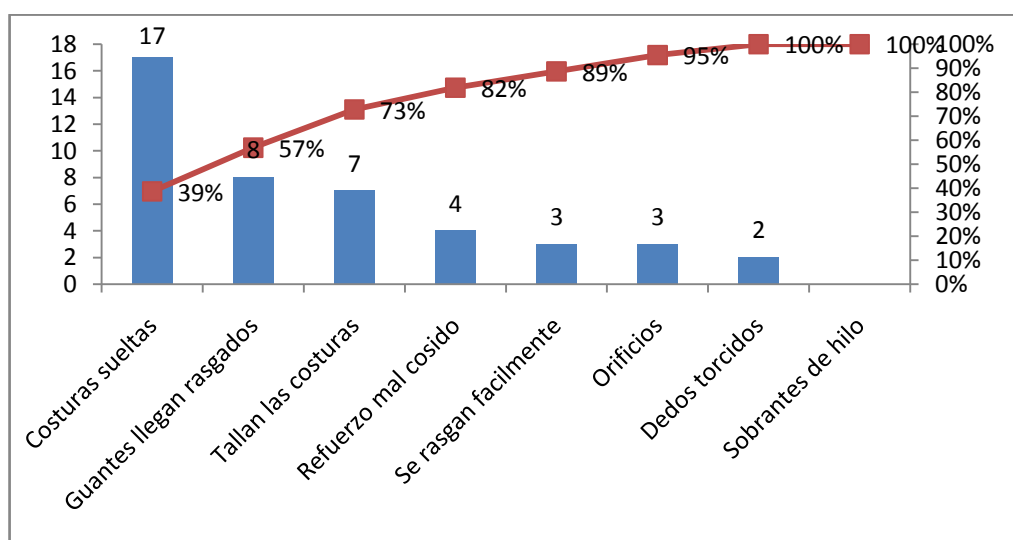
8. ¿Cuáles son los defectos encontrados en los guantes?

Con base en las respuestas obtenidas de los clientes encuestados, se define que los principales defectos que se encuentran en los guantes son las costuras sueltas, los guantes llegan rasgados y tallan las costuras, siendo representados según Tabla 8 y Gráfico 37.

Tabla 8. Defectos que se han encontrado en los guantes.

Defecto	Cantidad de respuestas	Proporción	Proporción acumulada
Costuras sueltas	17	39%	39%
Guantes llegan rasgados	8	18%	57%
Tallan las costuras	7	16%	73%
Refuerzo mal cosido	4	9%	82%
Se rasgan fácilmente	3	7%	89%
Orificios	3	7%	95%
Dedos torcidos	2	5%	100%
Sobrantes de hilo		0%	100%
Total	44	100%	
Elaborado por los autores			

Gráfico 37 Participación de los defectos que se encuentran con frecuencia en los guantes.

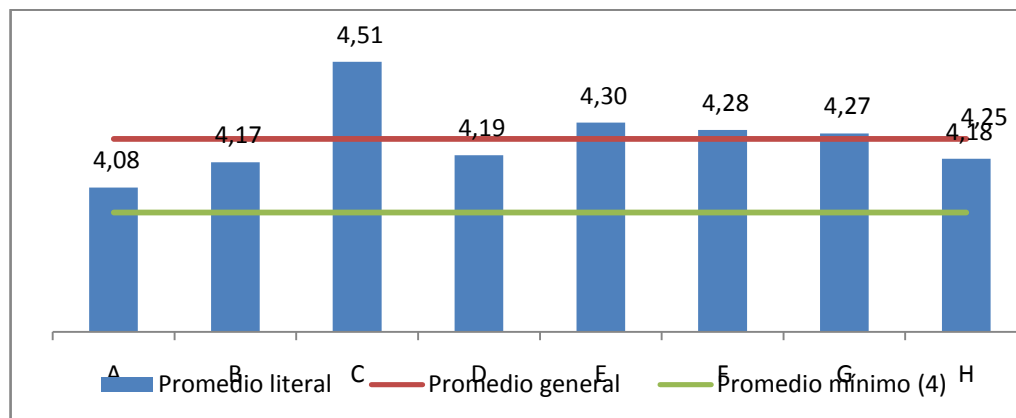


Elaborado por los autores

9. Califique en una escala de 5 a 1 las características de los guantes, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, NA No aplica.

De acuerdo a la forma de calificación de la encuesta las preguntas que obtengan puntajes menores a 4 (bueno) son preguntas de insatisfacción del cliente, en el Gráfico 38 se enseña un resumen de los promedios de cada literal.

Gráfico 38. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 9.

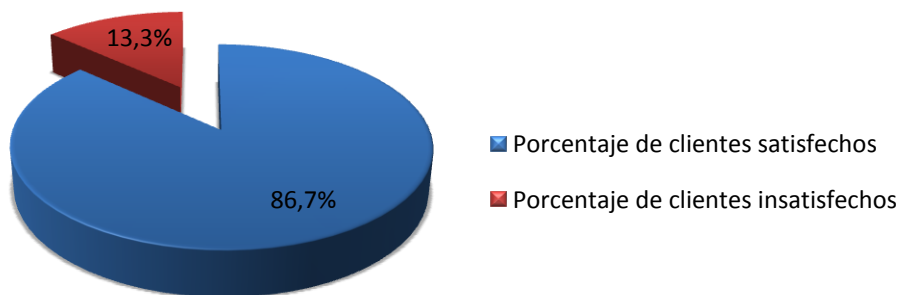


Elaborado por los autores.

Literal A. Resistencia de los hilos.

El 86,7% de los clientes están satisfechos con la resistencia de los hilos. (ver Gráfico 39).

Gráfico 39. Satisfacción del cliente con la resistencia de los hilos.



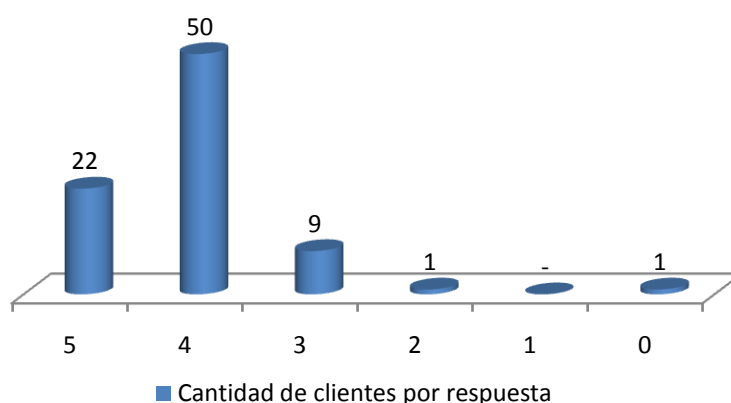
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,08 y una desviación estándar de 0,78 para un coeficiente de variación del 19,2%. De

acuerdo al Gráfico 40, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (72) se encuentran satisfechos laresistencia de los hilos.

Se afirma que entre el 82% y el 92% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con laresistencia de los hilos.

Gráfico 40 Distribución de las respuestas sobre la resistencia de los hilos.

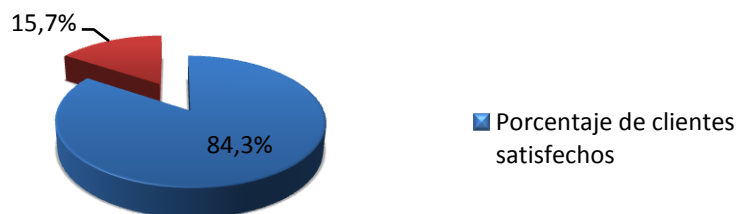


Elaborado por los autores

Literal B.Flexión del guante.

El 84,3% de los clientes están satisfechos con la flexión del guante. (Ver Gráfico 41).

Gráfico 41Satisfacción del cliente con laflexión del guante.



