



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA
E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS
DE AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

“MODELO DE DECISIÓN MULTICRITERIO PARA EL CONTROL DE FALLAS DE PRODUCTOS TERMINADOS EN LA EMPRESA BLESSING FACTORY.”

Proyecto de Trabajo de Graduación Modalidad: TEMI Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

Sublínea de Investigación: Sistema de gestión de la calidad.

AUTOR: Naranjo Chiriboga Israel Ernesto

PROFESOR REVISOR: Ing. John Reyes Vásquez, M.Sc.

Ambato – Ecuador

Agosto – 2014

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “Modelo de decisión multicriterio para el control de fallas de productos terminados en la empresa Blessing Factory”, del señor Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Agosto, 2014

El Tutor

Ing. John Reyes Vásquez, M.Sc.

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: “Modelo de decisión multicriterio para el control de fallas de productos terminados en la empresa Blessing Factory”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Agosto, 2014

Israel Ernesto Naranjo Chiriboga

CC: 180264261-9

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. César Rosero Mg. e Ing. Santiago Aldás Mg., revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “Modelo de decisión multicriterio para el control de fallas de productos terminados en la empresa Blessing Factory”, presentado por el señor Israel Ernesto Naranjo Chiriboga de la Carrera Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Vicente Morales L., Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. César Rosero Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Santiago Aldás Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Al Rey de los siglos, inmortal, invisible, al único y sabio Dios, sea honor y gloria por los siglos de los siglos. Amén.

1 Tim. 1: 17

A mis padres: Miguel y Sarita por sembrar la palabra de Dios en mi vida y guiarme con los valores correctos durante toda mi carrera. A mi hermana Andreita por su fortaleza, afecto y apoyo incondicional. A mi hermano Josué porque su sonrisa alegra y alienta mi corazón. ¡¡Los amo!!

Israel

AGRADECIMIENTOS

A Dios sobre todas las cosas por ser el motor de mi vida, mi fuerza, mi escudo, mi fortaleza... Mi amor.

A mis padres y hermanos por sus oraciones diarias y apoyo durante mi vida estudiantil. A mis abuelitos Guido y Aurelita por sus consejos sabios y siempre oportunos.

Al personal docente de la facultad por impartir sus conocimientos durante toda la carrera universitaria.

Al Ing. John Reyes por instruirme a lo largo del proyecto de investigación.

A la empresa Blessing Factory por abrirme las puertas y brindarme la información necesaria para cumplir con el proyecto.

A Shary que con su cariño y afecto me acompañó durante toda mi carrera universitaria. Gracias.

A toda mi familia y personas que siempre me desean lo mejor.

Israel

PÁGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
PÁGINAS PRELIMINARES	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1 TEMA	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	2
1.3.1 De Contenido	2
1.3.2 Espacial	2
1.3.3 Temporal	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Específicos	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.2.1 Introducción a la toma de decisiones	6
2.2.2 Estructura de un proceso de decisión	7
2.2.3 Modelo de decisión multicriterio	8
2.2.4 Técnicas en la ayuda de la toma de decisiones	9
Ponderación Lineal o Scoring	9
Utilidad Multiatributo (MAUT).....	10
Proceso Analítico Jerárquico	10
Relaciones de Sobreclasificación.....	10
Electre	10
2.2.5 Calidad	11
2.2.6 Definiciones de Calidad	11
2.2.7 Administración de la Calidad Total	12
2.2.8 Características de Calidad.....	12
2.2.9 Variabilidad del proceso	13
2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	14
CAPÍTULO III.....	15
METODOLOGÍA	15
3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	15
3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	15
3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	16
3.4 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	16
CAPÍTULO IV	17
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	17
4.1 EMPRESA DE CONFECCIONES “BLESSING FACTORY”	17
4.1.1 La empresa	17
4.1.2 Productos ofertados.....	17
4.1.3 Análisis del proceso	19
Organización de información.....	20
4.1.4 Fallas existentes en productos terminados.....	26
Entrevista	26
Análisis de entrevista	28

Organización de información.....	29
Acciones tomadas en fallas	39
4.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA PROPUESTA.....	40
4.2.1 Six Sigma.....	40
A. Metodología Six Sigma DMAIC	40
B. Metodología Six Sigma DFSS	42
4.2.2 Proceso Analítico Jerárquico	44
A. Construcción de jerarquías.....	44
B. Establecimiento de prioridades	46
C. Determinación de la consistencia lógica.....	48
4.2.3 Software Expert Choice	49
A. Funcionamiento.....	49
B. Aplicaciones.....	49
4.3 MODELO OPERATIVO.....	50
4.3.1 Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico en la investigación.....	50
A. Construcción de Jerarquías del Modelo	50
B. Establecimiento de prioridades del modelo	53
Prioridades criterios	53
Prioridades subcriterios.....	59
Prioridades alternativas	67
Determinación de la mejor alternativa	85
4.3.2 Manual para Implementar la Metodología Six Sigma DMAIC en la Empresa Blessing Factory	90
Introducción	89
Objetivo del manual.....	89
Alcance del manual.....	89
Responsables.....	89
Sección 1. Términos y definiciones	90
Sección 2. Herramientas de control	92
2.1 Hojas de verificación.....	92
2.2 Cálculo de Niveles Sigma	97
2.3 Diagramas de Pareto	99

2.4 Diagramas de Ishikawa	101
2.5 Cartas de control por atributos	105
Sección 3. Proyecto Six Sigma	108
3.1 Definir el Proyecto (D).....	108
3.2 Medir la situación actual (M).....	108
3.3 Analizar las causas raíz (A).....	108
3.4 Mejorar (M).....	108
3.5 Controlar (C)	108
CAPÍTULO V	111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
5.1 CONCLUSIONES	111
5.2 RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	114
ANEXOS.....	119
ANEXO 1. Ficha de observación del proceso de producción.	119
ANEXO 2. Entrevista a gerente de Blessing Factory.....	120
ANEXO 3. Ficha de observación fallas.	123
ANEXO 4. Ficha de observación número de fallas por prenda.	124
ANEXO 5. Empleo del Software Expert Choice en la Solución del Modelo.	125
ANEXO 6. Cálculos manuales prioridades de los subcriterios de cada criterio. .	133
ANEXO 7. Cálculos manuales de prioridades de las alternativas al compararlas con los subcriterios.....	136
ANEXO 8. Costos capacitaciones y recursos empleados proyectos Six Sigma. ..	141
ANEXO 9. Tabla de conversión de capacidad del proceso en Sigmas.	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Chompas Masculinas.....	18
Tabla 2 Chompas Femeninas.....	18
Tabla 3 Cursograma analítico basado en el material. Confección chompa CH003.	24
Tabla 4 Máquinas Existentes.....	28
Tabla 5 Fallas presentes en productos terminados.....	30
Tabla 6 Fallas presentes en lote de producción. Modelo CH003	33
Tabla 7 Fallas presentes por producto. Modelo CH003	36
Tabla 8 Escala fundamental de comparación propuesta por Saaty.....	47
Tabla 9 Índice de consistencia aleatoria	49
Tabla 10 Criterios y subcriterios del problema.....	51
Tabla 11 Matriz comparaciones pareadas. Criterios.....	53
Tabla 12 Costo de recursos básicos en investigación. Área Calidad.....	55
Tabla 13 Costo herramientas básicas control Calidad.....	56
Tabla 14 Capacitaciones impacto empresarial.....	56
Tabla 15 Matriz normalizada. Criterios.....	57
Tabla 16 Matriz prioridades. Criterios.....	58
Tabla 17 Cálculo λ_{max} Criterios.....	59
Tabla 18 Costo al aplicar un proyecto básico de Calidad.....	65
Tabla 19 Costo al implementar un proyecto básico de Calidad.....	66
Tabla 20 Resumen prioridades criterios y subcriterios.....	67
Tabla 21 Costos capacitaciones Green Belt Six Sigma DMAIC.....	79
Tabla 22 Costos libros sobre Six Sigma DMAIC.....	79
Tabla 23 Costos capacitaciones Green Belt Six Sigma DFSS.....	79
Tabla 24 Costos libros sobre Six Sigma DFSS.....	79
Tabla 25 Costo estimado de aplicación de un proyecto básico Six Sigma DMAIC.	81
Tabla 26 Costo estimado de aplicación de un proyecto básico Six Sigma DFSS.	82
Tabla 27 Costo estimado de implementación de proyectos Six Sigma DMAIC.....	84
Tabla 28 Costo de implementación de proyectos Six Sigma DFSS.....	85
Tabla 29 Prioridad total alternativas.....	86
Tabla 30 Prioridad total alternativas.....	86
Tabla 31 Inconsistencias del modelo de decisión.....	88

Tabla 32 Ficha de observación de fallas.....	94
Tabla 33 Ficha de observación de fallas por producto.	95
Tabla 34 Niveles de Calidad Sigma.....	97
Tabla 35 Cálculo nivel Sigma proceso Blessing Factory.	98
Tabla 36 Fallas presentes en lote de producción. Modelo CH001.	100
Tabla 37 Cantidad de defectos por chompa. Modelo CH001.....	106
Tabla 38 Elementos del marco de un proyecto Six Sigma.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Proceso de Solución de Problemas.....	7
Fig. 2 Estructuración del Problema.....	8
Fig. 3 Análisis del Problema.....	8
Fig. 4 Alcance de la Administración de la Calidad Total.....	1
Fig. 5 Cursograma sinóptico confección chompa CH003.	23
Fig. 6 Pareto de fallas en modelo CH003.	34
Fig. 7 Ishikawa en modelo CH003.	35
Fig. 8 Carta de control para defectos en chompas CH003.....	38
Fig. 9 Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el AHP	45
Fig. 10 Modelo jerárquico selección metodología para control de fallas	52
Fig. 11 Matriz de comparaciones de subcriterios respecto a Metodología.....	60
Fig. 12 Prioridades relativas de criterios y subcriterios.....	60
Fig. 13 Matriz de comparaciones de subcriterios respecto a Herramientas de Control..	61
Fig. 14 Matriz de comparaciones de subcriterios respecto a Proceso Control.	62
Fig. 15 Matriz de comparaciones de subcriterios respecto a Impacto Empresarial.....	63
Fig. 16 Matriz de Comparaciones de Subcriterios Respecto a Costos.	64
Fig. 18 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Funcionalidad.	68
Fig. 18 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Fundamentos.....	67
Fig. 19 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Eficiencia.	69
Fig. 20 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Cuantitativas.	70
Fig. 21 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Cualitativas.	70
Fig. 22 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Preparación empresarial.	71
Fig. 23 Entrenamiento personal Black Belt en Six Sigma DMAIC	72
Fig. 24 Entrenamiento Personal Green Belt en Six Sigma DFSS	73
Fig. 25 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Aplicación Método.	74
Fig. 26 Planificación de un proyecto DMAIC típico.....	74
Fig. 27 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Satisfacción Empresarial.	75
Fig. 28 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Satisfacción Cliente.	76
Fig. 29 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Beneficios Empresariales.	76
Fig. 30 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Investigación.....	77
Fig. 31 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Aplicación.....	79

Fig. 32 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Implementación.	82
Fig. 33 Alternativa más factible.	84
Fig. 34 Prioridades del Modelo Jerárquico.	85
Fig. 35 Sensibilidad del modelo de decisión.	87
Fig. 36 Análisis de sensibilidad.	88
Fig. 37 Diagrama de Pareto para modelo CH001.	98
Fig. 38 Diagrama de Ishikawa para modelo CH001.	102
Fig. 39 Gráfica de control defectos en chompa CH001.	104
Fig. 40 Cronograma de actividades para proyecto Six Sigma DMAIC.	106
Fig. 41 Herramienta de los Cinco Por Qué para fallas en productos terminados.	109
Fig. a Introducción del objetivo del modelo.	129
Fig. b Descripción del objetivo del modelo.	129
Fig. c Introducción alternativas.	130
Fig. d Modelo de decisión completo en el Expert Choice.	130
Fig. e Botón comparaciones numéricas.	130
Fig. f Comparaciones numéricas entre criterios.	131
Fig. g Comparaciones numéricas entre subcriterios.	131
Fig. h Comparaciones numéricas entre alternativas.	132
Fig. i Botón síntesis de resultados.	132

RESUMEN

El presente trabajo de investigación da una solución para el control de fallas en los productos que oferta la empresa Blessing Factory, las cuales consumen sus recursos económicos y tiempo; reducen la confianza de los clientes y competitividad empresarial. El proyecto plantea un modelo de decisión multicriterio cuya jerarquía se basa en criterios, subcriterios y alternativas comparadas entre sí, mediante la aplicación del modelo matemático implícito en la técnica multicriterio AHP (Proceso Jerárquico Analítico). En apoyo a la solución manual del modelo, se emplea el software Expert Choice para corroborar los resultados obtenidos, estableciendo que la alternativa adaptable a las condiciones actuales de la empresa con una prioridad del 60,7%, es el sistema de calidad Six Sigma DMAIC enfocado en la mejora continua de los procesos frente a un 39,3% de DFSS orientado en el rediseño de productos y procesos. Se obtiene una inconsistencia en las calificaciones de 0,07 considerándose admisible al encontrarse por debajo de 0,10 que es el valor máximo según la escala de referencia de Saaty.

Se plantea además la forma de ejecutar la metodología de calidad con mayor peso, mediante el uso de un manual que detalla los pasos de ejecución de un proyecto Six Sigma básico.

DESCRIPTORES: Planificación de Manufactura, Decisión Multicriterio, AHP, Six Sigma DMAIC, Six Sigma DFSS.

ABSTRACT

This research work gives a solution for the control of product failures offered by Blessing Factory Company, which consume economic resources and time; reduce customer confidence and business competitiveness. The project proposes a multicriteria decision model whose hierarchy is based on criteria, sub-criteria and alternatives compared with each other, by applying the Mathematical Model Implicit in multicriteria technique AHP (Analytic Hierarchy Process). In support of the manual solution model, the Expert Choice software is used to corroborate the results obtained; establishing that the customizable alternative to the current conditions of the company with a priority of 60.7% is the quality system Six Sigma DMAIC focused on continuous process improvement versus 39.3% of DFSS oriented redesign products and processes. An inconsistency is obtained on ratings of 0.07, considered permissible to be below 0.10 which is the maximum value according to the reference scale of Saaty.

It also raises the best way to run the quality methodology more weight by using a manual detailing the steps for implementing a Six Sigma project base.

DESCRIPTORS: Manufacturing Plannig, Multicriteria decision, AHP, Six Sigma DMAIC, Six Sigma DFSS.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Toma de decisiones. Elección de una alternativa por parte de un centro decisor el cual puede ser un individuo o un grupo de individuos.

Decisión multicriterio. Análisis que permite decidir con al menos dos criterios y obviamente al menos un decisor, un conjunto finito o infinito de acciones (alternativas, soluciones) en términos de elección, ordenación y clasificación.

AHP. Método multicriterio que consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico.

Expert Choice. Software orientado a la toma de decisiones.

Fallas. Cualquier evento o característica cuya especificación no cumpla con el estándar.

Six sigma. Metodología bien estructurada de mejora continua que enfrenta la variabilidad del proceso controlando fallas en los mismos con la aplicación de herramientas y técnicas estadísticas de manera rigurosa.

Control de calidad. Adaptación de medidas para garantizar la satisfacción de las expectativas de los clientes.

INTRODUCCIÓN

El proyecto denominado “Modelo de decisión multicriterio para el control de fallas de productos terminados en la empresa Blessing Factory” se realiza en el área de producción de chompas con el respaldo de la gerencia y participación del personal que labora en la misma, solo así se identifican las fallas más relevantes presentes en sus productos. La problemática a tratar es enfocada en el Capítulo I, al igual que la justificación sobre la importancia de realizar una investigación basada en la toma de decisiones.

Un respaldo teórico de manera superficial acerca del problema y métodos de solución, se muestran en el Capítulo II. No existen registros en la empresa acerca de investigaciones sobre modelos de decisión o la implementación de metodologías de calidad, por lo que el levantamiento de información es de vital importancia para establecer un modelo jerárquico que permita la selección de una alternativa factible respecto a las necesidades y requerimientos de la empresa y así eliminar fallas en sus productos. La forma en la que se reúne información necesaria y como se desarrolla el proyecto son puntos expuestos en el Capítulo III.

El Capítulo IV muestra la situación actual del proceso de producción de la empresa Blessing Factory identificando las fallas más influyentes. Se realiza una fundamentación de las metodologías planteadas como alternativas en el modelo jerárquico y se explican los cálculos y pasos que seguir el modelo matemático implícito en el Proceso Jerárquico Analítico (AHP), técnica selecta para dar solución al modelo. El manual expuesto redacta los pasos básicos y consideraciones a seguir en la aplicación de proyectos Six Sigma. La investigación queda abierta a las posibles soluciones que se pueden incrementar al modelo jerárquico las mismas que se ponen en consideración del investigador en reunión con la gerencia, al igual que la implementación del sistema de calidad propuesto, su evaluación y valoración de resultados.

Las conclusiones y recomendaciones son el resultado de la investigación completa y muestran el cumplimiento de los objetivos propuestos; son mostrados en el Capítulo V del presente documento.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“MODELO DE DECISIÓN MULTICRITERIO PARA EL CONTROL DE FALLAS DE PRODUCTOS TERMINADOS EN LA EMPRESA BLESSING FACTORY.”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La búsqueda de la eficiencia, productividad y competitividad cuyo logro se refleja en las ganancias económicas, han sido los criterios de mayor importancia para toda empresa, que apoyadas en los métodos correctos permiten el cumplimiento de los mismos. Las fábricas más exitosas han logrado ese nivel por el análisis efectuado al momento de tomar las decisiones más complejas con el fin de lograr mejoras notables en lo que se refiere a reducción de costos, innovación de productos y calidad de los mismos y sobre todo por la adopción de políticas de mejora diaria. En las últimas décadas se han desarrollado un gran número de métodos de decisión multicriterio como Promethee, Electre, Procesos Jerárquicos Analíticos (AHP), Teoría de Utilidad Multiatributos, entre otros [1]; cuyo principal objetivo es la eliminación de todo tipo de pensamiento injustificado e improvisado que casi siempre ha sido la base para la resolución de problemas complejos en las organizaciones.