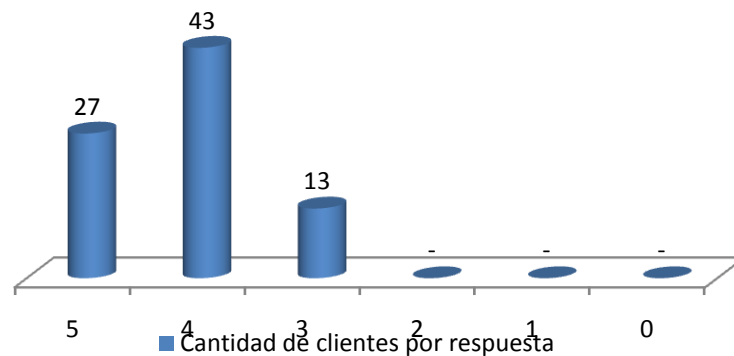
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,17 y una desviación estándar de 0,68 para un coeficiente de variación del 16,3%. De acuerdo al Gráfico 42, las respuestas se ubican principalmente en las

calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (70) se encuentran satisfechos con la flexión del guante.

Se afirma que entre el 79% y el 89% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la flexión del guante.

Gráfico 42. Distribución de las respuestas sobre la flexión del guante.

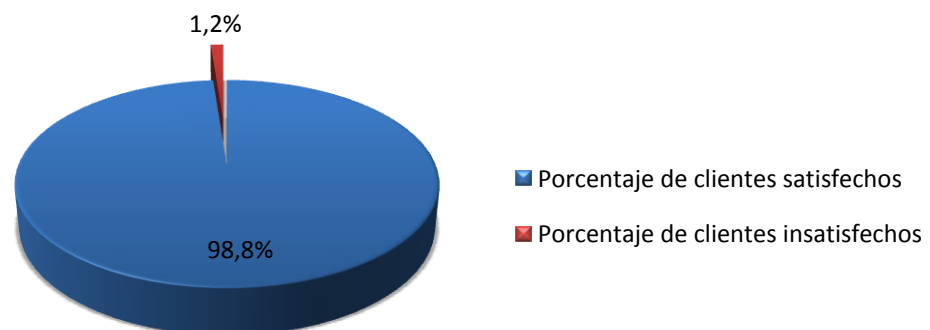


Elaborado por los autores

Literal C. Protección de las manos.

El 98,8% de los clientes están satisfechos con la protección de las manos. (ver Gráfico 43).

Gráfico 43. Satisfacción del cliente con la protección de las manos.

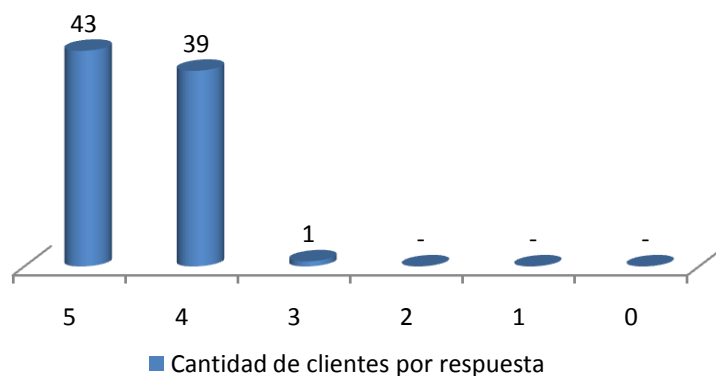


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,51 y una desviación estándar de 0,53 para un coeficiente de variación del 11,7%. De acuerdo al Gráfico 44, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (82) se encuentran satisfechos con laprotección de las manos.

Se afirma que entre el 93% y el 100% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con laprotección de las manos.

Gráfico 44 Distribución de las respuestas sobre la protección de las manos.

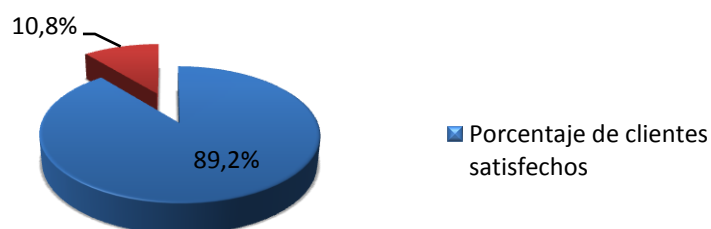


Elaborado por los autores

Literal D.Comodidad en las costuras.

El 89,2% de los clientes están satisfechos con la comodidad en las costuras. (verGráfico 45).

Gráfico 45 Nivel de satisfacción del cliente con la comodidad en las costuras.



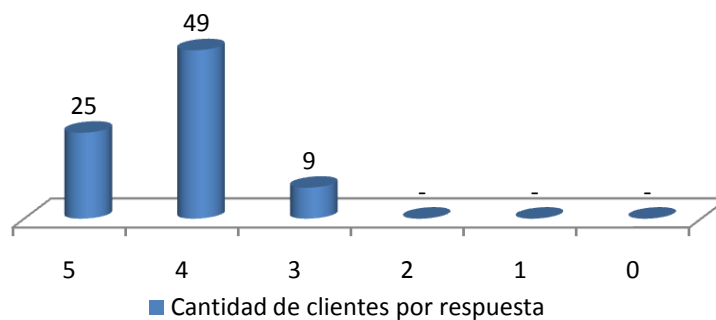
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,19 y una desviación estándar de 0,61 para un coeficiente de variación del 14,6%. De

acuerdo al Gráfico 46, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (74) se encuentran satisfechos con la comodidad en las costuras.

Se afirma que entre el 84% y el 94% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la comodidad en las costuras.

Gráfico 46 Distribución de las respuestas sobre la comodidad en las costuras.

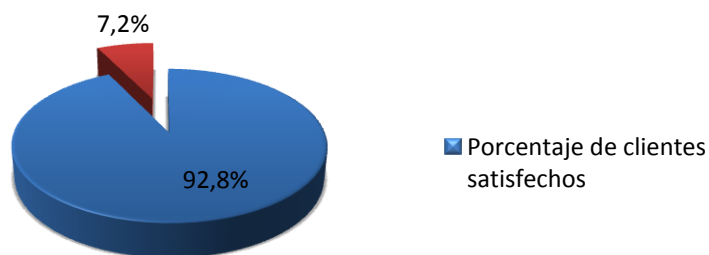


Elaborado por los autores

Literal E. Ajuste del guante a la mano.

El 92,8% de los clientes están satisfechos con el ajuste del guante a la mano. (ver Gráfico 47).

Gráfico 47 Nivel de satisfacción del cliente con el ajuste del guante a la mano.



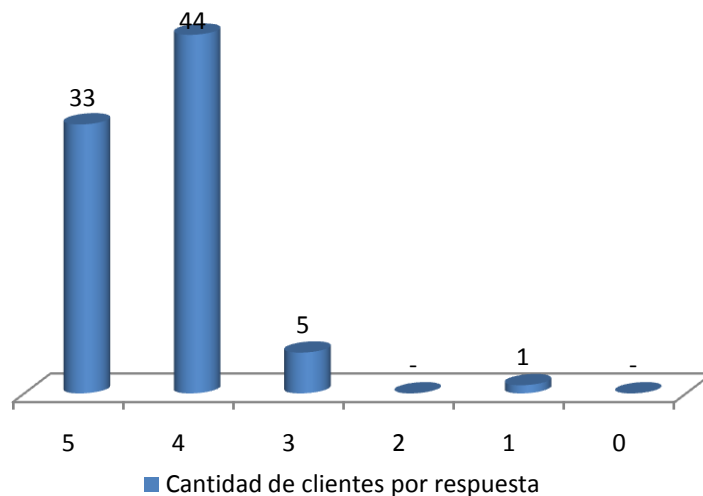
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,30 y una desviación estándar de 0,69 para un coeficiente de variación del 16,1%. De

acuerdo al Gráfico 48, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (77) se encuentran satisfechos con el ajuste del guante a la mano.

Se afirma que entre el 87% y el 97% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con el ajuste del guante a la mano.

Gráfico 48. Distribución de las respuestas sobre el ajuste del guante a la mano.

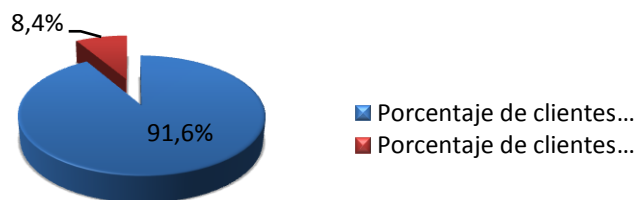


Elaborado por los autores

Literal F. Resistencia al corte.

El 91,6% de los clientes están satisfechos con la resistencia al corte. (ver Gráfico 49).

Gráfico 49. Satisfacción del cliente con la resistencia al corte.



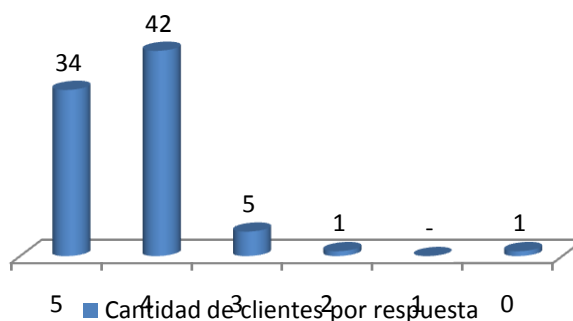
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,28 y una desviación estándar de 0,80 para un coeficiente de variación del 18,7%. De

acuerdo al Gráfico 50, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (76) se encuentran satisfechos con la resistencia al corte.

Se afirma que entre el 87% y el 97% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la resistencia al corte.

Gráfico 50 Distribución de las respuestas sobre la resistencia al corte.

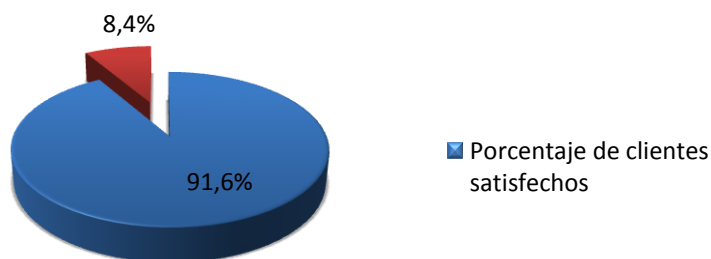


Elaborado por los autores

Literal G. Resistencia a la perforación.

El 91,6% de los clientes están satisfechos con la resistencia a la perforación. (ver Gráfico 51).

Gráfico 51. Satisfacción del cliente con resistencia a la perforación.



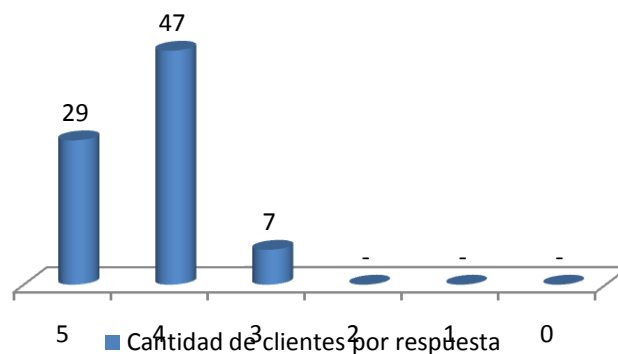
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,27 y una desviación estándar de 0,61 para un coeficiente de variación del 14,2%. De

acuerdo al Gráfico 52, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (76) se encuentran satisfechos con la resistencia a la perforación.

Se afirma que entre el 87% y el 97% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la resistencia a la perforación.

Gráfico 52. Distribución de las respuestas sobre la resistencia a la perforación.

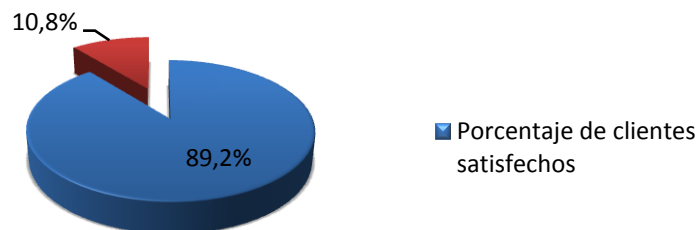


Elaborado por los autores

Literal G. Resistencia al rasgado.

El 89,2% de los clientes están satisfechos con la resistencia al rasgado. (ver Gráfico 53).

Gráfico 53 Nivel de satisfacción del cliente con resistencia a la perforación.



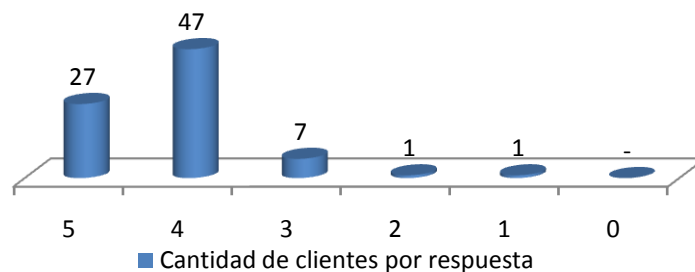
Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,18 y una desviación estándar de 0,73 para un coeficiente de variación del 17,6%. De

acuerdo al Gráfico 54, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4, excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes de la muestra (74) se encuentran satisfechos con la resistencia al rasgado.

Se afirma que entre el 84% y el 94% de los clientes de la muestra se encuentran satisfechos con la resistencia al rasgado.

Gráfico 54 Distribución de las respuestas sobre la resistencia a la perforación.



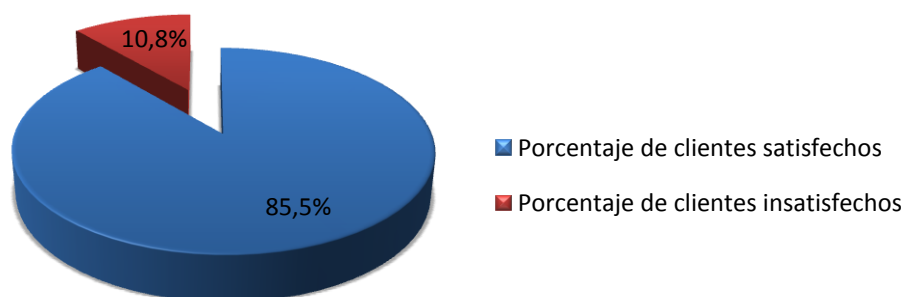
Elaborado por los autores

10. ¿Cómo percibe el precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia?

En esta pregunta al cliente se le brindan tres opciones de respuesta, donde se define que está satisfecho cuando selecciona las respuestas económicos y relación precio/calidad satisfactoria y define un cliente insatisfecho cuando este le da una respuesta al ítem de alto.

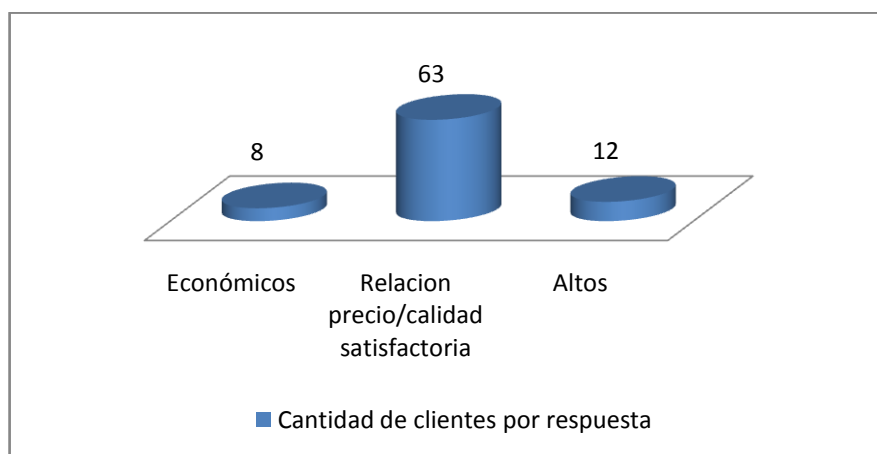
El nivel de satisfacción del cliente para este literal es del 85,5% (Ver Gráfico 55), soportado por las selecciones de los 71 clientes (Ver Gráfico 56).