Se sabe que las decisiones tomadas en un determinado lugar impactan con rapidez en otras zonas, sin que la distancia que las separa sea un factor influyente en ello; por eso Ecuador es considerado como un país en vías de desarrollado al buscar el crecimiento mediante el financiamiento de países desarrollados [2]. Gran cantidad de empresas

medianas y pequeñas en el Ecuador, aún no han alcanzado un nivel óptimo en sus procesos de producción debido a las malas condiciones económicas, sociales, jurídicas y políticas del país, ocasionando el aumento de irregularidades y problemas en sus controles, y evitando la adquisición de nuevas tecnologías [3].

La empresa de confecciones BLESSING FACTORY lleva cerca de doce años ofreciendo sus productos alrededor del país, como son chompas y mochilas, pero a pesar del tiempo de vida, la misma no ha visto un crecimiento aceptable. A pesar de las cantidades razonables de pedidos, la empresa no percibe las ganancias económicas deseadas, y esto se debe a la presencia de fallas en sus productos terminados, las mismas que no pueden ser controladas por el personal al no poseer un método definido para estudiarlas y reducirlas; consecuencia de ello se da la prolongación constante de las jornadas laborales para cumplir con los pedidos, ocasionando el pago excesivo de horas extras. El desconocimiento de técnicas de mejora y sobre todo la incapacidad para detectar fallas presentes en sus productos terminados han dado como resultado problemas potenciales en la empresa.

Por lo tanto esta investigación conduce a la identificación de la mejor alternativa para realizar un control de fallas en los productos terminados de la empresa de confecciones BLESSING FACTORY.

1.3 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 De Contenido

Campo: Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización.

Área Académica: Industrial y Manufactura.

Línea de Investigación: Industrial.

Sublínea de Investigación: Sistema de gestión de la calidad.

1.3.2 Espacial

La investigación se desarrolla en la empresa de confecciones BLESSING FACTORY, ubicada en la ciudad de Ambato en la Av. Víctor Hugo y Pasaje Cordero Dávila.

1.3.3 Temporal

Esta investigación se desarrolla en los seis meses siguientes desde la aprobación del proyecto por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La aparición constante de nuevas empresas en el área de la confección con los mismos anhelos de alcanzar niveles altos de competitividad y posicionamiento en el mercado, han estimulado a la empresa BLESSING FACTORY a efectuar un estudio de análisis en la selección del mejor método para el control de fallas en sus productos terminados con el fin de identificarlos y corregirlos.

La presente investigación tiene como propósito evaluar las fallas más influyentes en los productos terminados de la empresa de confecciones BLESSING FACTORY encontrando la mejor alternativa de mejora mediante la aplicación de la técnica de decisión multicriterio conocida como AHP (Proceso Jerárquico Analítico).

Frecuentemente se ve la necesidad de tomar decisiones difíciles abarcando diversos aspectos simultáneamente; por ello, es fundamental entender correctamente la decisión y lo que ella implica. El Análisis de Decisión Multicriterio se basa en una actividad que ayuda a tomar medidas, principalmente en términos de elección, ordenación y clasificación de alternativas.

Los principales beneficiarios con la realización de este proyecto son los trabajadores que laboran en las diferentes áreas de la empresa al adquirir experiencia en el control de calidad, los clientes al disponer de productos cuya tendencia es cero fallas y la empresa en general al eliminar causas que ocasionen pérdidas económicas. Por otro lado se abren las puertas a la mejora continua al tener un registro del índice de fallas, dejando a un lado las suposiciones al basarse en estudios y análisis correctamente estipulados.

El proyecto resulta factible de realizar al contar con la colaboración del personal que conforma la empresa de confecciones BLESSING FACTORY facilitando la recolección de información para su análisis futuro, recalcando también que una investigación interna correctamente fundamentada no implica altos costos económicos; por lo demás, con un

diagnóstico claro de las fallas existentes, la calidad que se puede conseguir en los productos terminados logra una estabilidad a la empresa.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de decisión multicriterio para el control de fallas de productos terminados en la empresa BLESSING FACTORY.

1.5.2 Específicos

- Realizar un estudio del proceso de producción para encontrar las fallas presentes en los productos de la empresa.
- Identificar los criterios de evaluación y las posibles alternativas de solución para el control de fallas mediante la creación de un modelo jerárquico de decisión.
- Valorar y sustentar los criterios planteados para determinar la mejor alternativa de solución a través del modelo matemático de decisión empleado en el Proceso Analítico Jerárquico.
- Resolver el problema de decisión en el software EXPERT CHOICE, encontrar el nivel de inconsistencia del modelo y plantear la alternativa de solución y la mejor forma de ejecutarla.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La búsqueda dentro de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial da como resultado la carencia de tesis acerca de modelos y teoría de decisión multicriterio.

Exploradas diferentes investigaciones a nivel internacional se puede mencionar la aplicación de las técnicas de decisión multicriterio en diferentes campos. En la producción por ejemplo, una de ellas se centra en proponer la adopción de nuevas alternativas de producción, representados por la incorporación de productos hortícolas alternativos, maximizando las ganancias económicas y minimizando el riesgo empresarial. Se realizó su aplicación a las pequeñas explotaciones hortícolas del Cinturón Verde de Córdoba, Argentina. La propuesta de este modelo optimiza los logros financieros, observando un aumento aproximado del 90% con respecto a la situación real [4].

En el campo de la logística, el uso de la decisión multicriterio se aplica en la selección de proveedores, con el fin de obtener insumos con el mejor precio y calidad. Uno de los proyectos utiliza la técnica conocida como Proceso Jerárquico Analítico (AHP) en una empresa del sector farmacéutico veterinario. El trabajo muestra un modelo multicriterio para determinar el mejor proveedor de la empresa y de acuerdo a la investigación, los atributos que debe cumplir el mismo son: un buen sistema de calidad, criterios de entrega y consistencia manufacturera [5].

Con respecto a la selección de software empresarial, resalta una investigación para la selección de un sistema ERP, la misma que busca resolver el problema de selección de software para una empresa de distribución de paquetería urgente. Los criterios que debe cumplir el software según las necesidades de la empresa se encuentran en los campos: Administrativo, Logístico, Económico, Tecnológico y Comercial. Las alternativas a analizar son el software Aril, Win Trans, Q Trans, Ekon e Iris. La investigación da como conclusión que el software que más cumple con los criterios propuestos y que posee un mayor valor de prioridad global es Q Trans, cuyo proveedor es Advantur Technologies [6].

El libro *Análisis de Decisión Multicriterio* menciona la aplicación del método de decisión ELECTRE a la selección de un caza – bombardero, cuyos posibles modelos a elegir se denotan de la letra A a la E. Se analizan atributos como velocidad, carga máxima, coste y maniobrabilidad. El método analiza las diversas alternativas de solución mediante criterios múltiples de relaciones de sobre clasificación, obteniendo como resultado la selección del caza – bombardero denominado con la letra A al cumplir con los requerimientos y poseer mejores valores de cuantificación con respecto a los otros modelos [7].

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 Introducción a la toma de decisiones

La vida de las personas se fundamenta en torno a las decisiones que se deben tomar frente a las situaciones cotidianas planteadas tanto en el ámbito profesional como en el personal.

“En la antigüedad los seres humanos tomaban decisiones biológicas, decisiones muy simples de las cuales dependía su existencia. Conforme se iba desarrollando la vida humana, esas decisiones no eran suficientes y surge la toma de decisiones culturales, que se caracteriza porque se transmiten de generación en generación (utilizar los huesos de un animal para la elaboración de herramientas, la carne para alimentarse y la piel para abrigo). Posteriormente aparece la figura del especialista en tomar decisiones, estas personas (generales, sacerdotes y reyes) toman tanto las decisiones que les afectaban a ellos como las que afectaban al grupo. En la Edad Media la toma de decisiones

racionales pierde fuerza ante la fuerte influencia de los modelos mágicos, basados en las creencias religiosas. Esta situación se mantiene hasta la llegada del Renacimiento, cuando surge el concepto de toma de decisiones científicas, cuyo estudio y desarrollo continúa hasta la actualidad. Por eso se puede afirmar que la toma de decisiones es un problema abordado a lo largo de la historia [8].”

2.2.2 Estructura de un proceso de decisión

“En su dimensión más básica un proceso de toma de decisión puede concebirse como la elección por parte de un centro decisor el cual puede ser un individuo o un grupo de individuos [7].” El proceso de toma de decisiones mostrado en la Fig. 1 comprende las 5 primeras fases de cualquier proceso de resolución de problemas, el cual está compuesto por siete etapas: Definición del problema, identificación de las alternativas, determinación de los criterios, evaluación de las alternativas, elección de una opción, implementación de la decisión y evaluación de los resultados [9].

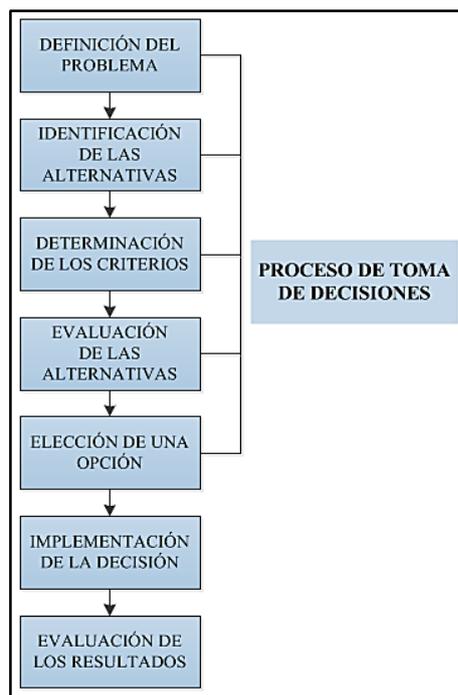


Fig. 1 Proceso de solución de problemas [8].

Las cinco etapas correspondientes al proceso de toma de decisiones, se agrupan en dos subprocesos, la Estructuración y el Análisis del problema.

La fase de **estructuración** mostrada en la Fig. 2 define el problema a abordar, se indican las posibles alternativas y se determina el criterio o criterios a tener en cuenta,

estableciendo de esa forma si el problema a abordar va a ser de criterio único (solo se considera un criterio) o de criterios múltiples (se consideran como mínimo dos criterios) [8].



Fig. 2 Estructuración del problema [8].

La fase de **análisis** mostrada en la Fig. 3 se realiza de forma cualitativa o cuantitativa. Se considera que el análisis es cualitativo cuando este se basa fundamentalmente en la intuición, experiencia y razonamiento de aquellos que participan en el proceso de elección.

Se realiza un análisis cuantitativo cuando las decisiones se basan en hechos y datos relacionados con el problema, a partir de los cuales se establecen relaciones matemáticas en las que describen los objetivos, restricciones y relaciones existentes en el problema [8].

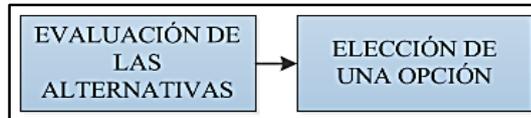


Fig. 3 Análisis del problema [8].

2.2.3 Modelo de decisión multicriterio

La búsqueda de la eficiencia, la productividad y la competitividad por parte de las empresas, contribuye a la aplicación de metodologías de apoyo a la toma de decisiones en escenarios donde intervienen múltiples variables o criterios de selección. Las mismas que ayudan a la eliminación de conjeturas o supuestos imprevistos, pensamientos no explicados, intuitivos o injustificados [10].

La década de los setenta protagonizó lo que se considera, desde una visión convencional, el punto de partida oficial del análisis de decisión multicriterio con la conferencia sobre Toma de Decisiones Multicriterio (Multiple Criteria Decision Making) organizada en 1972 por Cochrane y Zeleny en la Universidad de Columbia en Carolina del Sur [11]. A partir de ese momento, este tipo de análisis experimenta un

crecimiento verdaderamente impresionante que aún continúa en nuestros días. “El objetivo principal de la decisión multicriterio conocida también con las siglas MCDM (Multiple Criteria Decision Making) es ayudar en el mundo de la empresa a decidir gran parte de sus actuaciones en un contexto de incertidumbre [12].”

Existe gran variedad de enfoques, métodos y técnicas de análisis de decisión multicriterio mencionados posteriormente, sin embargo, los elementos básicos son muy simples: un conjunto finito o infinito de acciones (alternativas, soluciones), al menos dos criterios y obviamente, al menos un decisor. Este análisis ayuda a decidir en términos de elección, ordenación y clasificación de alternativas [13].

2.2.4 Técnicas en la ayuda de la toma de decisiones

“De acuerdo a Herbert Simon, aquellos problemas en los que las alternativas de decisión son finitas se denominan problemas de decisión multicriterio discretos; son los más comunes en la realidad y son los que se consideran en esta investigación. Por otro lado, cuando el problema toma un número infinito de valores, y que conduce a un número infinito de alternativas posibles, se llama decisión multiobjetivo [10], [14].”

Los principales métodos de Decisión Multicriterio Discretos son:

- Ponderación Lineal o Scoring.
- Utilidad Multiatributo (MAUT).
- Proceso Analítico Jerárquico (AHP).
- Relaciones de Sobreclasificación.
- ELECTRE (Eliminación y Elección Expresando la Realidad)

Ponderación Lineal o Scoring

“Es probablemente el más conocido y el más comúnmente utilizado en los métodos de decisión multicriterio. Con dicho método se obtiene una puntuación global por simple suma de las contribuciones obtenidas de cada atributo. Si se tienen varios criterios con diferentes escalas, dado que los mismos no se pueden sumar directamente, se requiere un previo proceso de normalización para que pueda efectuarse la suma de contribuciones de los atributos. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que el orden

obtenido con éste método no es independiente del procedimiento de normalización aplicado [10].”

Utilidad Multiatributo (MAUT)

“Se basan en estimar una función parcial para cada atributo de acuerdo con las preferencias de decisor, que luego se agregan en una función de utilidad multiatributo en forma aditiva o multiplicativa. Está basada fundamentalmente en el siguiente principio: Interrogando al decisor acerca de sus preferencias, sus respuestas deben ser coherentes con una cierta función de utilidad que se tendrá que desarrollar mediante una adecuada serie de preguntas [10].”

Proceso Analítico Jerárquico

Analytic Hierarchy Process por sus siglas en inglés AHP fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico [15], [16].

El potencial del método, se debe a que se adecua a distintas situaciones, su cálculo es sencillo y puede utilizarse tanto individualmente como en grupo. En esencia puede afirmarse que AHP es un método de selección de alternativas utilizando matrices de comparación pareadas y la escala fundamental para comparaciones por pares [12].

Relaciones de Sobreclasificación

“Los métodos basados en relaciones de sobreclasificación comienzan a desarrollarse en los años 60 por la escuela francesa, de la mano del profesor B. Roy. Sus propuestas han generado una teoría basada en relaciones binarias llamadas de sobreclasificación y en los conceptos de concordancia y discordancia. Estos métodos trabajan con relaciones outranking para determinar una solución, que sin ser óptima pueda considerarse satisfactoria y obtener una jerarquización de las alternativas [10].”

Electre

“El método ELECTRE, básicamente, consiste en un procedimiento para reducir el tamaño del conjunto de soluciones eficientes. Tal reducción se realiza por medio de una partición del conjunto eficiente en un subconjunto de alternativas más favorables para el

centro decisor y en otro subconjunto de alternativas menos favorables. Para abordar tal tarea, se introduce el concepto de «relación de sobreclasificación» (outranking relationship) que está ligado al ELECTRE en todas sus variantes [7].”

2.2.5 Calidad

Con el crecimiento y desarrollo de la organización industrial surge una nueva figura que vendría a reemplazar al antiguo capataz en sus funciones de control: el inspector, encargado inicialmente de clasificar los productos en buenos y defectuosos. Esta parte del proceso se determina por la inspección que se realiza sobre el producto final y por la aparición del sistema de producción en línea creado por Henry Ford [17].

2.2.6 Definiciones de Calidad

Juran utiliza los conceptos de:

“Calidad grande: para designar un concepto general de la calidad en el cual, *clientes* incluye a todas las personas impactadas; *producto* incluye bienes y servicios; *procesos* incluye procesos empresariales y auxiliares.

Calidad pequeña: para designar un ámbito reducido de la calidad, limitada a compradores, artículos fabricados y procesos fabriles [17].”

Además menciona que la calidad se refiere a la satisfacción creada por ciertas características del producto que provocan que los clientes lo compren. La ausencia de deficiencias también es calidad, debido a que estas crean insatisfacción en los compradores [18].

Ishikawa aporta la siguiente definición:

“Calidad significa calidad del producto. En su interpretación más amplia, calidad significa calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad del proceso, calidad de la división, calidad de las personas incluyendo a los trabajadores, ingenieros, gerentes y ejecutivos, calidad del sistema, calidad de la empresa, calidad de los objetivos, etcétera. El enfoque básico es controlar la calidad en todas sus manifestaciones [17].”

Una definición más trascendente de la calidad aparece en la norma ISO 9000:2000. En ella, “la calidad se define como el grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos [19].”

2.2.7 Administración de la Calidad Total

La administración de la calidad total no es algo que sucede de la noche a la mañana. Se necesita un plazo largo para introducir en la cultura de la empresa, técnicas adecuadas. Analizando las palabras medulares sucede que: “*Administración*: es el acto, arte o manera de manejar, controlar, dirigir. *Calidad*: es el grado de excelencia que proporciona un producto o servicio. *Total*: consiste en el todo [19].”

En la Fig. 4 se muestra todo el alcance de la actividad de administración de la calidad total. Hay dos grupos principales: Principios y prácticas, y Herramientas y técnicas.

2.2.8 Características de Calidad

Es raro el producto con una sola característica de calidad. La mayoría tienen muchas y hay que distinguir claramente la importancia relativa de las mismas. Se citan los defectos y fallas clasificados de la siguiente forma:

Un defecto crítico: aquella característica de calidad que se relaciona con la vida y la seguridad, por ejemplo llantas que se sueltan del automóvil o frenos que no funcionan.

Un defecto grande: aquella característica de calidad que afecta seriamente el funcionamiento de un producto, por ejemplo, el motor de un automóvil no funciona.

Un defecto menor: aquella característica de calidad que no afecta el funcionamiento del producto, pero que no gusta a los clientes, por ejemplo, una ralladura en un automóvil.

Para algunos productos, la clasificación es más detallada. En términos generales, los defectos críticos no se permitirán jamás, mientras que si es aceptable un pequeño número de defectos menores [20].