Gráfico 55. Satisfacción del cliente con la percepción del precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia.



Elaborado por los autores.

Gráfico 56. Distribución de las respuestas sobre la percepción el precio de los guantes de la empresa con respecto a los de la competencia.

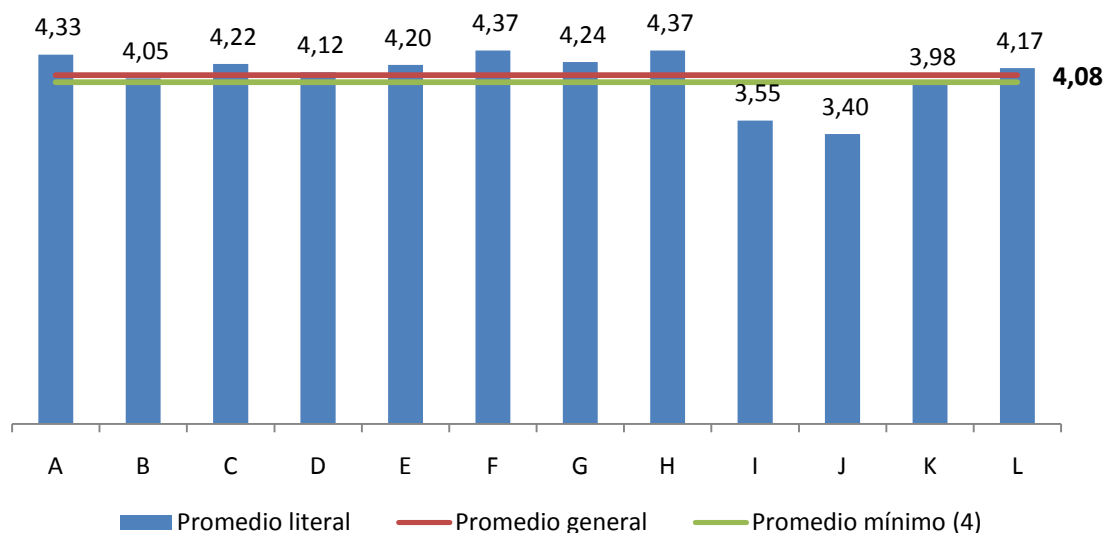


Elaborado por los autores

11. Con base en los pedidos que normalmente usted realiza califique de 5 a 1 las características de la empresa y los productos, siendo 5 excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 insuficiente, 1 deficiente, N/A No aplica.

De acuerdo a la forma de calificación de la encuesta las preguntas que obtengan puntajes menores a 4 (bueno) son preguntas de insatisfacción del cliente, en el Gráfico 57 se enseña un resumen de los promedios de cada literal.

Gráfico 57. Promedios obtenidos en las características de valor evaluadas en la pregunta 11.

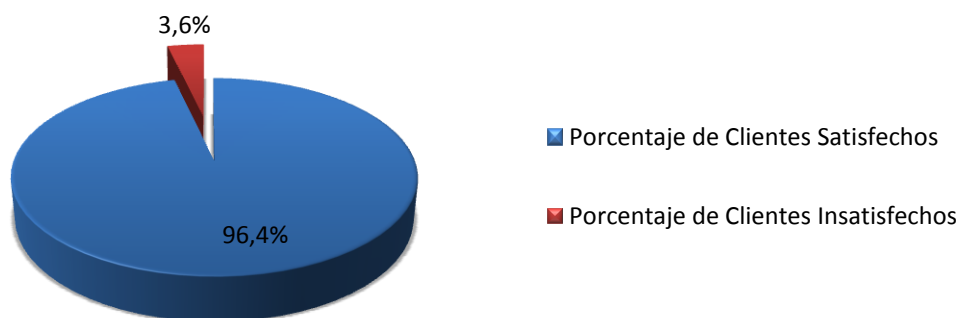


Elaborado por los autores.

Literal A. Presentación de los guantes.

El 96,4% de los clientes están satisfechos con la presentación de los guantes (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Gráfico 58 .Satisfacción con la presentacion de los guantes.

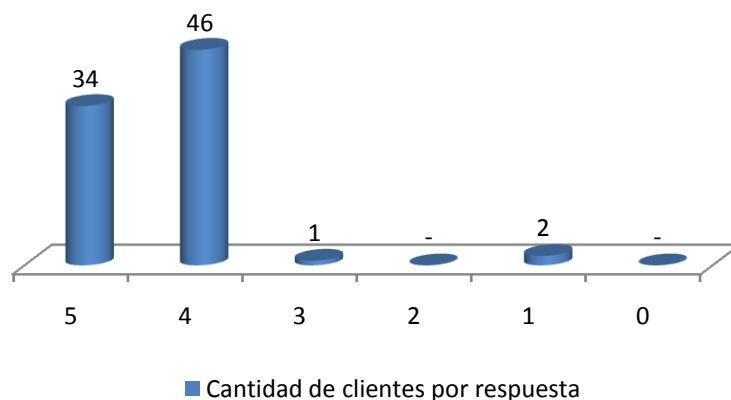


Elaborado por los autores.

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,33 y una desviación estándar de 0,73 para un coeficiente de variación del 17%. De acuerdo al Gráfico 59, las respuestas se ubican principalmente en las calificaciones 5 y 4,

excelente y bueno respectivamente, se concluye que la mayoría de los clientes (80) se encuentran satisfechos con la presentación de los guantes y se afirma que entre el 91,4% y el 100% de los clientes de la población se encuentran satisfechos.

Gráfico 59. Distribución de las respuestas sobre la satisfacción de la presentación de los guantes.

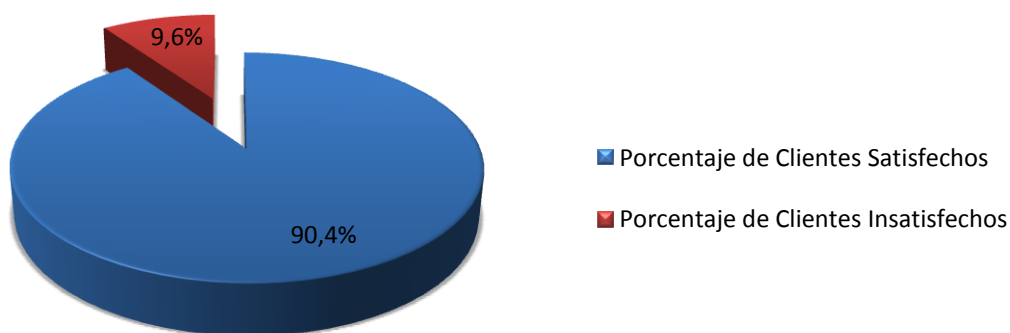


Elaborado por los autores

Literal B. Empaque de los guantes.

El 90,4% de los clientes están satisfechos con el empaque de los guantes (ver Gráfico 60).

Gráfico 60. Satisfacción con el empaque de los guantes.