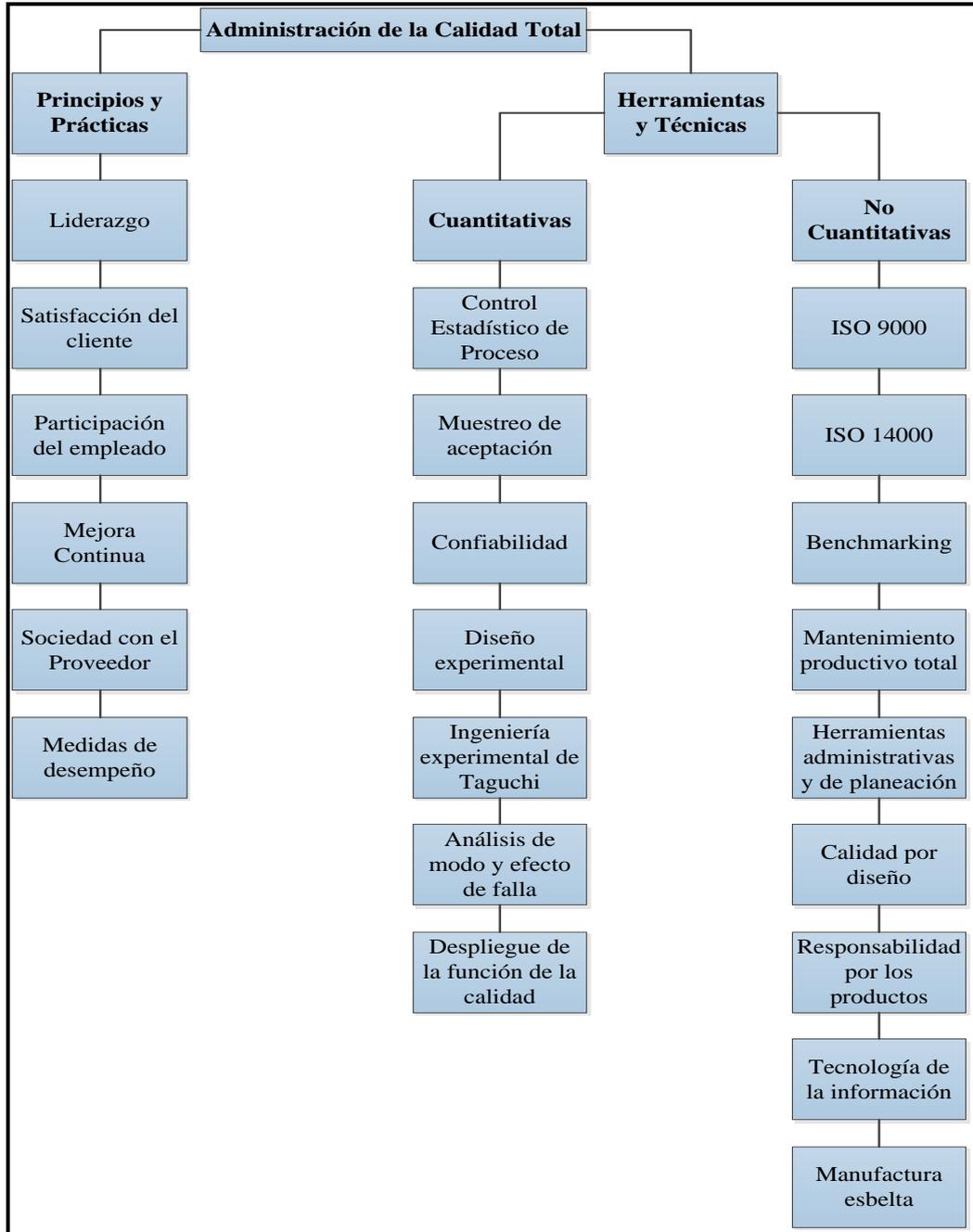


Fig. 4 Alcance de la administración de la Calidad Total [19].

2.2.9 Variabilidad del proceso

Los resultados nunca son idénticos debido a la interacción existente entre los insumos que intervienen en todo proceso. Entre cada uno de los artículos producidos siempre se dan diferencias, aun cuando muchas veces no se puedan apreciar a simple vista. La variación del proceso puede ser atribuida a dos tipos de causas: extraordinarias y comunes [21].

“Son causas *extraordinarias* las que ocurren esporádicamente, por ejemplo, la descompostura de una máquina, la interrupción de la energía eléctrica, el desempeño de un nuevo trabajador sin experiencia requerida. Estas fallas son detectables, la mayoría de las veces a primera vista.

Son causas *comunes* las que intervienen en la variación del proceso. Por ejemplo, las diferencias que existen entre los diversos lotes de materia prima, el desempeño desigual de la maquinaria en las diferentes horas del día, las distracciones o fatiga de los trabajadores, etc. Nunca se dan dos productos por completo idénticos; nunca salen las piezas con las mismas medidas; nunca dos alimentos tienen el mismo sabor [21].”

2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La aplicación de un modelo de decisión multicriterio permite encontrar la mejor alternativa para el control de fallas de los productos terminados en la empresa BLESSING FACTORY.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La presente se refiere a una investigación aplicada, la misma que se desarrolla utilizando la modalidad de campo, pues se realiza dentro de las instalaciones de la empresa de confecciones BLESSING FACTORY, permaneciendo en contacto de forma directa con la realidad; es decir, en donde se genera el problema, para obtener información relevante sobre las fallas existentes en sus productos, pues los datos han sido la base para el desarrollo de la propuesta y apoyaron al cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Igualmente se realiza la investigación apoyada en la modalidad bibliográfica – documental, apoyada en bases de información y repositorios de documentos científicos como Springer, Scielo, The TQM Magazine, Emerald, entre otras, al igual que libros de Calidad, todo con el fin de profundizar y analizar diferentes enfoques con respecto al control de fallas y sus posibles soluciones de mejora, de esta manera se recopila información valiosa que sirve como sustento científico del proyecto, ampliando teorías y criterios de diversos autores acorde a los requerimientos del proyecto.

3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se utilizan fichas de observación adecuadas a los requerimientos del proceso de inspección de fallas de productos terminados, entrevista dirigida al gerente para conocer la inspección que la empresa realiza y lo que espera alcanzar al controlar las fallas en sus productos, y encuestas a trabajadores para identificar las causas de las mismas.

3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- Análisis de la situación actual del proceso de producción de chompas de la empresa mediante la observación.
- Recolección de información de fallas mediante las herramientas planteadas las cuales ayudaron a obtener datos claros y precisos del problema.
- Organización de los datos de cada jornada de trabajo con el fin de facilitar el análisis de la investigación.
- Análisis de la información recogida para determinar la mejor alternativa a plantear para el control de fallas.
- Interpretación de resultados con el sustento del marco teórico en cada uno de los aspectos.

3.4 DESARROLLO DEL PROYECTO

- Recolección de datos en el proceso de producción con la ayuda de fichas de observación.
- Organización de los datos adquiridos.
- Identificación de las fallas que se desean controlar en el proceso de inspección.
- Construcción del Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con la ayuda de la técnica multicriterio AHP.
- Elaboración de las comparaciones entre los criterios para generar los juicios de decisión.
- Valoración de los criterios planteados y solución mediante el modelo matemático empleado por el AHP.
- Resolución del problema de estudio mediante el Software Expert Choice.
- Planteamiento de la forma de implementar la alternativa más factible proporcionada en el estudio.
- Elaboración del informe final.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 EMPRESA DE CONFECCIONES “BLESSING FACTORY”

4.1.1 La empresa

La empresa fue creada en el año 2003 con el nombre de JIREH SPORT, y se cambia a BLESSING FACTORY en el 2010, manteniendo su característica de empresa de confecciones.

Misión: Consolidar en el mercado nacional propuestas de diseño innovadoras en vestuario deportivo y casual – deportivo, ofreciendo al consumidor productos de calidad en todos sus detalles a precios competitivos, basándose en políticas y valores corporativos.

Visión: Convertirse en una empresa confiable, amigable y que brinde un vestuario cómodo a través de la adaptación de nuevas tecnologías textiles y procesos de confección, pensando en la comodidad y exigencias de una sociedad que avanza.

Valores: BLESSING FACTORY es una empresa con valores cristianos y morales evidenciados en las autoridades y trabajadores de la misma; valores como la honestidad, humildad y puntualidad destacan en la misma.

4.1.2 Productos ofertados

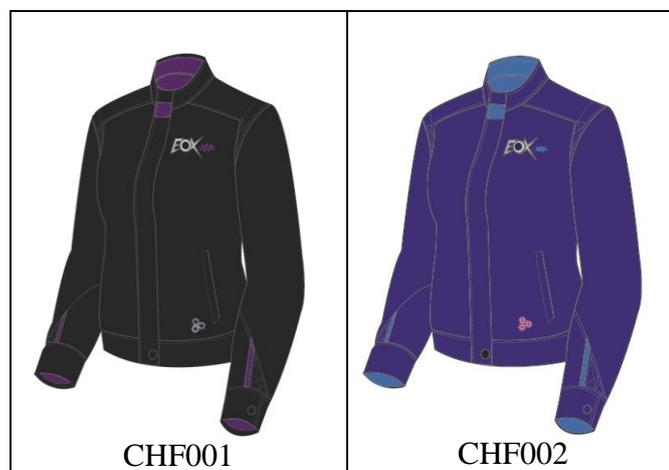
Como la mayoría de empresas de confecciones, los modelos de prendas de cada colección varían de acuerdo a la temporada. En la Tabla 1 figuran los modelos de

chompas masculinas ofertadas por la empresa en tallas S, M, L, XL; en la Tabla 2, los modelos de chompas femeninas que poseen las mismas tallas.

Tabla 1 Chompas masculinas.



Tabla 2 Chompas femeninas.



Son cinco las telas principales con las que la empresa trabaja en los diferentes modelos de chompas, sus definiciones y características son dadas por la diseñadora de la empresa.

Jersey: Tejido de punto. Algodón 80%, poliéster 20%. Textura suave y liviana, antipiling (no se forman motas), no se destiñe ni se encoge. Variedad de colores, antitranspirante.

Lona: Tejido plano. Poliéster 100%. Esta tela posee un recubrimiento en la parte del revés que la hace impermeable, muy rígida pero posee un acabado brillante.

Alaska: Tejido plano. Tela 100%. Su tejido es muy pequeño que permite la circulación del aire a la vez que lo cubre del mismo, acabado tipo polar en su revés, gran durabilidad.

Ribb: El Tejido de punto ribb es producido ya sea en máquinas de ribb circular o plana. Su forma es de canales más pequeños, muchas de las veces muy difícil de distinguir entre delantero y posterior.

Polar: Poliéster 100%. Tela antipiling de origen importado. Amplia variedad de colores. Existe en calidad estándar o normal y en calidad premiun (micro polar), esta última de mayor densidad y calidad.

4.1.3 Análisis del proceso

La producción se realiza bajo pedido y por lotes. Las operaciones en el proceso son las mismas para todas las tallas sin importar si la prenda es de mujer o de hombre, ya que esas características las dan los patrones del modelo. Las pequeñas diferencias en la producción se dan por detalles en los diversos modelos de las prendas. Existe un índice muy bajo de producción para inventario en cada jornada de trabajo.

Como la investigación se realiza en base a fallas en productos terminados, solo se analiza el proceso de producción de un modelo de chompa para conocer las operaciones básicas que la empresa realiza; para ello, la recolección de información se realiza mediante fichas de observación, mostradas en el Anexo 1.

Se emplean herramientas de calidad como el diagrama de Pareto y las gráficas de control para analizar y representar la información obtenida mediante las horas de recolección.

La claridad de la información obtenida es vital para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, poniendo al descubierto las fallas existentes al igual que la situación en la que se encuentra la empresa.

Organización de información

Para organizar la información adquirida, se emplean herramientas como cursogramas sinópticos y analíticos basados en el material, los cuales muestran de una manera clara el proceso de producción de la empresa.

El cursograma sinóptico del modelo de chompa CH003 se muestra en la Fig. 5 el mismo que empieza con el tendido de la tela para su patronaje y termina con el pulido de la misma para su empaquetado y venta. Este modelo se realiza con telas como: *Lona* en color negro, *Lona* en diversos colores de acuerdo al pedido de producción y *Polar* para el forro interno; materiales como: esponja, cierres y logotipos de caucho.

Al detallar el cursograma sinóptico se tiene:

Almacenamiento 1: En bodega de materia prima

Operación 1: Selección de la cantidad y tipo de tela en bodega de acuerdo al pedido de producción para este modelo de chompa se utilizan las telas antes mencionadas.

Transporte 1: Traslado de los rollos de tela al área de patronaje.

Operación 2: Tendido y dobles, que consiste en doblar el mismo largo las telas.

Operación 3: Tizado en la tela tendida luego de distribuir uniformemente los patrones del modelo a producir.

Operación 4: Corte. Se cortan las piezas trazadas con una cortadora industrial.

Almacenamiento 2: Se clasifican las piezas cortadas de acuerdo al tipo de tela. Con la tela *Lona* en color negro se han cortado partes de delanteros, posteriores, mangas,

cuello, puños y bolsillos. Con la tela *Lona* en diversos colores se ha cortado detalles de delanteros, posteriores y mangas. Con la tela polar se han cortado los forros de delanteros, posteriores, mangas, bolsillos y cuello. Y con la esponja se ha cortado los codos de la chompa.

Transporte 2: Distribución de piezas cortadas a operarias en máquinas rectas. Operaria 1 se encarga de armar delanteros. Operaria 2 se encarga de armar posteriores. Operaria 3 se encarga de armar mangas y cuellos.

Operación 5: Armado de delanteros. Se unen las partes que corresponden al delantero de la chompa y se ubican los logotipos de caucho.

Operación 6: Armado de bolsillos. Se unen los bolsillos con el forro polar y luego a la parte delantera de la prenda.

Almacenamiento 3: Se ordenan los delanteros armados de la chompa.

Operación 7: Armado de posteriores. Se unen las partes que corresponden al posterior de la chompa y se ubican los logotipos de caucho.

Almacenamiento 4: Se ordenan los posteriores armados de la chompa.

Operación 8: Armado de mangas. Se unen las partes que corresponden a las mangas de la chompa incluyendo los detalles en diversos colores.

Operación 9: Armado y unión de codos. Se forman los codos con esponja y tela *Lona* y se unen a la manga de la chompa.

Operación 10: Armado de cuello. Se unen la parte del cuello con su forro en tela polar.

Almacenamiento 5: Se ordenan las mangas y cuellos de la chompa.

Transporte 3: Transporte de las partes confeccionadas a operaria en máquina recta para el ensamble de la chompa.

Operación 11: Unión de delantero y posterior en hombros.

Operación 12: Unión de mangas con delantero y posterior.

Operación 13: Cerrado de chompa. Consiste en unir los costados de la chompa.

Operación – Inspección 14: Unión de cuello con la chompa y realizar una inspección de todo el ensamble de la prenda para detectar cualquier tipo de falla.

Operación 15: Pegado de cierre.

Operación 16: Embolsado. Consiste en unir el forro en tela polar de toda la chompa.

Transporte 4: Transporte de la chompa a operadora en máquina recta de doble aguja.

Operación 17: Pespunte general de la chompa con máquina recta de doble aguja.

Transporte 5: Transporte de la chompa a al área de pulido.

Inspección 1: Inspección de la chompa antes del corte de hilos.

Operación 18: Corte de hilos.

Operación 19: Etiquetado.

En la Tabla 3 se detalla en cursograma analítico basado en el material de la prenda CH003. Se aprecia el recorrido que tiene la tela lona a través del proceso de producción de la chompa al igual que las operaciones, transportes, almacenamientos e inspecciones de la misma.

No se realiza un estudio de tiempos en cada operación del proceso de producción debido a que no afecta en el desarrollo de la investigación.

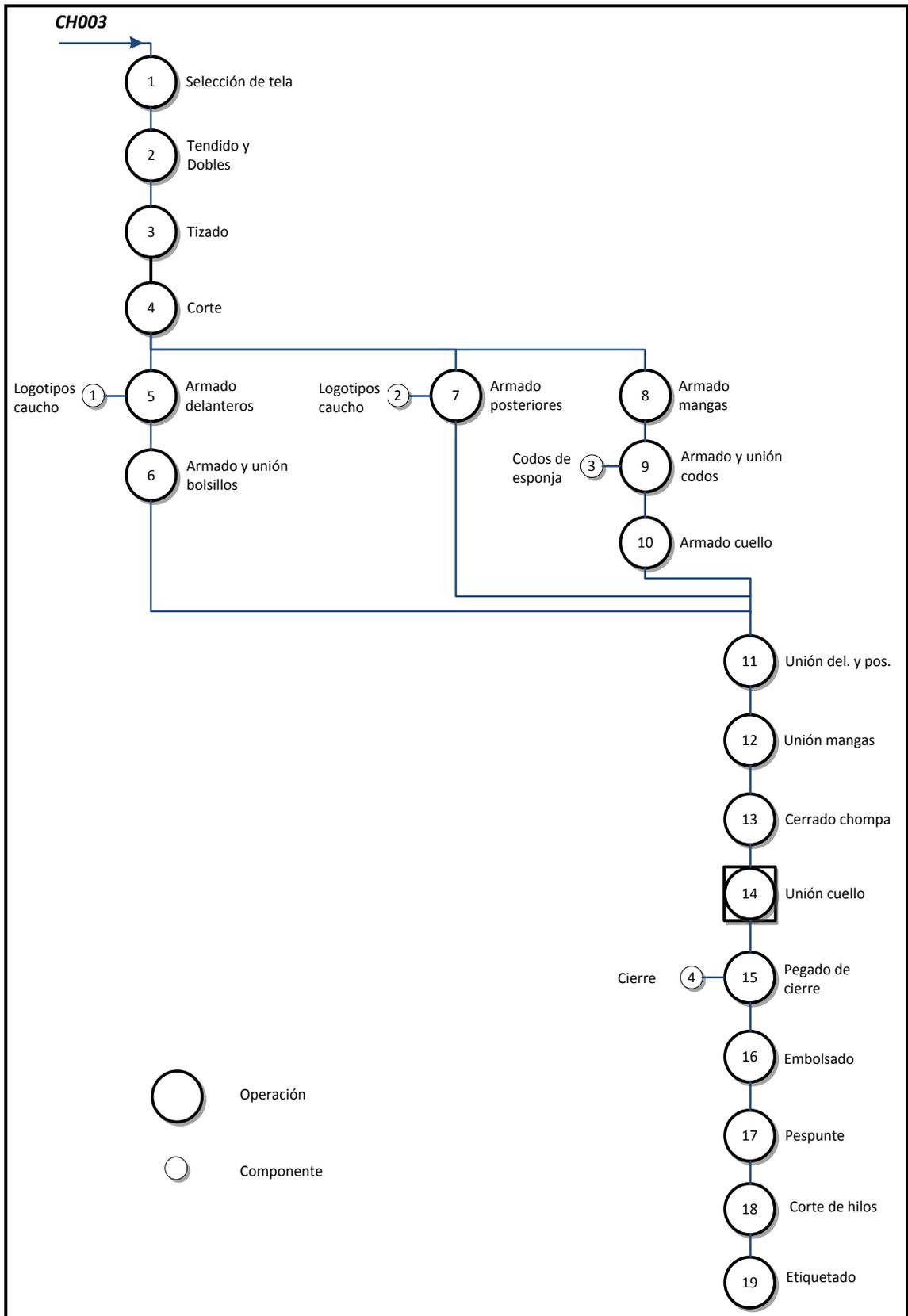


Fig. 5 Cursograma sinóptico confección chompa CH003.