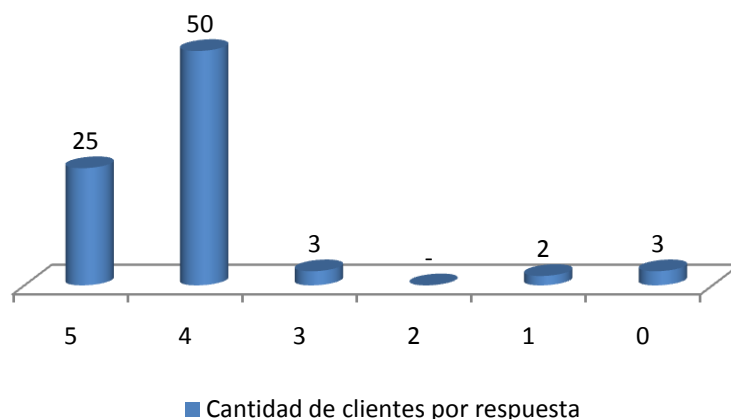


Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,22 y una desviación estándar de 1,07 para un coeficiente de variación del 26,4%. El empaque de los guantes de Guantes Occidental S.A.S. consiste en amarrar con una cuerda una docena de pares de guantes, la mayoría de los clientes ven esto como satisfactorio (75 clientes ver Gráfico 61).

Por último, se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 85,4% y el 95,4% con el empaque de los guantes.

Gráfico 61 Distribución de las respuestas sobre el empaque de los guantes.



Elaborado por los autores.

Literal C. Facilidad de manejo de los guantes embalados.

El 95,2% de los clientes están satisfechos con la facilidad de manejo de los guantes embalados (ver Gráfico 62).

Gráfico 62. Satisfacción con la facilidad de manejo de los guantes embalados



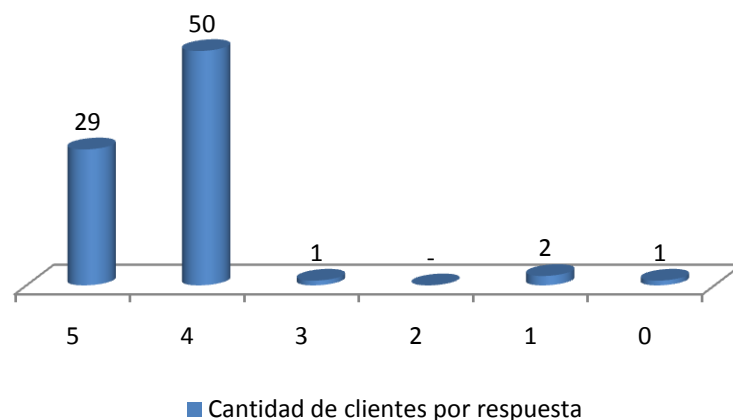
Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,22 y una desviación estándar de 0,86 para un coeficiente de variación del 20,3%. Los

guantes de la empresa son embalados en bultos de aproximadamente 25Kg, que de acuerdo a normas de ergonomía es el peso máximo que debe levantar una persona, con base en esto las personas encargadas de manejar los productos embalados pueden darles el manejo necesario sin afectar su ergonomía. La mayoría de los clientes están satisfechos con esta forma de embalaje (79 clientes, ver Gráfico 63).

Por último se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 90,2% y el 100% con el manejo de los guantes embalados.

Gráfico 63. Distribución de las respuestas sobre la facilidad de manejo de los guantes embalados.

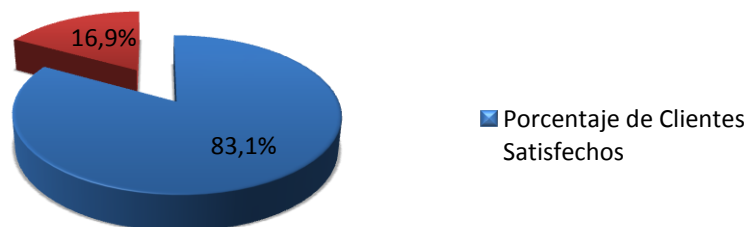


Elaborado por los autores.

Literal D. Los tiempos de entrega establecidos.

El 83,1% de los clientes están satisfechos con los tiempos de entrega establecidos (ver Gráfico 64).

Gráfico 64. Satisfacción con los tiempos de entrega establecidos.

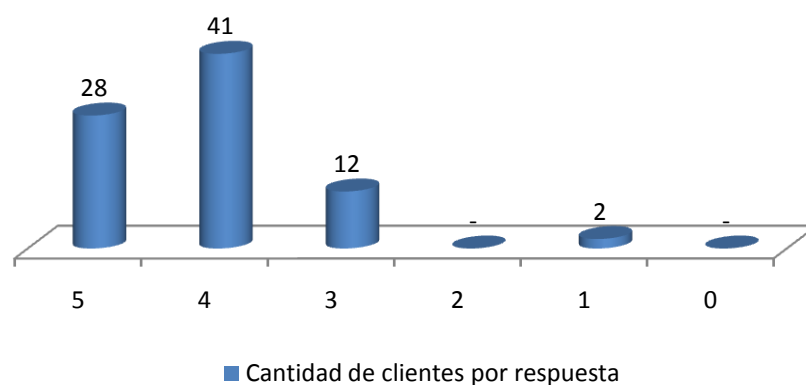


Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,12 y una desviación estándar de 0,83 para un coeficiente de variación del 20,2%. 69 Clientes se encuentran satisfechos con los tiempos de entrega que ha establecido la empresa.

Por último se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 78,1% y el 88,1% con el manejo de los guantes embalados.

Gráfico 65. Distribucion de las respuestas sobre los tiempos de entrega establecidos.

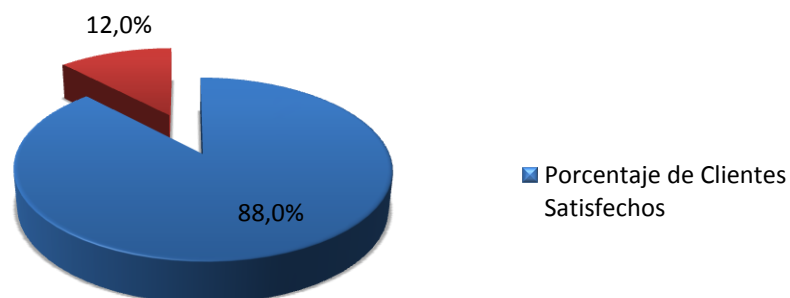


Elaborado por los autores.

Literal E. Cumplimientos con las fechas de entrega.

El 88,0% de los clientes están satisfechos con el cumplimiento con las fechas de entrega (ver Gráfico 66).

Gráfico 66. Satisfacción con el cumplimiento con las fechas de entrega

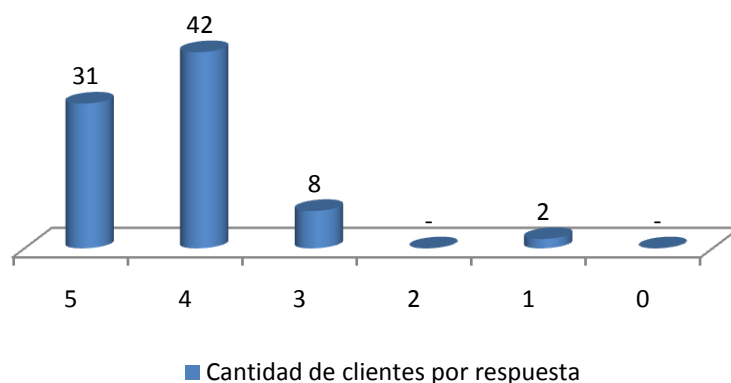


Elaborado por los autores

Esta es una característica de valor importante para la empresa ya que dentro de sus políticas una de las principales es el cumplimiento. Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,20 y una desviación estándar de 0,81 para un coeficiente de variación del 19,2%.

Por último se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 83%,1% y el 93% con el cumplimiento con las fechas de entrega.

Gráfico 67 Distribucion de las respuestas sobre el cumplimiento con las fechas de entrega.

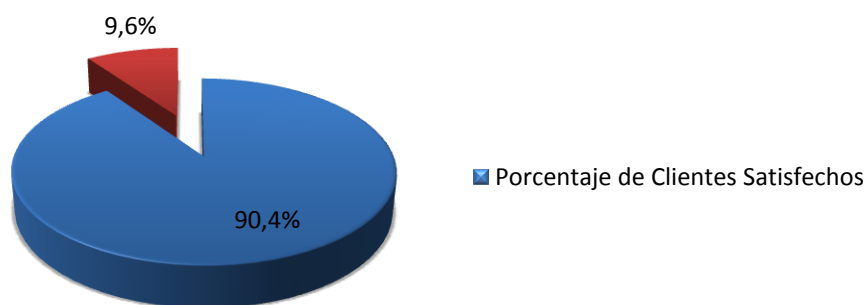


Elaborado por los autores.

Literal F. Cumplimientos con las cantidades solicitadas.

El 90,4% de los clientes están satisfechos con el cumplimiento con las cantidades solicitadas (ver Gráfico 68).

Gráfico 68. Satisfacción con el cumplimiento con las cantidades solicitadas.

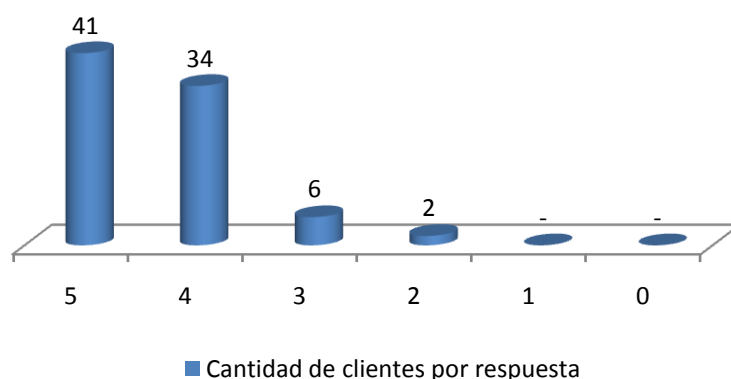


Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,37 y una desviación estándar de 0,73 para un coeficiente de variación del 16,6%.

Por último, se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 85,4%,1% y el 95,4% con el cumplimiento con las fechas de entrega.

Gráfico 69 Distribucion de las respuestas sobre el cumplimiento con las fechas de entrega.

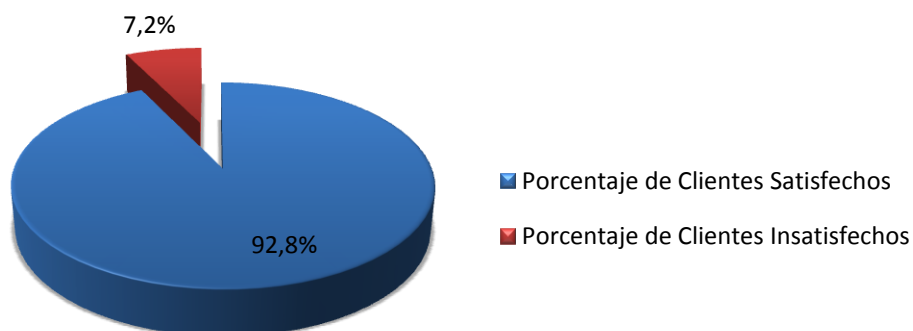


Elaborado por los autores.

Literal G.Atención del personal en la entrega del producto.

El 92,8% de los clientes están satisfechos con la atención del personal en la entrega del producto (ver Gráfico 70).

Gráfico 70. Satisfacción con la atención del personal en la entrega del producto.

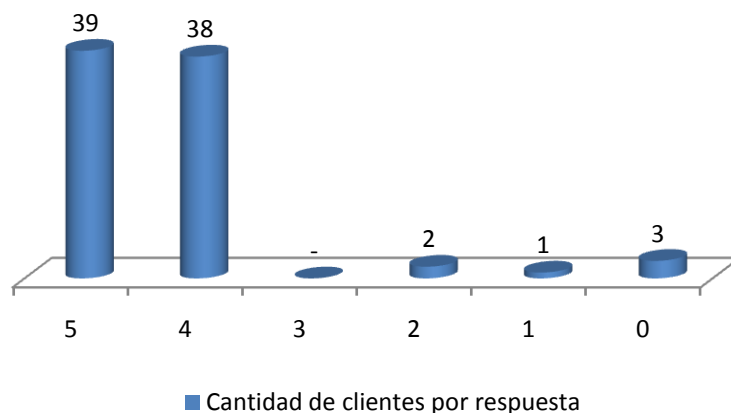


Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,24 y una desviación estándar de 1,10 para un coeficiente de variación del 25,9%. Se define que en la mayoría de las ocasiones el personal que entrega el producto, sea con una transportadora o propio) da un buen servicio.

Por último, se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 87,8% y el 97,8% con la atención del personal en la entrega del producto.

Gráfico 71. Distribucion de las respuestas sobre la atencion de personal en la entrega del producto

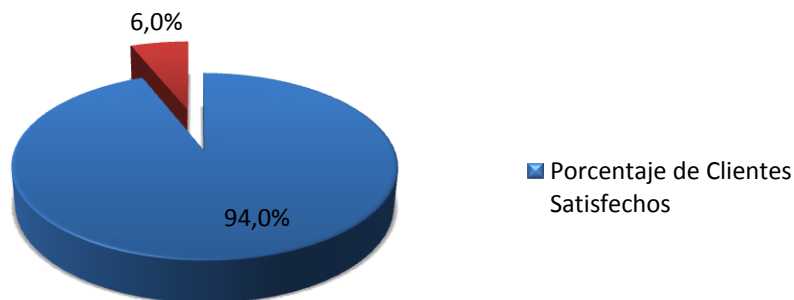


Elaborado por los autores.

Literal H.Cumplimiento con el tipo de guante que se ha pedido.

El 94% de los clientes están satisfechos con la atención del personal en la entrega del producto (ver Gráfico 72).

Gráfico 72. Satisfacción con el cumplimiento con el tipo de guante que se ha pedido

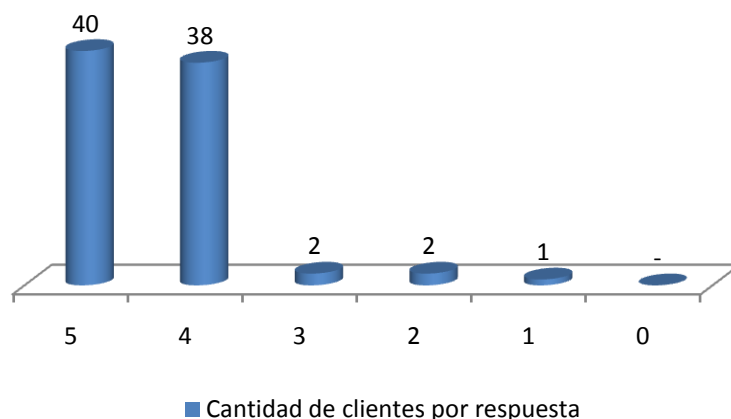


Elaborado por los autores

Esta característica de valor está relacionado con el cumplimiento de las cantidades solicitadas, obtiene una calificación promedio de 4,37 y una desviación estándar de 0,76 para un coeficiente de variación del 17,4%. En esta característica la mayoría de los clientes se encuentran satisfechos, es decir que la empresa falla poco a la hora de seleccionar los productos que el cliente ha solicitado.

Por último, se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 89,0% y el 99,0% con el cumplimiento del tipo de guante que se ha pedido.

Gráfico 73. Distribucion de las respuestas sobre el cumplimiento con el tipo de guante que se ha pedido.