Tabla 3 Cursograma analítico basado en el material. Confección chompa CH003.

Cursograma Analítico		Material						
Diagrama N: 1	Hoja N: 1 de 2	Resumen						
Objeto: Chompa CH003		Actividad	Símbolo			Actual		
Actividad: Cortar, Armar, Terminar		Operación	○	⇒	D	19		
Cantidad: Pedido de producción		Transporte	□	▽		5		
Responsable: Inspector		Espera				3		
Método: Actual		Inspección				1		
Lugar: Taller de confección Blessing Factory		Almacenamiento				5		
Operario (s): 10		Distancia (m)				23,8		
		Fecha: Enero 2014						
Descripción	Distan (m)	# Act.	Símbolo					Observaciones
			○	⇒	D	□	▽	
En bodega de materia prima		1						
Selección cantidad y tipo de tela		1	●					
Traslado área de patronaje	3	1		●				A mano
Tendido y dobles		2	●					
Tizado		3	●					
Corte		4	●					
Clasificación piezas cortadas		2					●	
Espera de las piezas cortadas a ser distribuidas		1					●	
Distribución a operarias en máquinas rectas	11,5	2					●	A mano
Armado de delanteros		5	●					
Armado y unión de bolsillos		6	●					
Delanteros armados de la chompa		3					●	
Delanteros a ser transportados para ensamble		2					●	
Armado de posteriores		7	●					
Posteriores armados de la chompa		4					●	
Posteriores a ser transportados para ensamble		3					●	
Armado de mangas		8	●					
Armado y unión de codos		9	●					
Armado de cuello		10	●					
Mangas y cuellos de la chompa		5					●	
	14,5		10	2	3	0	5	

Tabla 3 Cursograma analítico basado en el material. Confección chompa CH003 “Continuación”.

Cursograma Analítico			Material					
Diagrama N: 1	Hoja N: 2 de 2	Resumen						
Objeto: Chompa CH003		Actividad			Actual			
Actividad: Cortar, Armar, Terminar		Operación			19			
Cantidad: Pedido de producción		Transporte			5			
Responsable: Inspector		Espera			3			
Método: Actual		Inspección			1			
Lugar: Taller de confección Blessing Factory		Almacenamiento			5			
Operario (s): 10		Distancia (m)			23,8			
Operario (s): 10		Fecha: Enero 2014						
Descripción	Distan (m)	# Act.	Símbolo					Observaciones
			○	➔	◐	□	▽	
	14,5		10	2	3	0	5	
Espera de mangas y cuellos para ensamble		4			●			
Partes confeccionadas a máquina recta	2	3		●				A mano
Unión de delantero y posterior en hombros		11	●					
Unión de mangas con delantero y posterior		12	●					
Cerrado de chompa		13	●					
Unión de cuello con la chompa		14	●					Oper. / Insp.
Pegado cierre		15	●					
Embolsado		16	●					
Chompa a máquina recta doble aguja.	4,8	4		●				A mano
Pespunte general		17	●					
Transporte al área de pulido	2,5	5		●				A mano
Inspección chompa antes del corte de hilos		1				●		
Corte de hilos		18	●					
Etiquetado		19	●					
Espera a ser empacado		5			●			
Total	23,8		19	5	5	1	5	

4.1.4 Fallas existentes en productos terminados

La investigación se centra en encontrar el mejor método para el control de fallas en los productos terminados de la empresa BLESSING FACTORY, para ello, se deben conocer todos los tipos fallas presentes en los mismos. Es necesario indicar que no influye el modelo, talla o si la chompa es de hombre o mujer para realizar una identificación y clasificación de fallas.

Entrevista

Como punto de partida en la identificación de fallas, se realiza una entrevista al Gerente de la empresa el Sr. Edison Chacha para conocer el nivel de riesgo que enfrenta la empresa al poseer fallas en productos terminados; el modelo de la misma se encuentra en el Anexo 2. Los resultados son los siguientes:

1. ¿Ha recibido quejas por parte de los clientes sobre fallas en sus productos?

Lamentablemente sí. Chompas que poseen fallas pasadas por alto por el personal encargado de pulir la prenda terminada, además se han presentado devoluciones de productos.

2. ¿Siente que la existencia de fallas en sus productos consume las ganancias económicas de la empresa?

Claro que sí, la presencia de fallas en nuestros productos terminados ocasiona pérdidas económicas a la empresa. Se debe enviar las prendas a reproceso lo que consume tiempo de producción ocasionando atrasados en los pedidos; otro efecto es la pérdida de materiales como hilos, logotipos de cauchos, piezas de tela e incluso la prenda completa pues existen fallas que no se pueden corregir.

3. ¿La empresa ha implementado un sistema de control de fallas?

No se ha implementado ningún sistema para el control de fallas, el único tipo de control que se realiza es el “visual” por parte de la persona encargada de pulir la prenda terminada, y es ella quien decide si enviar o no a reproceso la prenda. No existen registros acerca de un control o recolección de información sobre fallas.

4. ¿Conoce alguna metodología de calidad para el control de fallas?

No. Solo realizamos un control de fallas empírico; es decir, si la prenda posee errores se decide si enviarla a reproceso o venderla como prenda con fallas. En el peor de los casos tomamos por la opción de rechazar la prenda y asumimos la pérdida.

5. ¿Las fallas en sus productos son por causa humana o mecánica?

Por causa humana en mayor porcentaje. Las máquinas que manejamos no son grandes ni complejas, todo está en la habilidad del personal que las maneja. Las fallas que se pueden mencionar por causa de las máquinas son manchas de aceite en tela y roturas de hilo.

6. ¿El personal ha recibido capacitación sobre las actividades que realiza en el proceso de producción?

No, debido a que se realiza la contratación de personal con experiencia. No se ha realizado una capacitación seria acerca de la seguridad en el área de trabajo, tampoco sobre nuevas técnicas o cuidados que se deben tener en la elaboración de prendas de vestir.

7. ¿En qué condición se encuentran las máquinas – herramientas de trabajo en la empresa?

Se encuentran en buen estado debido a que no son muy antiguas.

8. ¿Se realiza una revisión periódica de las Máquinas – herramientas?

No. Las revisamos o reparamos cuando existe alguna falla en ellas.

9. ¿Indique criterios que considera, son efecto de la presencia de fallas en los productos terminados?

Mayor empleo de mano de obra y de maquinaria, pues para corregir ciertas fallas se envía la prenda a reproceso. Tiempo en reproceso lo que ocasiona Pedidos atrasados. Desecho de prendas cuando la falla no se puede eliminar.

10. ¿Al existir varias metodologías de calidad para el control de fallas, realizaría un estudio previo para saber cuál es la que mejor se aplica a su empresa?

Si, pienso que cada metodología posee técnicas diferentes de control y lo mejor sería saber cuál es la que se debería aplicar a nuestra empresa.

Conjuntamente con la entrevista se adquiere información acerca de las máquinas que posee la empresa, estas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Máquinas existentes.

Cantidad	Nombre	Modelo
2	Cortadora	Eastman Streak II KL EC – 829
10	Máquina de coser recta	Juki DDL – 8700
1	Máquina de doble aguja	Siruba T828
1	Overlock	Juki MO – 2416N
1	Recubridora	Pegasus CW500N

Análisis de entrevista

La entrevista muestra que la empresa de Confecciones Blessing Factory al realizar una producción constante y al no contar con una metodología de control, sus productos están expuestos a fallas, y más cuando se produce para cumplir pedidos simultáneamente.

Reclamos se han hecho presentes por parte de los clientes al no sentirse a gusto con ciertas prendas, esto trae como consecuencia pérdida de mercado y competitividad. El cliente siempre tiene la razón y la empresa debe enfocarse en cumplir con las necesidades y requerimientos de los mismos.

El libro La Meta menciona que el objetivo real de toda empresa manufacturera es ganar dinero y que por lo tanto todo lo que conduzca a ese objetivo es productivo [22]. Blessing Factory está obteniendo pérdidas económicas debido a la presencia de fallas en sus productos terminados, pérdidas ocasionadas por el desperdicio de material al momento del reproceso de las prendas, añadiendo además el aumento en el empleo de

mano de obra. El cliente no espera y el tiempo es algo que no se recupera; el reproceso consume tiempo de producción destinado al cumplimiento de pedidos.

La empresa no cuenta con una herramienta de calidad para el control de fallas, la persona encargada de pulir la prenda terminada, realiza una observación breve de errores que podría haber para así tomar una decisión. No se realiza una recolección y organización de información; no existen datos documentados acerca de las fallas que se han presentado por lo que las únicas acciones correctivas que se ha tomado son enviar la prenda a reproceso, venderla con fallas o rechazar la misma y perder el material, tiempo y dinero invertido es esa chompa.

El personal no ha recibido una capacitación acerca de la calidad de trabajo que debe realizar para obtener un producto apto para el cliente; muchos no saben las normas de seguridad que se deben tener en el área de trabajo por más simple que sea la actividad, es por ello que la presencia de fallas se da en un mayor porcentaje por causas del trabajador; falta de concentración, práctica, desinterés por la labor, son aspectos para solventar dicha respuesta.

Existen algunas herramientas de calidad enfocadas al control de fallas como el Control Estadístico de Procesos, Ingeniería Experimental de Taguchi, Análisis de Modo y Efecto de Falla, Diagramas de Dispersión, entre otras, [19] y es un desperdicio de tiempo y recursos aplicar una al azar para luego ver resultados y observar si es la adecuada o no. Realizar una investigación previa es el pensamiento del Gerente, con el fin de realizar una inversión única y definitiva. Es recomendable poseer información documentada de todas las fallas que se han presentado, cuáles han sido eliminadas exitosamente y que acciones correctivas deben tomarse, siempre con un criterio técnico y fundamentado.

Organización de información

La recolección de información acerca de las fallas existentes, se realiza mediante fichas de observación mostradas en el Anexo 3. La Tabla 5 muestra de una forma organizada la información recogida, es decir, las fallas que suelen presentarse con mayor frecuencia en ciertas partes de las chompas. La mayoría son fallas causadas por el trabajador al momento de realizar un proceso de costura.

No se toma en cuenta el modelo o talla de la chompa, ni tampoco si es de hombre o mujer; se realiza una clasificación de fallas de acuerdo a partes vulnerables de la prenda, fallas que pueden estar en cualquier tipo de chompa terminada.

La recolección de información acerca del proceso de producción ayuda a conocer en qué parte del mismo se comete la falla, para que la alternativa selecta aplique acciones correctivas en el proceso correcto.

Tabla 5 Fallas presentes en productos terminados.

Parte de la chompa	Fallas	Operaciones	Imagen
LOGOTIPOS DE CAUCHOS	Cambiados	Operación 5. Armado de delanteros.	
	Mala Costura	Operación 5. Armado de delanteros.	
	Centrado Erróneo	Operación 5. Armado de delanteros.	
	Daños al Coser	Operación 5. Armado de delanteros.	

Tabla 5 Fallas presentes en productos terminados. “Continuación”

Parte de la chompa	Fallas	Operaciones	Imagen
COSTURA	Doble Costura	Operación 5 al 17. Procesos en los que se tiene que unir piezas o realizar pespuntos.	
	Cosidos Débiles	Operación 11. Unión delantero y posterior. Operación 12. Unión delantero y posterior Operación 13. Cerrado chompa.	
	Centrado Erróneo Piezas	Operación 5. Armado de delanteros. Operación 7. Armado de posteriores.	
BOLSILLOS	Curva en Bordes	Operación 6. Armado y unión de bolsillos.	

Tabla 5 Fallas presentes en productos terminados. “Continuación”

Parte de la chompa	Fallas	Operaciones	Imagen
CIERRE	No Templado	Operación 15. Pegado de cierre.	
TODA LA CHOMPA	Manchas	Proceso en general.	
TODA LA CHOMPA	Otros	Proceso en general.	

Existen herramientas para identificar las causas que generan las fallas en un producto como: diagramas de Pareto, estratificación, hojas de verificación, diagrama de Ishikawa, diagrama de dispersión, cartas de control [23], empleadas en la mejora de los procesos.

Los ***Diagramas de Pareto*** cuyo principio muestra que “más del 80% de la problemática en una organización son por causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos; y que en todo proceso son pocos los problemas o situaciones vitales que contribuyen en gran medida a la problemática global del mismo [23].” El diagrama de Pareto organiza por orden de importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso.

Con la ayuda de la ficha de observación expuesta en el Anexo 4 se reúne información de fallas presentes por prenda en un lote de 100 chompas del modelo CH003. El resumen de la información se expone en la Tabla 6 y el Pareto de estos datos se muestra en la Fig. 6 realizada en Minitab, donde la escala vertical izquierda indica la frecuencia en la que ocurren las fallas y la vertical derecha el porcentaje. La línea que está arriba de las barras representa la magnitud acumulada de los defectos hasta completar el total.

En la gráfica se aprecia que los defectos *doble costura*, *cierre mal templado*, *manchas*, *centrado erróneo de piezas*, *cosidos débiles* y *curvas en bordes de bolsillos* son los más frecuente o de mayor impacto y juntos representan el 82% del total de los defectos. De acuerdo al análisis de Pareto, la mayor parte de los defectos encontrados en el lote pertenecer a 6 tipos de fallas, de manera que si se eliminan las causas que las provocan, desaparecen la mayor parte de los mismos.

Tabla 6 Fallas presentes en lote de producción. Modelo CH003.

Defecto	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia Acumulada
Doble costura	21	21	18%
Cierres mal templados	21	42	37%
Manchas	20	62	54%
Centrado erróneo de piezas	12	74	64%
Cosidos débiles	10	84	73%
Curvas bordes de bolsillos	10	94	82%
Cauchos mal cosidos	6	100	87%
Cauchos cambiados	4	104	90%
Cauchos mal centrados	4	108	94%
Cauchos dañados	4	112	97%
Otros	3	115	100%
Total	115		

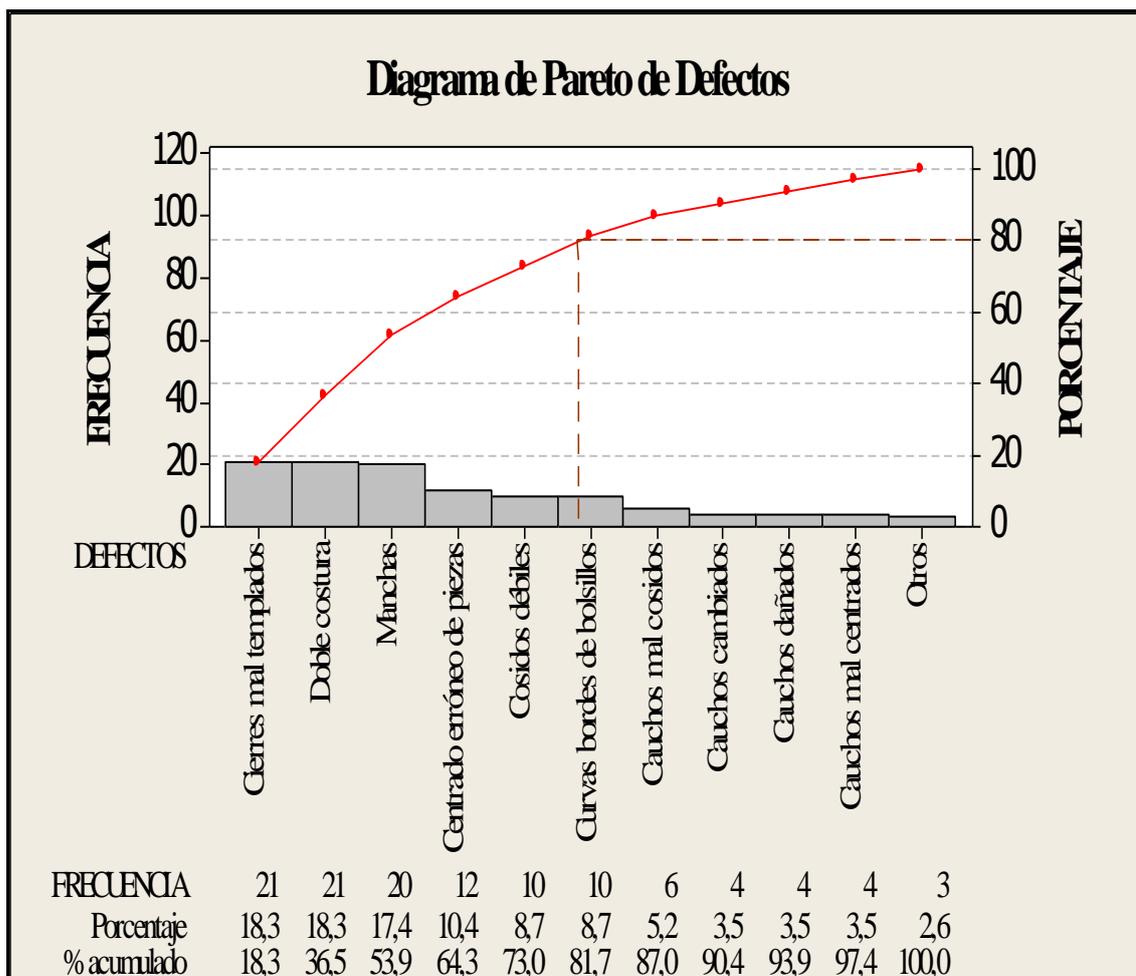


Fig. 6 Pareto de fallas en modelo CH003 con la ayuda de Minitab.