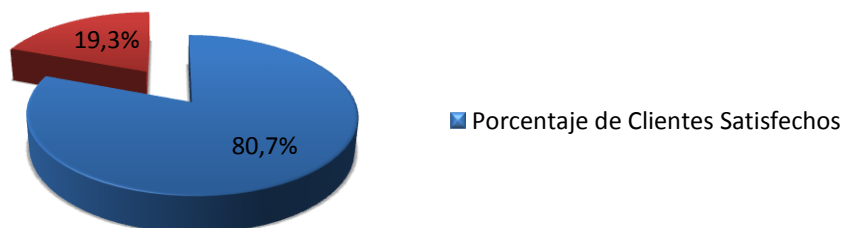


Elaborado por los autores.

Literal I.El seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto.

El 90,7% de los clientes están satisfechos con el seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto (ver Gráfico 74).

Gráfico 74. Satisfacción con el seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto.

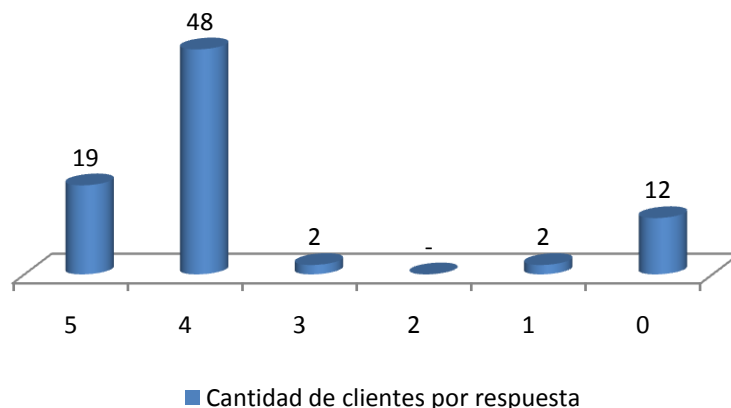


Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 3,55 y una desviación estándar de 1,62 para un coeficiente de variación del 45,5%.

Por último, se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 75,7% y el 85,7% con el cumplimiento del tipo de guante que se ha pedido.

Gráfico 75. Distribucion de las respuestas sobre el seguimiento desde la compra hasta la entrega del producto

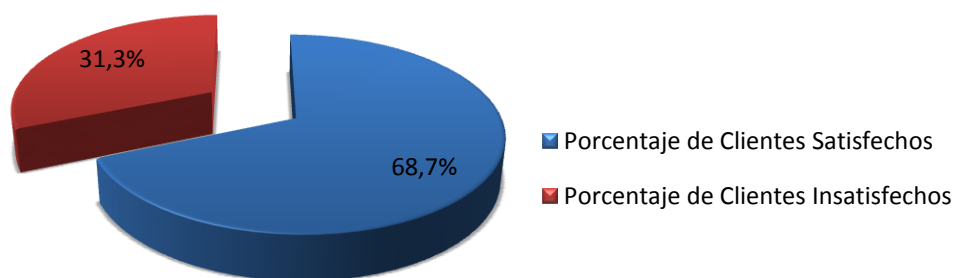


Elaborado por los autores.

Literal J.Servicio postventa.

Solo el 68,7% de los clientes están satisfechos con servicio postventa (ver Gráfico 76).

Gráfico 76. Satisfacción con el servicio postventa.

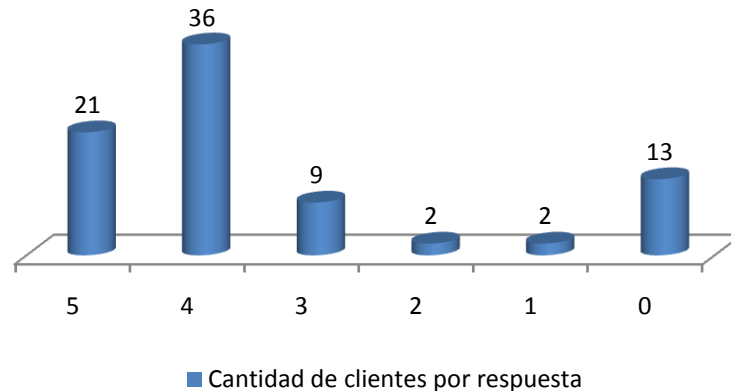


Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 3,40 y una desviación estándar de 1,69 para un coeficiente de variación del 49,7%.

Por último, se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 63,7% y el 73,7% con el cumplimiento del tipo de guante que se ha pedido.

Gráfico 77. Distribucion de las respuestas sobre el servicio postventa.

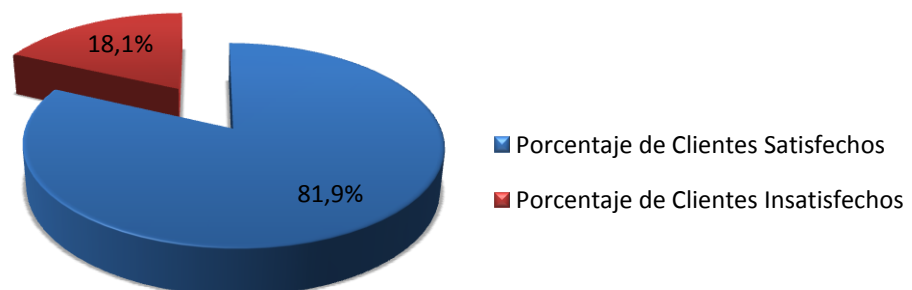


Elaborado por los autores.

Literal K.Capacidad de respuesta ante urgencias

El 81,9% de los clientes están satisfechos con servicio postventa (ver Gráfico 78).

Gráfico 78. Satisfacción con la capacidad de respuesta ante urgencias.

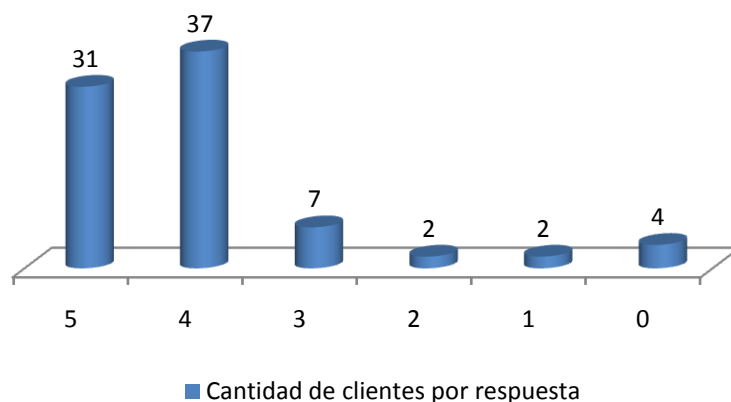


Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 3,98 y una desviación estándar de 1,25 para un coeficiente de variación del 31,4%.

Por último, se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 76,9% y el 86,9% con la capacidad de respuesta ante urgencias de la empresa.

Gráfico 79. Distribucion sobre la capacidad de respuesta ante urgencias.

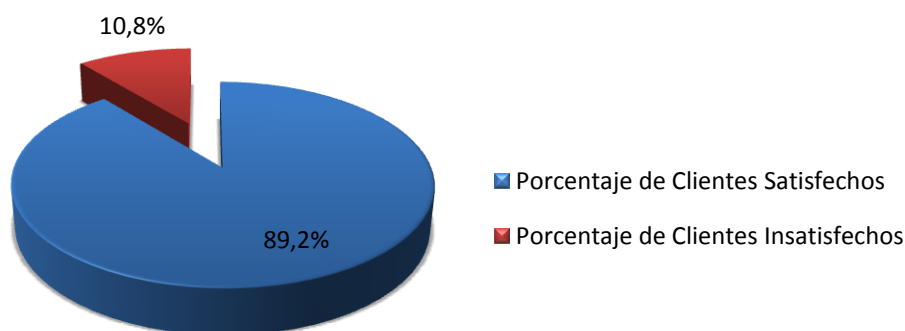


Elaborado por los autores.