Una vez identificadas y cuantificadas las fallas en los productos terminados, se deben definir las causas que las provocan y para ello existe el **diagrama de causa-efecto** o de **Ishikawa** el cual relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan mediante un método gráfico. “La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas [23].” Se emplea el método de las “seis M” agrupando las causas potenciales en seis ramas principales: Métodos de trabajo, Mano o mente de obra, Materiales, Maquinaria, Medición y Medio ambiente. El diagrama de Ishikawa mostrado en la Fig. 7 expone las causas principales y secundarias cuyo efecto son las fallas antes mencionadas. La mayor cantidad de causas se encuentran vinculadas a la Mano de obra y a la Administración (Management). Los operarios se distraen mucho al momento de realizar sus actividades laborales; la supervisión de las tareas a

$$\bar{c} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total elementos}} \quad (1)$$

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2)$$

$$LCS = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3)$$

La tabla con la información de las fallas por cada prenda se muestra en el Anexo 4 y el resumen de la misma en la Tabla 7. El total de chompas analizadas es de 100 y el total de fallas es de 115.

Tabla 7 Fallas presentes por producto. Modelo CH003.

Chompa	Defectos	Chompa	Defectos	Chompa	Defectos	Chompa	Defectos
1	3	26	0	51	2	76	0
2	2	27	1	52	0	77	2
3	2	28	1	53	0	78	2
4	1	29	1	54	0	79	2
5	2	30	0	55	2	80	1
6	2	31	2	56	1	81	0
7	2	32	2	57	0	82	0
8	3	33	0	58	0	83	0
9	2	34	0	59	2	84	3
10	4	35	2	60	1	85	2
11	2	36	2	61	3	86	0
12	2	37	0	62	1	87	2
13	3	38	2	63	1	88	1
14	2	39	0	64	2	89	0
15	2	40	3	65	0	90	0
16	1	41	1	66	3	91	0
17	2	42	1	67	0	92	2
18	1	43	1	68	0	93	1
19	1	44	1	69	0	94	0
20	2	45	0	70	0	95	1
21	1	46	2	71	2	96	1
22	3	47	1	72	0	97	0
23	1	48	1	73	1	98	0
24	1	49	2	74	1	99	0
25	0	50	0	75	0	100	0
Total defectos				115			

La línea central al emplear la ecuación 1 es igual a:

$$\bar{c} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total elementos}}$$

$$\bar{c} = \frac{115}{100} = \mathbf{1,15}$$

Para el LCS se hace empleo de la ecuación 2 y el LCI se encuentra con la ecuación 3:

$$\text{LCS} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{LCS} = 1,15 + 3,22 = \mathbf{4,37}$$

$$\text{LCI} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{LCI} = 1,15 - 3,22 = \mathbf{-2,07}$$

Al tener un LCI negativo, éste se toma como cero debido a que no hay cantidades negativas de defectos. La carta obtenida se muestra en Fig. 8 la misma que se realiza en el Software Minitab.

En el caso el número de defectos por chompa varía entre 0 y 4,37 con un promedio de 1,15. Estos límites no representan dónde se quiere que estén los datos, más bien representan la realidad de las fallas presentes. La problemática es común en todas las chompas.

La carta de control para los defectos en las chompas según el control estadístico, muestra un proceso un poco estable al observar cercanía de los puntos al LC. En la realidad se tiene un proceso malo porque se requiere chompas con cero defectos y de acuerdo a la gráfica la mayoría de las chompas posee por lo menos una falla.

Se emplea la carta de control puesto que ayuda a detectar y prevenir situaciones anormales en la fabricación de chompas, permite evaluar el impacto de las acciones de mejora provocando en la administración una mayor conciencia de la magnitud e importancia del problema.

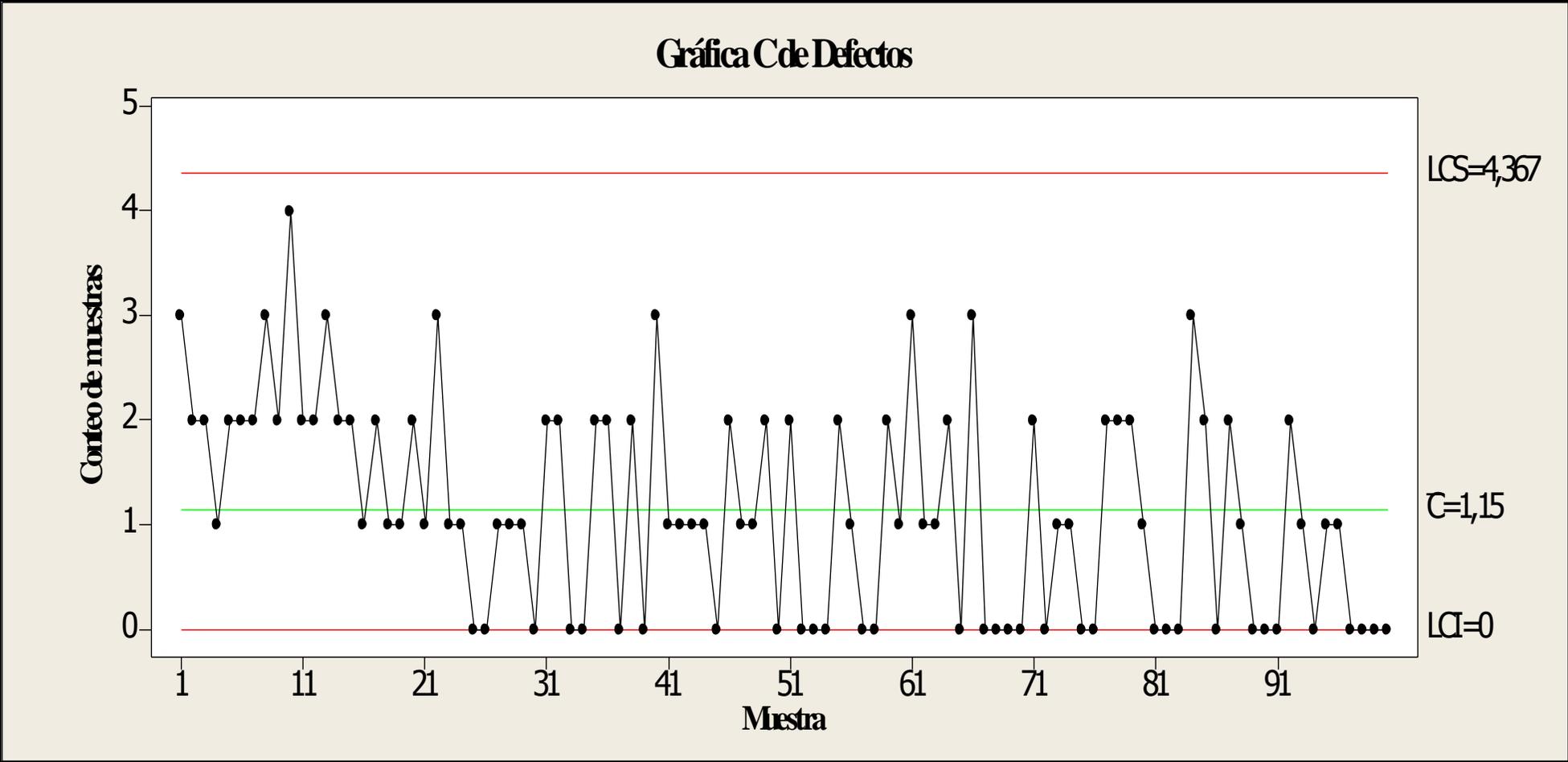


Fig. 8 Carta de control para defectos en chompas CH003 con la ayuda de Minitab.

Acciones tomadas en fallas

La empresa trata de evitar pérdidas económicas al no rechazar los productos con fallas, tomando acciones como enviar a reproceso la prenda. Solo ciertas fallas se pueden corregir, las mismas que se explican a continuación.

Cuando la prenda presenta *cauchos cambiados, mal cosidos o mal centrados*, se puede rectificar si la prenda está confeccionada con tela lona, debido al grosor de la misma no se puede visualizar las marcas de la costura al momento de la corrección, pero siempre con el peligro de dañar el caucho. Si se tienen cauchos *dañados por mal costura*, se puede realizar un cambio del mismo.

La *doble costura* se da cuando se rompe el hilo al momento de realizar una unión de piezas o un pespunte. Esta falla se puede corregir sacando toda la línea de hilo y coserla nuevamente, con el riesgo de dejar marcas en la tela. Los *cosidos débiles* provocan la separación de piezas; esta falla se puede corregir enviando a reproceso la prenda con el fin de realizar un cosido más fuerte. Cuando se tiene *piezas mal centradas* no se pueden tomar acciones correctivas, debido a que se tendría que desarmar toda la prenda y eso implica pérdida de tiempo y de material. La *chompa* se da de baja o se vende con falla. Indicios de esta falla es la mala elaboración de los patrones de las piezas.

Si los bolsillos presentan *curvas en sus bordes*, se retira esa pieza y se cose otra manteniendo la forma rectangular. De la misma forma, cuando se tienen cierres *mal templados*, se hace la corrección retirando el mismo y cosiéndolo correctamente. La posibilidad de obtener marcas de costura en la tela no se descarta.

Cuando se tiene una *mancha* en la tela, se lava la prenda para quitarla; si no sale, la prenda se vende con falla; se consideran manchas a los residuos de pega en los cauchos, la cual se debe quitar con cuidado evitando raspar demasiado la tela.

Existen *otras* fallas como tela agujereada por correcciones realizadas, desperfectos en tela por defecto de fábrica, en este caso se vende la prenda con falla o se rechaza la misma.

4.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA PROPUESTA

4.2.1 Six Sigma

“Six Sigma se ha considerado como una estrategia de negocio que emplea una metodología bien estructurada de mejora continua frente a la variabilidad del proceso y así controlar las fallas de los mismos con la aplicación de herramientas y técnicas estadísticas de manera rigurosa. Técnicamente Six Sigma significa 3, 4 defectos por millón de oportunidades, donde Sigma es un término usado para representar la variación de la media de cualquier proceso [24].” Se pueden encontrar múltiples fuentes primarias que proveen los conceptos básicos y la metodología Six Sigma, sin embargo, en el mundo de los negocios Six Sigma se define como una “estrategia usada para mejorar las utilidades del negocio y mejorar la efectividad y eficiencia de todas las operaciones, con el propósito de lograr o exceder las necesidades o expectativas de los clientes [25].”

Six Sigma tiene el potencial de reducir la variabilidad de los procesos y productos usando una metodología de mejora continua (**DMAIC**) o un enfoque de diseño/rediseño, también conocida como diseño para Six Sigma (**DFSS**).

A. Metodología Six Sigma DMAIC

Está destinada a la reducción de errores en productos, siguiendo con las fases: “*Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar*, lo que genera un ciclo de mejoramiento continuo [25].” El objetivo es hacer lo que la empresa ya tiene, pero que no está funcionando adecuadamente y hacerlo de manera eficiente y con rigor [24]. Para cada fase existen herramientas y pautas que se pueden seguir.

a. Definir

“Primero se debe describir el problema en términos operativos que faciliten un análisis posterior. Recolectar información de antecedentes del proceso actual y las necesidades y requerimientos de clientes [26].” Mediante un *mapa de procesos* se concreta el ámbito del proyecto, qué actividades resultan implicadas y como se conectan entre sí, sin dejar de lado el compromiso de cada uno de los responsables. Para tener un mejor apoyo al comienzo de la investigación, deben realizarse otro tipo de análisis gráficos que proporcionen elementos de juicio dentro de la fase de definición del proyecto, como los

diagramas de pareto, válidos para resaltar qué procesos tienen más importancia dentro del problema. También existe una ayuda en los *diagrama de Ishikawa* o *espina de pez*, que analiza los factores que afectan a un problema determinado. Como última ayuda se tienen los *diagramas de correlación*, que muestran la relación entre dos características de calidad de un proceso [27].

b. Medir

“Esta etapa se concentra en cómo medir los procesos internos que tienen impacto en los defectos Críticos para la Calidad (CPC) [26].” Aquí se emplea gran cantidad de recursos debido a que de ella depende el éxito de los pasos posteriores. Se realiza un análisis profundo de los diagramas realizados en la etapa anterior con la ayuda de varios gráficos que permitan observar la dispersión que existen entre los datos obtenidos en relación a una media o referencia. Se puede emplear el uso de *histogramas*, los mismos que analizan los resultados de un proceso para todas las causas. Otra ayuda es el *gráfico de simetría*, que analiza visualmente el grado de simetría de una variable. También se dispone habitualmente de los *diagramas de tendencias*, que analizan los procesos a través de la evolución del tiempo [27].

c. Analizar

“Se concentra en por qué ocurren los defectos, errores o la variación excesiva. El pensamiento y análisis estadísticos tienen un papel vital en esta etapa [26].” Mediante reuniones de *brain-storming*, *herramientas estadísticas*, y sobre todo herramientas empleadas en las fases anteriores como los *diagramas de Pareto*, los de *Ishikawa*, *dispersión*, etc., son los que mejor representan nuestros resultados [28].

d. Mejorar

Una vez que se entiende de raíz la causa de un problema, el analista o el equipo necesitan generar ideas para eliminarlo o resolverlo [26]. “En la etapa de mejoramiento se buscan soluciones, que serán implementadas para eliminar o reducir los problemas identificados durante la etapa de análisis [29].” Generalmente se utilizan herramientas de *gestión de procesos* y *métodos estadísticos* para convalidar las mejoras [28].

e. Controlar

“El nuevo sistema implementado es monitoreado periódicamente y de presentarse cualquier variación, se realizan las acciones correctivas para asegurar que la productividad del mejoramiento sea sostenida [29].”

“La etapa de control se enfoca en cómo conservar las mejoras, las mismas que pueden incluir el establecimiento de nuevas normas y procedimientos, la capacitación del personal y la institución de controles para tener la seguridad de que las mismas no desaparecerán con el tiempo [26].”

B. Metodología Six Sigma DFSS

“Se enfoca en que el producto o servicio: *Haga las cosas correctas*, que significa lograr una excelencia absoluta en diseño del producto o proceso de manufactura; y *Haga las cosas correctas todo el tiempo*, expresando que el producto o servicio real construido de acuerdo a un diseño, siempre haga lo que se supone que debe hacer con máxima consistencia y mínima variación en desempeño [30].”

El tiempo máximo para terminar un proyecto DFSS es de 12 meses [31]. DFSS emplea la secuencia de *Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar* (DMADV), fases que son la base del método.

a. Definir

Esta etapa es similar a la de la metodología DMAIC, sin embargo, la duración del proyecto es mayor debido a que la compañía está diseñando o rediseñando un proceso o producto diferente, no simplemente corrigiendo las fallas o errores ya existentes; el costo inicial es más alto debido a que hay muchos más requerimientos del cliente a ser identificados y estudiados, se requiere de gran cantidad de recursos [30]. En esta etapa se pueden utilizar herramientas como *investigación del cliente/mercado, despliegue de la función de la calidad, análisis de riesgo*.

b. Medir

Esta fase mide los requerimientos del cliente y del negocio los mismos que son recolectados y analizados con la ayuda del *despliegue de la función de calidad (QFD)* y

análisis kano. Es muy importante obtener necesidades y deseos del cliente y transformarlos en una lista de voz del cliente, la misma que se traduce en requerimientos funcionales y medibles.

c. Analizar

En esta fase se genera, evalúa, y se selecciona el concepto que mejor cumpla con los requerimientos de calidad establecidos por el cliente, siempre y cuando se encuentre dentro del presupuesto y restricciones de recursos.

d. Diseñar

En esta etapa se define si lo que se va a diseñar o rediseñar es un proceso de producción o un producto/servicio de la empresa. En ambos casos los requerimientos del cliente son muy importantes debido a que es necesario transformarlos en requerimientos funcionales al proceso de producción. *QFD* puede ser utilizado para esta transformación. Después de la determinación de los requerimientos funcionales para la nueva entidad de diseño (producto, servicio o proceso), se necesita conocer si la tecnología existente o el concepto del diseño conocido son capaces de cumplir con esos requerimientos del cliente [30]. Para esta fase se pueden utilizar herramientas como: *QDF, Diseño Axiomático, AMFE, CAD/CAE, Software para Simulación de Procesos*.

e. Verificar

Después que los parámetros y las tolerancias del diseño están completos, se procede a la verificación final y la validación de actividades. Ningún proceso de producción debe ejecutarse sin realizar pruebas piloto o de refinación y ningún producto debe salir a la venta antes de probarlo y conocer su desempeño en la vida real. Aquí se utiliza el *Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMFE)*. Una vez que el diseño del proceso o producto sea verificado, se lanza el despliegue comercial completo estableciendo sistemas de monitoreo [30]. Herramientas como *Modelación de Capacidad del Proceso, Poka - Yoke, Análisis de Confiabilidad y Plan de Control del Proceso*, pueden ser utilizadas en esta fase del método.

4.2.2 Proceso Analítico Jerárquico

Con el fin de abordar problemas en los que hay que tener en cuenta diversos criterios y un número finito de alternativas (Problemas Multicriterio Discretos), Tomas L. Saaty propuso una nueva metodología, el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process AHP) [15], [8] como propuesta a los problemas concretos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los EEUU, siendo actualmente un clásico en el mundo de la empresa donde se aplica en casi todos los ámbitos donde es necesario tomar una decisión de cierta complejidad [12]. Éste método para la toma de decisiones en un ámbito multicriterio, se caracteriza por la descomposición y organización del problema de forma visual en una estructura jerárquica.

“El AHP involucra todos los aspectos del proceso de toma de decisiones: Modela el problema a través de una estructura jerárquica, utiliza una escala de prioridades con base en la preferencia de un elemento sobre otro, combinando la multiplicidad de escalas correspondientes a los diferentes criterios, sintetiza los juicios emitidos y entrega un ordenamiento de las alternativas de acuerdo con los pesos obtenidos o prioridades [32].”

Esta metodología propone una manera de ordenar el pensamiento analítico, de la cual destacan tres principios básicos:

- * El principio de la construcción de jerarquías.
- * El principio del establecimiento de prioridades.
- * El principio de la consistencia lógica.