Literal L.Modalidades de pago.

El 89,2% de los clientes están satisfechos con las modalidades de pago de la empresa (ver Gráfico 80).

Gráfico 80. Satisfacción sobre las modalidades de pago.

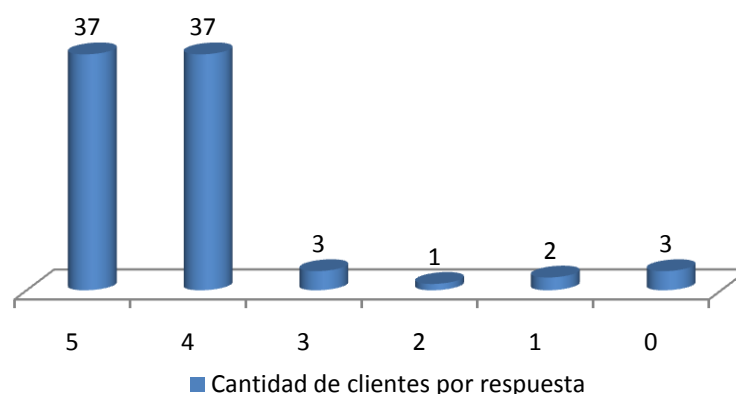


Elaborado por los autores

Esta característica de valor obtiene una calificación promedio de 4,17 y una desviación estándar de 1,15 para un coeficiente de variación del 27,5%. Del total de clientes encuestados 74 de ellos ven como satisfactorias las modalidades de pago con las que cuenta la empresa, esto dado a que la empresa cuenta con créditos que normalmente se manejan en el mercado de 30, 60 y 90 días.

Por último, se obtiene un intervalo de satisfacción de la población de entre 84,2% y el 84,2% con modalidades de pago de la empresa.

Gráfico 81. Distribucion sobre las modalidades de pago.



Elaborado por los autores.

12. ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes?

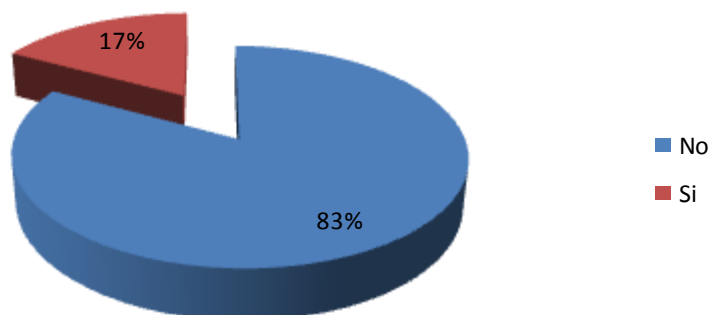
En este literal se definen como satisfechos las unidades muestrales respondan No, esto se traduce en que los usuarios del guante sienten que el producto ha llenado las expectativas.

Partiendo de lo enunciado, se define un nivel de satisfacción del cliente ubicado en un 83%(ver Gráfico 82), representado por una cantidad de 68 clientes de la muestra (ver Tabla 9).

Tabla 9 ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes?

Opción	Cantidad de clientes	Participación de los clientes en las diferentes opciones.
No	68	82,93%
Si	14	17,07%
Total general	82	100,00%
Elaborado por los autores		

Gráfico 82 ¿Existe alguna insatisfacción por parte de los usuarios de los guantes?



Elaborado por los autores

13. En caso de responder Si a la pregunta anterior (12), responda a continuación ¿En qué aspectos dicen los usuarios que presentan insatisfacción?

Las respuestas de los clientes en esta pregunta se enfocaron principalmente al desgaste, la duración, la flexión, la talla de los guantes, las costuras descocidas y la resistencia por otra parte un cliente aseguro que hace falta asesoría para la selección de sus productos.

14. ¿Qué sugerencias tiene para mejorar nuestros productos y servicios?

Dentro de las sugerencias que los clientes tienen para la empresa y lo productos se destaca que tienen una calidad excelente, tener asesores que visiten los clientes a nivel regional y nacional y que puedan analizar mejora las necesidades del cliente y realizar un mejor servicio, mejorar los precios de los productos ya que muchos que son comercializadores argumentan que hay empresas que venden a menores precios que guantes occidental sin ser productores, analizar la viabilidad de realizar nuevos productos que cumplan mejor con las necesidades, los guantes les gustan mucho a los usuarios finales, mejorar las condiciones crédito y pago, mejorar la atención en la toma de pedidos, mejorar los tiempos de entrega y manejar stocks de inventario para los clientes.

ANEXO J. FORMULAS UTILIZADAS EN PROMODEL

Función.	Definición.	Modo de uso
Inc	Incrementa en 1 o en la cantidad determinada el valor de una variable.	Esta función es utilizada para contabilizar y medir los recursos y producción realizada en cada proceso.
Join	Ensambla entidades de cierto tipo a la entidad actual.	Se utiliza para ensamblar la cantidad de materia prima requerida por un guante, con la entidad que representa al guante terminado. Sirve para demostrar el consumo del cuero que llega a las instalaciones.
Group	El propósito es realizar una unión temporal de entidades de un mismo tipo. Las entidades agrupadas se mantienen en ese estado hasta que encuentran una instrucción UNGROUP.	Es aplicada para poder unir todos los guantes producidos interna y externamente, con el fin de realizar el despacho hacia el cliente.
Contents	Devuelve el número total de entidades en una locación o el número de un determinado tipo de entidad en una locación.	Se aplica esta función para identificar las cantidades existentes de materia prima, y alimentar las variables que miden el comportamiento de las etapas de producción.
Clock	Devuelve el valor del tiempo transcurrido en la simulación en las unidades especificadas. (HR, MIN, SEC, DAY, WK).	La función se aplica para determinar los tiempos que tarda el producto en cada una de las etapas de fabricación. Se obtienen estos valores restando el tiempo en que la unidad sale del proceso, con el tiempo que la unidad entra al proceso.
Wait	Simula el tiempo que toma procesar una entidad.	Es usada para representar el tiempo de procesamiento de las partes del guante, en cada estación de trabajo. Esta función se aplicó con el complemento de las funciones de distribución.
Dec	Disminuye el valor de una variable o atributo por el valor de una expresión numérica especificada.	Esta función es utilizada para contabilizar y medir los recursos y producción realizada en cada proceso.
Move with	Esta declaración se utiliza para mover una entidad con un recurso designado como una persona o un montacargas.	Se utiliza esta función para que los patinadores (recursos) distribuyan los guantes (entidades), entre las cada una de las etapas de producción.

Función.	Definición.	Modo de uso
Get	Captura de un número específico de los recursos a medida que estén disponibles.	Esta función se utiliza en el momento en que los patinadores contabilizan y revisan el material a transportar.
Send	Envía el número especificado de un tipo particular de entidad en el destino.	Esta entidad se utiliza en la simulación, para enviar a una localización llamada cliente, la producción que interna que se realiza a diario.
If - else	Ejecuta un bloque de instrucciones o la declaración si la expresión booleana es verdadera. Si una instrucción ELSE está incluida y la expresión booleana es falsa, una declaración alternativa o bloque de instrucciones se ejecuta.	Este condicional se emplea en la simulación para aplicación de los pitch, y la idea es agrupar las unidades con base a lote determinado.
Sub routine	Son empleadas para realizar ciclos en la simulación.	En la simulación se utiliza para representar el ciclo de revisar a diario cuál debe ser la cantidad que se debe fabricar (interna-externa) para cumplir con la demanda mensual del cliente.
Elaborado por los autores.		

ANEXO K. FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

FORMATO DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN				
INSPECTOR:		FECHA: / /		
PROCESO:				
Nº de orden:		Material:		
Operario:				
Despliegue de subactividades:	Cant.	T. reloj inicio:	T. reloj fin:	T. de ciclo
Observaciones:				

Elaborado por Los autores.