A. Construcción de jerarquías

Para poder organizar un problema de decisión en una jerarquía, hay que conocer a fondo el problema que se está tratando y las posibles opciones que se tienen, los elementos que afectan en la decisión y el fin al que se quiere llegar [8]. “Plantear el problema que se pretende resolver conduce a una visión y comprensión global del estudio a realizar y crea bases sólidas para el logro de su objetivo; por esto es necesario estructurarlo en forma clara. Es necesario entonces, considerar tres elementos básicos; el objetivo de la investigación, los criterios y subcriterios, y la identificación de alternativas [33].” La

representación gráfica de un modelo jerárquico aparece en la Fig. 9, en la que se puede observar los niveles de jerarquía.

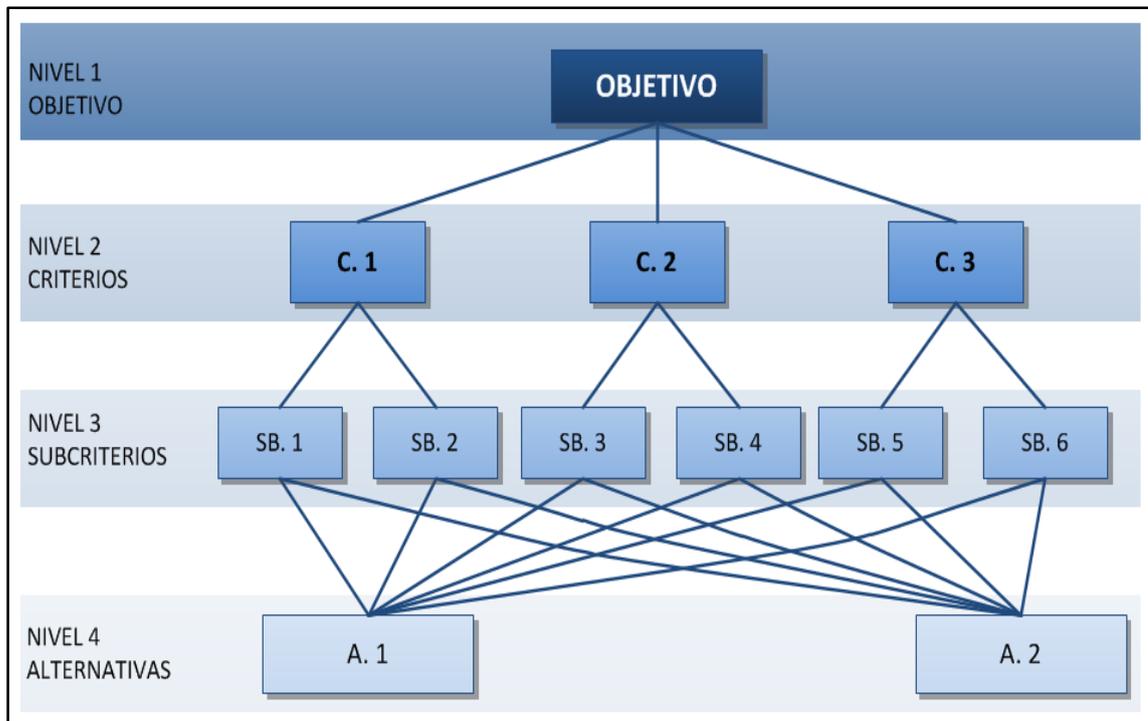


Fig. 9 Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el AHP [34].

Definición del objetivo

El objetivo del problema describe lo que el decisor o grupo de decisores quieren alcanzar, al escoger entre una de las alternativas que se plantean. En la jerarquía el objetivo se sitúa en el nivel superior, independiente del resto de niveles y elementos [8].

Definición de los criterios y subcriterios

Los criterios representan los factores que el decisor o grupo de decisores, consideran que son esenciales para analizar el problema. Se pueden representar los criterios en un solo nivel de jerarquía y si es necesario, se puede crear un nivel de subcriterios entre las alternativas y la fila superior de criterios [8].

Identificación de las alternativas

Las alternativas son las posibles soluciones al problema que se investiga. El modelo permite escoger la que cumpla con el objetivo o se acerca lo más posible a él. “La

elección no implica que la alternativa elegida sea la óptima para resolver el problema, pero si la mejor de entre todas las que se dispone [8].”

B. Establecimiento de prioridades

Cada criterio y subcriterio posee un grado de importancia diferente en cada nivel de jerarquía, debido a que cada alternativa se ve influenciada de manera distinta por cada criterio. La comparación por pares en AHP, reduce en gran medida la complejidad conceptual de un análisis [35].

“Para realizar una comparación por pares, el análisis implica tres tareas: *Primero*: el desarrollo de una matriz de comparación en cada nivel de la jerarquía a partir del segundo nivel y dirigiéndose hacia abajo, *Segundo*: el cálculo de los pesos relativos para cada elemento de la jerarquía, y *Tercero*: la estimación de la razón de consistencia del modelo. Los elementos de cada nivel son comparados en pares con respecto a su importancia para un elemento en el siguiente nivel superior. Estas equivalencias en la escala fundamental del AHP mostradas en la Tabla 8 se proponen por Saaty [35], [15].”

Comenzando en la parte superior de la jerarquía, las comparaciones por pares en un nivel dado se puede reducir a un número de matrices cuadradas $n \times n$ en la que a_{ij} , expresa la preferencia en valor numérico, del elemento de la fila i cuando se compara con el elemento de la columna j , para $i= 1, 2, 3, \dots, n$ y $j= 1, 2, 3, \dots, n$. como se muestra en la ecuación 4. Por lo que cuando $i=j$ el valor de $a_{ij} = 1$, pues se está comparando el elemento consigo mismo.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Para la elaboración de la matriz, el Proceso Analítico Jerárquico se basa en 4 axiomas [8]:

Axioma 1: Reciprocidad. Se refiere a la condición de los juicios recíprocos mostrada en la ecuación 5.

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad (5)$$

Axioma 2: Homogeneidad. Los elementos que se comparan son del mismo orden, magnitud o nivel jerárquico.

Axioma 3: Dependencia. Existe dependencia jerárquica entre los elementos de dos niveles consecutivos

Axioma 4: Consistencia. Cuando la matriz de comparaciones pareadas es perfectamente consistente se cumple que: $a_{ij} = a_{ik} / a_{jk}$ para i, j y $k = 1, 2, 3 \dots n$. Esto quiere decir que las columnas en cualquier matriz de comparación 2×2 son totalmente dependientes, por lo que siempre son consistentes.

Tabla 8 Escala fundamental de comparación propuesta por Saaty [8], [15].

Calificación Numérica	Escala Verbal de la Preferencia	Definición
1	Igual	Ambos elementos son de igual importancia.
3	Moderada	Moderada importancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte	Importancia fuerte de un elemento sobre otro.
7	Muy Fuerte	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.
9	Extrema	Importancia absoluta de un elemento sobre otro.
2, 4, 6, 8	Términos Medios	Valores intermedios, que se emplean para expresar preferencias que se encuentran entre dos de las anteriormente indicadas.
2	Igual – Moderada	Importancia entre igual y moderada de un elemento sobre otro.
4	Moderada – Fuerte	Importancia entre moderada y fuerte de un elemento sobre otro.
6	Fuerte – Muy Fuerte	Importancia entre fuerte y muy fuerte de un elemento sobre otro.
8	Muy Fuerte – Extrema	Importancia entre muy fuerte y extrema de un elemento sobre otro.

Después que se forman todas las matrices de comparación por pares, el vector de pesos $w = w_1, w_2 \dots w_n$ se calcula en base al procedimiento de Saaty del vector propio. El cálculo de los pesos implica dos pasos: En primer lugar, la matriz de comparación por pares, $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ se normaliza con la ecuación 6, para $j = 1, 2, 3 \dots n$. y luego los pesos se calculan por la ecuación 7, para $i = 1, 2, 3 \dots n$ [35], [15].

$$a_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (6)$$

$$W_{ij} = \sum_{j=1}^n a_{ij} / n \quad (7)$$

C. Determinación de la consistencia lógica

Tras determinar las prioridades de los elementos, debe existir la seguridad de que los resultados obtenidos son válidos para tomar decisiones. Hay que tener en cuenta que la consistencia perfecta es muy difícil de obtener y es de esperar un cierto grado de inconsistencia al establecer las comparaciones. El Proceso Analítico Jerárquico permite medir la inconsistencia de los juicios a través de la *proporción o razón de consistencia*. Para matrices de 3 por 3 el valor de la proporción de consistencia no debe superar el 5%, no supera el 9% en el caso de matrices de 4 por 4 y para el resto de matrices es del 10% o menor.

El AHP determina la *proporción de consistencia o razón de consistencia* (CR) de acuerdo a la ecuación 8; es decir, como el cociente entre el Índice de Consistencia Real (IC) de la matriz estudiada y el Índice de Consistencia Aleatorio (IA) [8].

$$CR = \frac{IC}{IA} \quad (8)$$

En el cálculo de la CR, el IC para cada matriz de orden n puede obtenerse a partir de la ecuación 9. El valor máximo λ es un parámetro importante en la validación de AHP y se utiliza como un índice de referencia para mostrar la información mediante el cálculo de la razón de consistencia del vector estimado. “En álgebra lineal, los vectores propios, auto vectores o eigen vectores de una matriz, son los vectores no nulos que, cuando son transformados por el operador, dan lugar a un múltiplo escalar de sí mismos, con lo que no cambian su dirección. Este escalar λ recibe el nombre valor propio, autovalor, valor característico o eigenvalor [36].”

Para determinar λ (auto valor o eigenvalor), se emplea la ecuación 10. λ_{max} Es un promedio de los valores del vector Eigen [24].

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n a_{ij} \times W_{ij}) / W_{ij} \quad (10)$$

La Tabla 9 muestra el valor del IA a partir de matrices de orden del 1 al 10. Si $CR < 0,1$ las comparaciones son aceptables. Si, $CR \geq 0,1$ los valores de la relación son indicativos de juicios inconsistentes. En tales casos, los valores originales de la comparación por pares de la matriz A deben reconsiderarse y revisarse. [35]

Tabla 9 Índice de consistencia aleatoria [8], [15].

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IA	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45

4.2.3 Software Expert Choice

Expert Choice es un software orientado a la toma de decisiones. Asiste a los decisores organizando la información relacionada a la complejidad del problema en un modelo jerárquico consistente de un objetivo, criterios y alternativas.

A. Funcionamiento

“El funcionamiento de Expert Choice está basado en el Proceso Jerárquico Analítico (AHP, Analytic Hierarchy Process). Un enfoque multicriterio jerárquico de toma de decisiones desarrollado por el Doctor Thomas Saaty de la Universidad de Pennsylvania. El software utiliza un único método de comparación par a par, el cual evalúa la importancia de los criterios, las preferencias de las alternativas, y las probabilidades de los escenarios y sintetizar sus comparaciones para llegar a la mejor decisión [37].”

B. Aplicaciones

Expert Choice ha sido usado exitosamente en una variedad de aplicaciones incluyendo: Priorización y Evaluación de Proyectos, Selección de Proveedores, Solución de conflictos, Evaluación de los planes de inversión/desinversión, Asignación de recursos, Administración de Calidad total, Evaluación de fusiones y adquisiciones, Contratación, evaluación y promoción de empleados, Satisfacción del cliente. “Entre las compañías que disfrutan de sus ventajas se encuentran IBM, Good Year, Ford Motor Co, Texaco, General Motors, Citibank, Eastman, AT&T/Bell Labs, NASA, Anderson [37].”

4.3 MODELO OPERATIVO

En el camino hacia el cumplimiento de los objetivos del proyecto, se procede con la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico en la investigación

4.3.1 Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico en la investigación

La aplicación del AHP se la realiza en base a la fundamentación teórica realizada, llevando el método al entorno de BLESSING FACTORY.

A. Construcción de jerarquías del modelo

El problema por el que está pasando la empresa es la presencia de fallas en sus productos terminados, debido a factores influyentes en el proceso de producción adjudicados en su mayoría al personal como las distracciones, falta de experiencia e incluso la despreocupación por la labor a realizar. Las opciones que se plantean para realizar un control de fallas son la aplicación de la metodología Six Sigma de mejora continua DMAIC, y la metodología de Diseño para Six Sigma DFSS ambas explicadas anteriormente. Se definen estas alternativas fundamentando que se puede describir a Six Sigma como un enfoque de mejora del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los defectos y errores en los procesos de manufactura, concentrándose en los resultados que son decisivos para los clientes y una clara recuperación financiera para la organización.

La Fig. 10 muestra el Modelo Jerárquico Visual de la investigación. El objetivo se encuentra en el nivel 1 de la jerarquía, los criterios a analizar y valorar en el nivel 2, subcriterios en el nivel 3 y las dos alternativas planteadas para nuestro caso en el nivel 4 de la jerarquía. Cabe indicar que se tiene una *Jerarquía Incompleta* debido a que los subcriterios no se comparan en función de todos los criterios del nivel superior. Los subcriterios se comparan en este caso, en función al criterio principal al cual pertenecen y con el resto de subcriterios que pertenecen al mismo [8].

Para definir los niveles del modelo, se toma en cuenta aspectos importantes de cada metodología con los que se puede realizar una comparación, es decir, estructuras y fundamentos con los que trabaja cada método, herramientas empleadas en el control y la forma correcta de su ejecución. La Tabla 10 muestra en forma ordenada una descripción

acerca de los criterios y subcriterios que se emplean en el modelo de decisión del problema de investigación.

Tabla 10 Criterios y subcriterios del problema.

Criterio	Subcriterio	Descripción
Metodología	Fundamentos	Esquema del método. Características fundamentales que sirven de sustento en la aplicación de la metodología.
	Funcionalidad	Conjunto de características que hacen que el método sea práctico y utilitario.
	Eficiencia	Logros que puede conseguir el método en relación con los recursos utilizados.
Herramientas de Control	Cuantitativas	Elementos empleados por la metodología basados en teorías y cálculos estadísticos para realizar el control.
	Cualitativas	Herramientas basadas en lo descriptivo.
Proceso de Ejecución	Preparación Empresarial	Capacitación profesional en la que se compromete a la empresa a adoptar la nueva metodología.
	Aplicación del Método	Forma entendible y práctica con la que el método aplica sus herramientas en la recolección y presentación de la información.
Impacto Empresarial	Satisfacción Empresarial	Importancia que pone el método en generar satisfacción al cliente interno de la empresa y personal en general. Mejorar el ambiente de la misma.
	Satisfacción Cliente	Importancia que pone el método en generar satisfacción al cliente externo con productos de calidad.
	Beneficios Empresariales	Generación de ganancias económicas y productivas a la empresa.
Costos	Investigación	Recursos empleados en el estudio de una metodología que cumpla con el objetivo planteado.
	Aplicación	Costo que se requiere para aplicar el método con el fin de observar si genera resultados. Prueba piloto.
	Implementación	Que tan costoso resulta la implementación definitiva o mantenimiento del método.

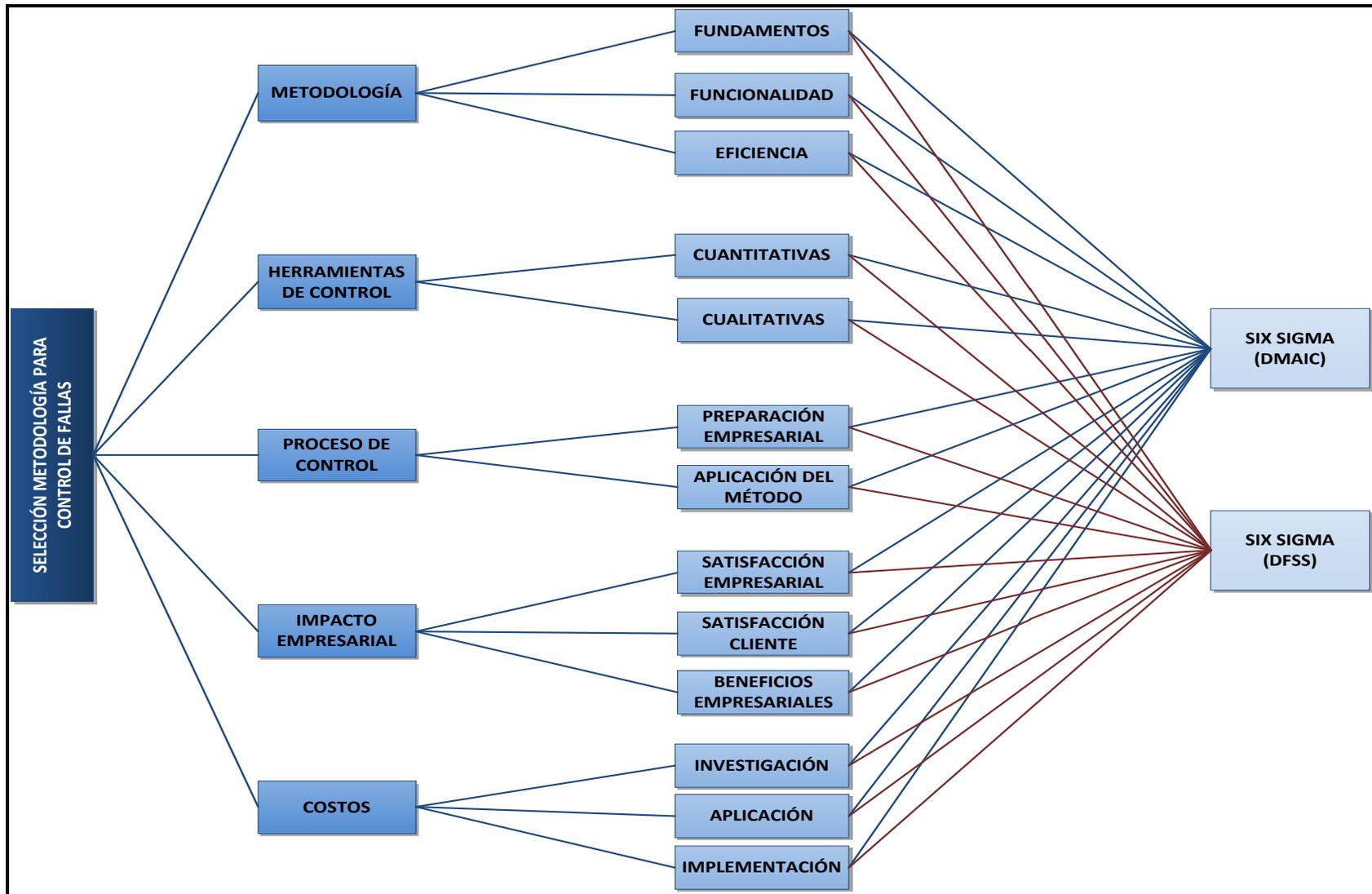


Fig. 10 Modelo jerárquico selección metodología para control de fallas.

B. Establecimiento de prioridades del modelo

Una vez que la jerarquía está desarrollada, y siguiendo con los principios que la metodología propone con el fin de ordenar el pensamiento analítico se forman las matrices de comparaciones pareadas de los criterios y subcriterios las mismas que dan como resultados las prioridades de los mismos. Se emplea la Tabla 8 para calificar los criterios y subcriterios con el fin de formar las matrices mencionadas.

➤ Prioridades criterios

Matriz comparaciones pareadas

La Tabla 11 muestra la matriz de comparaciones pareadas de los criterios del modelo de decisión. Los valores introducidos en esta matriz de orden 5x5, cumplen con los requerimientos del Proceso Analítico Jerárquico. A los criterios que sobresalgan sobre otros, se los califica de acuerdo a la Tabla 8, y son los que se analicen primero; la valoración de un criterio que posea menor importancia que otro, se realiza de acuerdo a la ecuación 5 del axioma 1 nombrado anteriormente. El valor de calificación de un criterio sobre sí mismo es de 1. La matriz cumple con los cuatro axiomas explicados anteriormente.

Tabla 11 Matriz comparaciones pareadas. Criterios.

Control de Fallas	Metodología	Herramientas Control	Proceso Control	Impacto Empresarial	Costos
Metodología	1	1/3	1/4	1/2	1/7
Herramientas Control	3	1	1/3	3	1/5
Proceso Control	4	3	1	3	1/5
Impacto Empresarial	2	1/3	1/3	1	1/4
Costos	7	5	5	4	1
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	17	9,6667	6,9167	11,5	1,7929

Análisis matriz

Herramientas de Control – Metodología. La *Metodología* hace referencia a la fundamentación teórica, una explicación superficial de sus bases metodológicas, aspectos importantes y conceptos claves que lo hacen diferente de otro método. Las *Herramientas de Control* se refieren a los instrumentos que se emplean para realizar una identificación y eliminación de fallas o problemas presentes en los productos terminados. Este criterio posee una importancia moderada sobre la metodología, dando así una calificación de 3 debido a su presencia en el campo de producción y, a que su correcta aplicación proporciona información correcta y clara sobre el problema. La metodología enseña las bases con las que el método emplea correctamente sus herramientas de control.

Herramientas de Control – Impacto Empresarial. El *Impacto Empresarial* se refiere a los aspectos que adquiere la empresa al adoptar una nueva metodología que cumple con los objetivos planteados; un posicionamiento a nivel interno y externo de la misma. Se da una calificación de 3 porque existe una importancia moderada del primer criterio sobre el otro; las Herramientas de Control son instrumentos de aplicación cuyo éxito se ve reflejado visualmente en uno de los casos en el Impacto Empresarial.

Proceso de Control – Metodología. El *Proceso de Control* indica la forma en la que el método aplica sus propiedades, principios y herramientas, para realizar un control óptimo de los productos terminados y así identificar, controlar y eliminar todo tipo de fallas. Se da la calificación de 4 porque existe una importancia entre moderada y fuerte del primer criterio sobre el otro. Es necesario conocer lo amigable que éste es en su fase de ejecución, si es fácil y entendible en la aplicación de sus herramientas y cuáles son sus etapas de implementación.

Proceso de Control – Herramientas de Control. El Proceso de Control que realiza un método mantiene siempre activa la aplicación de sus Herramientas, pero es superior ya que abarca más áreas de la empresa, como la preparación del personal en general. Es por eso que se determina una importancia moderada del primer criterio sobre el otro y se da una calificación de 3 con respecto a la Tabla 8.

Proceso de Control – Impacto Empresarial. La responsabilidad que se tiene al realizar un control a los productos terminados es trascendental en una empresa por lo que se determina una importancia moderada del primer criterio sobre el otro. El impacto empresarial sea positivo o no, es consecuencia del adecuado control dentro de la misma.

Impacto Empresarial – Metodología. La posición que la empresa adopte en el mercado posee una importancia entre igual y moderada en comparación a ciertos aspectos teóricos que el personal pueda adquirir.

Costos – Metodología. Los *Costos* se refieren a los recursos económicos necesarios para la investigación de la aplicación o posible implementación de un método deseado. Son fuentes de investigación los repositorios en la web, libros físicos o digitales en gran cantidad y material resultado de capacitaciones. La Tabla 12 muestra los costos estimados de recursos básicos empleados para la investigación en el área de calidad en un periodo de dos meses. La calificación se da debido a que hoy en día se puede presentar una alternativa llamativa a un gerente, un método que abarque con todas las necesidades de la empresa pero la pregunta sigue siendo la misma, ¿Cuál es su valor?. Si algo es demasiado costoso simplemente no se adopta. Ahí la importancia muy fuerte del primer criterio sobre el otro.

Tabla 12 Costo de recursos básicos en investigación. Área Calidad [38], [39].

Recurso	Ejemplo	Costo (\$)	Mes 1	Mes 2
Repositorios Web	Internet: Scielo, Cobuec, Springer, IEEE	20,00 al mes	20,00	20,00
Libros	Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma	19,00	19,00	0,00
	Control estadístico de la calidad y Seis Sigma	63,00	63,00	0,00
Capacitaciones	Apaconsultores. Certificación de especialistas en Gestión de Procesos.	620,00	310,00	310,00
Investigador	Persona encargada de aplicar la metodología	700 al mes	700,00	700,00
TOTAL (Costo estimado de una investigación en USD)			1112,00	1030,00

Costos – Herramientas de Control. Las herramientas de control más costosas son las informáticas; herramientas básicas de calidad como hojas de verificación, análisis de Pareto y técnicas estadísticas en general, requieren de recursos de oficina y la persona encargada de aplicarlas. El criterio costos posee una importancia fuerte debido a que es

necesario seleccionar las herramientas que den mejores resultados dentro del alcance económico de la empresa. La Tabla 13 muestra el costo de herramientas generales que se pueden aplicar en el control de calidad.

Tabla 13 Costo herramientas básicas control Calidad [40], [41], [42], [43].

Recurso	Ejemplo	Costo
Software	Minitab	\$1600,00
	Optitex	\$260,00
Material Oficina	Útiles de oficina	\$10,00 mensuales
	Equipo cómputo	\$1000,00
Personal	Analista de Calidad	\$800 mensuales

Costos – Proceso de Control. Para ejecutar el proceso de control en una empresa se requiere de recursos económicos para solventar los gastos por investigación, compra de materiales científicos, materiales empleados en técnicas de calidad y sueldos del personal encargado del control y análisis de calidad. El costo es lo que se analiza antes de seleccionar una alternativa. Los costos siempre van a ser el criterio más importante a analizar y en esta comparación se da una importancia fuerte sobre el otro criterio.

Costos – Impacto Empresarial. Para posicionarse dentro del mercado, el cual es extenso y competitivo, se debe invertir en recursos que impulsen el crecimiento de la empresa como capacitaciones básicas a todo el personal o marketing sobre la adopción de nuevos sistemas de calidad. La Tabla 14 muestra los costos de capacitaciones básicas para el personal de la empresa. En este caso se da una importancia entre moderada y fuerte del primer criterio sobre el otro.

Tabla 14 Capacitaciones impacto empresarial [44], [45].

Capacitador	Temática	Costo
Centro de Educación Continua	Liderazgo de Alto Impacto	\$135,00
	Seguridad Industrial Empresarial	\$220,00
CEPAM	Capacitación de Emprendimientos Productivos y Culturales	Gratis online
Apaconsultores	Certificación de especialistas en Gestión de Procesos.	\$620,00

Matriz normalizada

La ecuación 6 normaliza la matriz de comparaciones pareadas, resultado mostrado en la Tabla 15. Normalizar una matriz consiste en redefinir los valores dados a los criterios de manera que puedan ser considerados como nuevos valores que afecten a todas las alternativas. La normalización se realiza dividiendo cada valor de la tabla por el total del valor de la columna.

Tabla 15 Matriz normalizada. Criterios.

Control de Fallas	Metodología	Herramientas Control	Proceso Control	Impacto Empresarial	Costos
Metodología	1÷17	(1/3) ÷9,6667	(1/4)÷6,9167	(1/2)÷11,5	1/7÷1,7929
Herramientas Control	3÷17	1÷9,6667	(1/3)÷6,9167	3÷11,5	1/5÷1,7929
Proceso Control	4÷17	3÷9,6667	1÷6,9167	3÷11,5	1/5÷1,7929
Impacto Empresarial	2÷17	(1/3)÷9,6667	(1/3)÷6,9167	1÷11,5	1/4÷1,7929
Costos	7÷17	5÷9,6667	5÷6,9167	4÷11,5	1÷1,7929

Tabla 15 Matriz normalizada. Criterios. “Continuación”

Control de Fallas	Metodología	Herramientas Control	Proceso Control	Impacto Empresarial	Costos	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
Metodología	0,0588	0,0345	0,0361	0,0435	0,0797	0,2526
Herramientas Control	0,1765	0,1034	0,0481	0,2608	0,1116	0,7005
Proceso Control	0,2353	0,3103	0,1445	0,2608	0,1116	1,0626
Impacto Empresarial	0,1176	0,0345	0,0482	0,0869	0,1394	0,4266
Costos	0,4118	0,5172	0,7229	0,3478	0,5578	2,5575

Matriz prioridades

La matriz de pesos o prioridades mostrada en Tabla 16 se encuentra aplicando la ecuación 7, la misma que muestra cual es el criterio con mayor prioridad a cumplir por parte de las alternativas; en otras palabras, el criterio más importante que se debe tomar

en cuenta al momento de seleccionar la mejor alternativa. De acuerdo con la Tabla 16, el criterio con mayor prioridad a cumplir por parte de las alternativas es el de Costos, seguido de los criterios Proceso de Control, Herramientas de Control, Impacto Empresarial y por último Metodología. Estas prioridades pueden ser comparadas con los cálculos realizados por el software Expert Choice mostrados en la Fig. 12.

Tabla 16 Matriz prioridades. Criterios.

Control de Fallas	$\sum_{j=1}^n a_{ij} / n$	Prioridad	Prioridad %
Metodología	0,2526÷5	0,0505	5,05%
Herramientas Control	0,7005÷5	0,1401	14,01%
Proceso Control	1,0626÷5	0,2125	21,25%
Impacto Empresarial	0,4266÷5	0,0853	8,53%
Costos	2,5575÷5	0,5115	51,15%
		1.0000	100 %

Consistencia

Se comienza determinando el valor de λ_{max} para así encontrar el Índice de Consistencia Real IC mostrado en la ecuación 9. La Tabla 17 muestra el cálculo de λ_{max} aplicando la ecuación 10. El mismo procedimiento se emplea en los casos posteriores. Para el caso de la matriz de comparaciones pareadas $\lambda_{max} = 5,3784$. Aplicando la ecuación 6 antes mencionada, donde $n=5$, el IC es igual a:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{5,3784 - 5}{5 - 1} = 0,0946$$

De acuerdo con la Tabla 9, el Índice de Consistencia Aleatorio para $n=5$ es igual a: $IA = 1,11$ Entonces, aplicando la ecuación 8 la Razón de Consistencia CR, la cual según Saaty considera que una matriz es coherente si el ratio es inferior al 10% o 0,1 se tiene que [15]:

$$CR = \frac{IC}{IA} = \frac{0,09225}{1,11} = \mathbf{0,083}$$

Tabla 17 Cálculo λ_{max} Criterios.

Ratio Consistencia	$\sum_{i=1}^n a_{ij} \times W_{ij}$		W_{ij}		λ
Metodología	0,2661	÷	0,0505	=	5,2670
Herramientas Control	0,7208		0,1401		5,1450
Proceso Control	1,1933		0,2125		5,6146
Impacto Empresarial	0,4318		0,0853		5,0596
Costos	2,9697		0,5115		5,8059
λ_{max} (Promedio)					5,3784

➤ **Prioridades subcriterios**

Se toma como referencia las definiciones de la Tabla 10 para realizar un análisis de las calificaciones dadas al comparar los subcriterios entre sí. Como apoyo a la solución del modelo matemático empleado en el AHP, se emplea el software Expert Choice. La forma de utilizar el mismo para ingresar el modelo jerárquico, establecer calificaciones en las matrices de comparaciones pareadas y generar la respectiva solución se muestra en el Anexo 5.

Los cálculos matemáticos manuales para la matriz normalizada, las prioridades relativas y generales y la consistencia de las calificaciones para todos los subcriterios son mostradas en el Anexo 6.

Subcriterios de Metodología

La matriz de comparaciones pareadas mostrada en la Fig. 11 expone los subcriterios del criterio Metodología los cuales son: Fundamentos, Funcionalidad y Eficiencia. Para llenar la matriz se tiene en cuenta las mismas consideraciones que en el caso de los criterios mostrada en la Tabla 11. En el caso del software, las calificaciones con color rojo muestran una importancia superior del criterio que se encuentra en la columna de la matriz al compararlo con el criterio de la fila correspondiente. Las calificaciones en negro muestran una importancia del criterio que se encuentra en la fila de la matriz.

La Fig. 12 presenta las prioridades relativas de todos los criterios y subcriterios del modelo calculados por el software; dichos valores se comparan con los cálculos realizados manualmente para solventar el modelo de decisión.

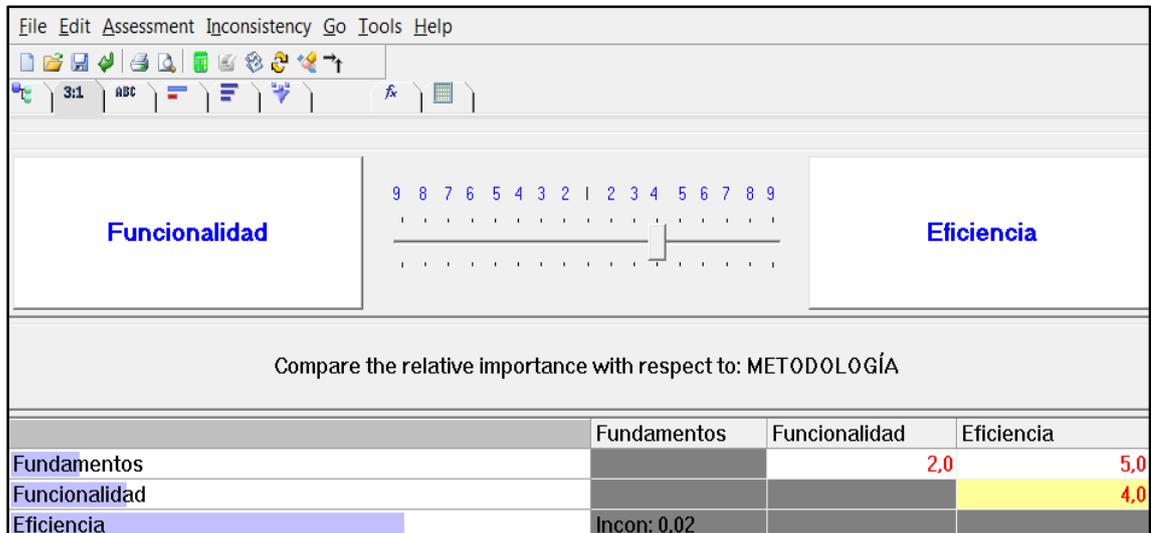


Fig. 11 Matriz de comparaciones de subcriterios respecto a Metodología.

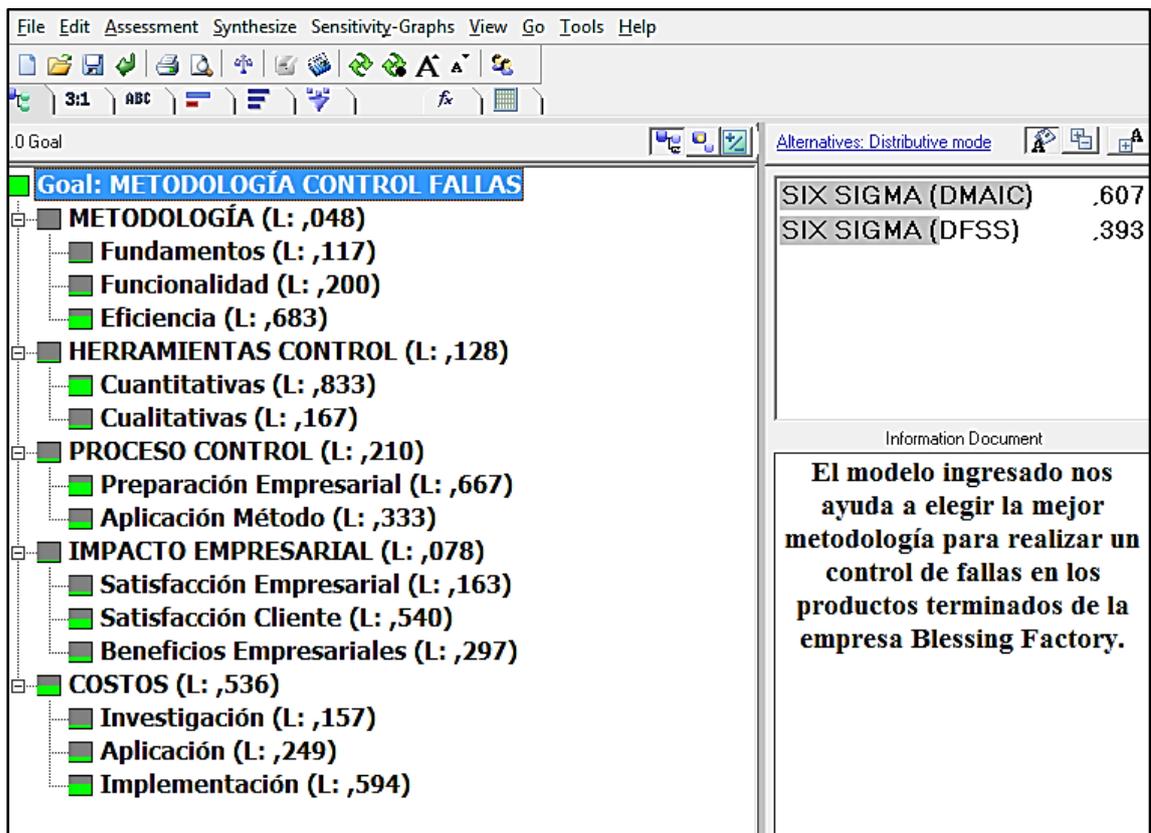


Fig. 12 Prioridades relativas de criterios y subcriterios.

Funcionalidad – Fundamentos. Existe una importancia entre igual y moderada La funcionalidad permite conocer que tan práctico y útil es cada método en el cumplimiento con el objetivo de acuerdo a las características que posee, las mismas que se encuentran dentro de sus fundamentos, es por eso que se da una importancia entre igual y moderada del primer criterio sobre el otro.

Eficiencia – Fundamentos. La eficiencia del método se pone a prueba gran parte del tiempo, debe cumplir los objetivos con los recursos planificados. Los fundamentos quedan para el conocimiento del personal, la eficiencia se califica con la ejecución del método en el campo. La importancia fuerte del primer criterio sobre el otro es notoria.

Eficiencia – Funcionalidad. Eficiencia abarca el hecho de que al conocer las bases y aplicar las características de la metodología, la misma cumple con el objetivo para la solución del problema. El subcriterio de eficiencia posee una importancia entre moderada y fuerte sobre el otro.

El subcriterio *eficiencia* posee un 68,3% de prioridad a ser cumplido por la alternativa selecta según la Fig. 12. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,02 valor que se encuentra en el rango establecido por Saaty [15].

Subcriterios de herramientas de control

La Fig. 13 expone la matriz de comparaciones pareadas de los subcriterios del criterio Herramientas de Control las cuales son: Cualitativas y Cuantitativas.

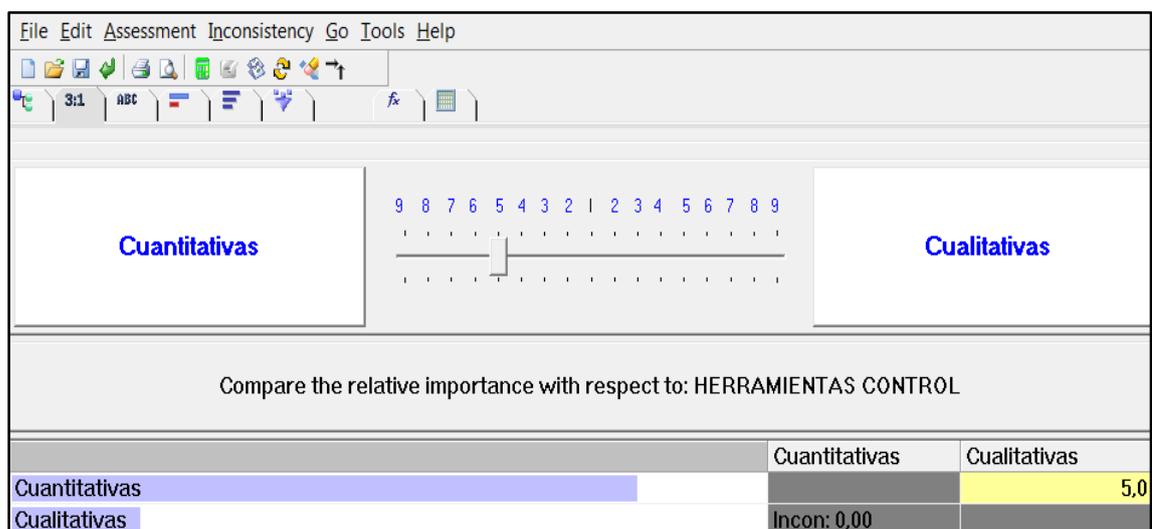


Fig. 13 Matriz de comparaciones subcriterios respecto a Herramientas de Control.

Cuantitativas – Cualitativas. Las herramientas Cuantitativas trabajan más con teorías y cálculos estadísticos para realizar un control, lo que permite conocer la variación del proceso para una característica de calidad dada y así saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria. La importancia es fuerte con respecto a las herramientas cualitativas las cuales se inclinan más a lo teórico y descriptivo.

De acuerdo a la Fig. 12, el subcriterio *cuantitativas* posee un 83,3% de prioridad a ser cumplido por la alternativa seleccionada. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00 según el Axioma 4.

Subcriterios de Proceso de Control

La matriz de comparaciones pareadas de los subcriterios del criterio Herramientas de Control las cuales son: Cualitativas y Cuantitativas se muestra en la Fig. 14. Para rellenar la matriz se tiene en cuenta los procedimientos anteriores.

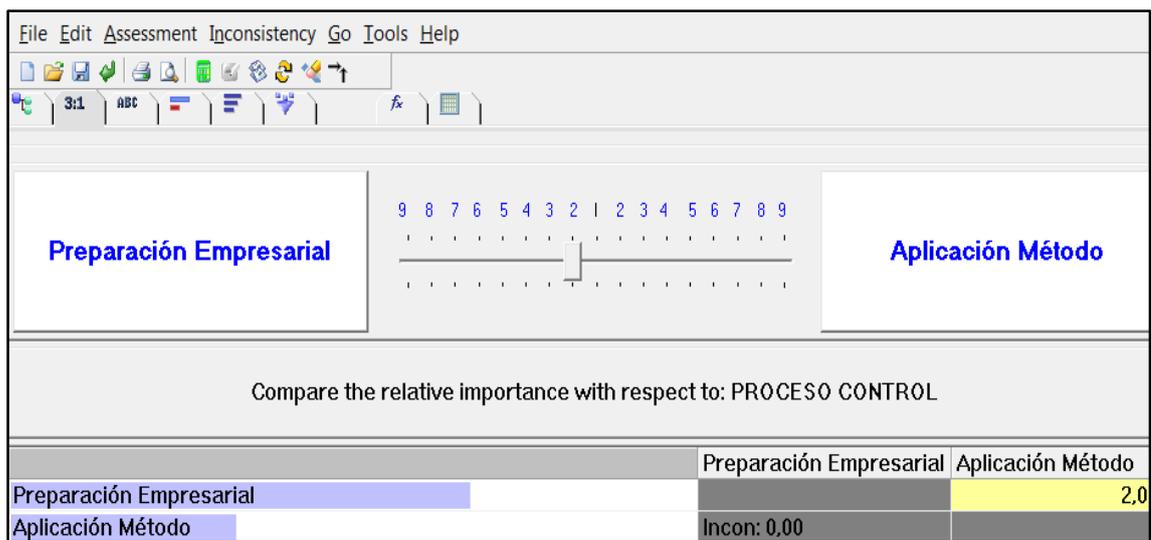


Fig. 14 Matriz de comparaciones de subcriterios respecto a Proceso Control.

Preparación Empresarial – Aplicación Método. Si el personal no ha sido capacitado en información, prácticas y aspectos que se deben tomar en cuenta para adoptar la nueva metodología, la aplicación del mismo va a ocasionar pérdida de recursos económicos, materiales y de tiempo. Ambos criterios poseen una importancia de análisis cercano debido a que marcan el inicio en la ejecución del método.

El subcriterio *preparación empresarial* posee un 66,7% de prioridad a ser cumplido por la alternativa seleccionada valor mostrado en la Fig. 12. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00 valor que refleja una matriz 2x2 al poseer columnas dependientes.

Subcriterios de Impacto Empresarial

La Fig. 15 expone la matriz de comparaciones pareadas de los subcriterios del criterio Impacto Empresarial los cuales son: Satisfacción Empresarial, Satisfacción Cliente y Beneficios Empresariales. Para establecer las calificaciones en la matriz se tiene en cuenta los procedimientos anteriores.

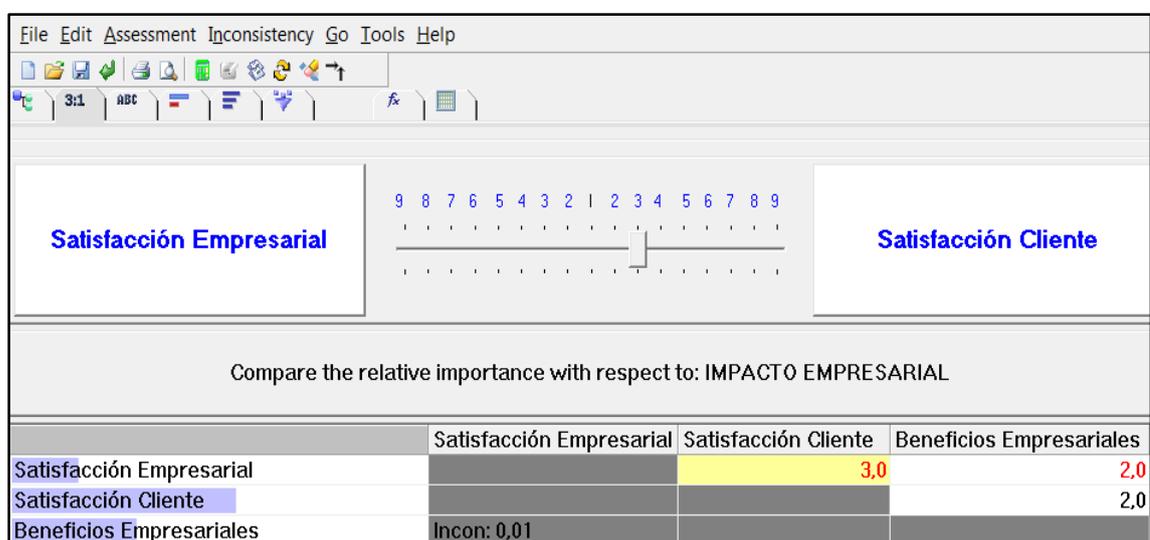


Fig. 15 Matriz de comparaciones de subcriterios respecto a Impacto Empresarial.

Satisfacción Cliente – Satisfacción Empresarial. Existe gran influencia en el mercado por parte del cliente, si a él no le agrada la prenda de vestir simplemente no la compra, ahí la importancia de cumplir con las necesidades y requerimientos del mismo. La importancia de satisfacer a los clientes está sobre la satisfacción interna que una empresa pueda tener.

Satisfacción Cliente – Beneficios Empresariales. Los dos criterios son consecuentes, si el nivel de satisfacción del cliente al cumplir con sus requerimientos es alto, las ventas, la imagen empresarial y el posicionamiento en el mercado aumentan en cierto grado. Toda la producción, la planificación que realice la alta gerencia, el lanzamiento de nuevos productos e incluso la adopción de nuevas metodologías, deben ser enfocados

hacia el cliente pero siempre teniendo en cuenta las limitaciones económicas de la empresa. Por ende se da una importancia entre igual y moderada del primer criterio sobre el otro.

Beneficios Empresariales – Satisfacción Empresarial. Los dos criterios también son consecuentes. Si la empresa logra incrementar el grado de competitividad, el aumento de beneficios de la misma son notorios, y por ende la satisfacción del personal y el valor que se le da al trabajo se ve influenciado.

El subcriterio *satisfacción cliente* posee un 54% de prioridad a ser cumplido por la alternativa más factible, de acuerdo a la Fig. 12. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,01 valor que se encuentra en el rango establecido por Saaty [15].

Subcriterios de Costos

La Fig. 16 expone la matriz de comparaciones pareadas de los subcriterios del criterio Costos los cuales son: Investigación, Aplicación e Implementación. Para establecer las calificaciones en la matriz se tiene en cuenta los procedimientos anteriores.

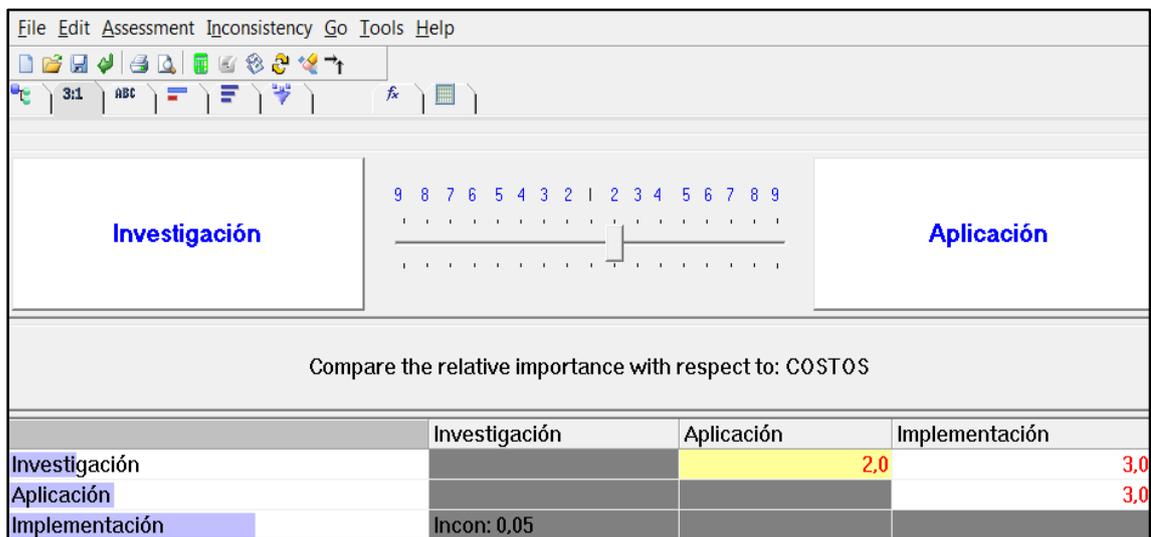


Fig. 16 Matriz de comparaciones de subcriterios respecto a Costos.

Aplicación – Investigación. El criterio aplicación se refiere a la ejecución de la alternativa más factible empleando todos los recursos definidos en el proceso de investigación y, se la toma como una prueba piloto para observar si sus resultados son positivos o no en un determinado tiempo definido por la gerencia como un responsable

directo de la planificación y realización del mismo. Se establece una importancia entre igual y moderada del primer criterio sobre el otro debido a que la diferencia en empleo de dinero es notable. En la Tabla 18 se muestran los costos estimados de los recursos necesarios en un proyecto de calidad básico con un tiempo de duración de seis meses. Se toma como referencia la información de costos presentes en las Tablas 12, 13 y 14.

Tabla 18 Costo al aplicar un proyecto básico de Calidad.

Recurso	Ejemplo	Costo (\$)	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Materiales Didácticos								
Investigación Repositorios Web	SciELO, Cobuec, Springer, IEEE	20,00 al mes	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Libro	Control estadístico de la calidad y Seis Sigma	63,00	63,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Material Oficina	Útiles de oficina	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	Equipo cómputo	1000,00	166,67	166,67	166,67	166,67	166,67	166,67
Capacitación por Apa Consultores	Certificación de especialistas en Gestión de Procesos.	620,00	103,33	103,33	103,33	103,33	103,33	103,33
Recursos Humanos								
Personal	Analista de Calidad	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
TOTAL (Costo estimado de la aplicación por mes en USD)			1163,00	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00

Implementación – Aplicación. El criterio implementación hace referencia a que la metodología en la que se realiza recolección, análisis y presentación de información es adoptada definitivamente y se requiere un costo por mantenimiento el mismo que es mensual. Los costos por la implementación definitiva o mantenimiento de un método, a lo largo del tiempo vienen a ser menores en comparación a la aplicación del mismo en un periodo de tiempo y por una sola vez, esto se debe a que ya se cuenta con recursos importantes obtenidos en la realización del primer proyecto; es por eso que la

alternativa que sea elegida, tiene que abarcar el menor costo posible. La Tabla 19 muestra el costo al implementar un proyecto de calidad básico; para su implementación se descarta las capacitaciones y materiales adquiridos como libros y equipo de cómputo los cuales fueron adquiridos en el transcurso del primer proyecto. Con esta consideración el costo es de \$830,00 mensuales. El primer criterio posee una importancia moderada sobre el otro.

Tabla 19 Costo al implementar un proyecto básico de Calidad.

Recurso	Ejemplo	Costo (\$)	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Materiales Didácticos								
Investigación Repositorios Web	Scielo, Cobuec, Springer, IEEE	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Libro	Control estadístico de la calidad y Seis Sigma	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Material Oficina	Útiles de oficina	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	Equipo cómputo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capacitación por Apa Consultores	Certificación de especialistas en Gestión de Procesos.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Recursos Humanos								
Personal	Analista de Calidad	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
TOTAL (Costo estimado de la aplicación por mes en USD)			830,00	830,00	830,00	830,00	830,00	830,00

Implementación – Investigación. El costo en ambos criterios es recuperado a lo largo del tiempo ya que se considera como una inversión por parte de la empresa. Teniendo en cuenta que una implementación es definitiva y requiere un consumo económico constante para mantener en funcionamiento sus herramientas de control, materiales y recursos en general, se da una importancia moderada del primer criterio sobre el otro.

Con referencia a la Fig. 12 el subcriterio *implementación* posee un 59,4% de prioridad a ser cumplido por la alternativa seleccionada. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,05 y se encuentra en el rango establecido por Saaty [15].

El resumen de las prioridades en orden de importancia de los criterios y subcriterios del modelo de decisión se muestra en la Tabla 20. El criterio *Costos* es el más influyente y el de mayor importancia en el modelo con un 51,15 % de prioridad a ser cumplido.

Tabla 20 Resumen prioridades criterios y subcriterios.

Criterios	Prioridad Relativa%	Subcriterios	Prioridad Relativa%	
Costos	51,15	Implementación	59,40	100%
		Aplicación	24,90	
		Investigación	15,70	
Proceso Control	21,25	Preparación Empresarial	66,67	100%
		Aplicación Método	33,33	
Herramientas Control	14,01	Cuantitativas	83,30	100%
		Cualitativas	16,70	
Impacto Empresarial	8,53	Satisfacción Cliente	54,00	100%
		Beneficios Empresariales	29,70	
		Satisfacción Empresarial	16,30	
Metodología	5,05	Eficiencia	68,30	100%
		Funcionalidad	20,00	
		Fundamentos	11,70	
	100,00%			

➤ **Prioridades Alternativas**

Se toma como referencia fundamentación teórica de las metodologías Six Sigma DMAIC y DFSS para analizar y sustentar las calificaciones dadas al comparar las alternativas con los subcriterios del modelo de decisiones.

Los cálculos matemáticos manuales para la matriz normalizada, las prioridades relativas y generales de cada alternativa son mostradas en el Anexo 7. La información sobre costos de capacitaciones y recursos necesarios se expone en el Anexo 8.

Prioridad de las alternativas respecto a Fundamentos

La matriz de comparaciones pareadas de las alternativas con respecto al subcriterio Fundamentos se muestra en la Fig. 17. Para establecer las calificaciones en la matriz se tiene en cuenta los procedimientos anteriores.

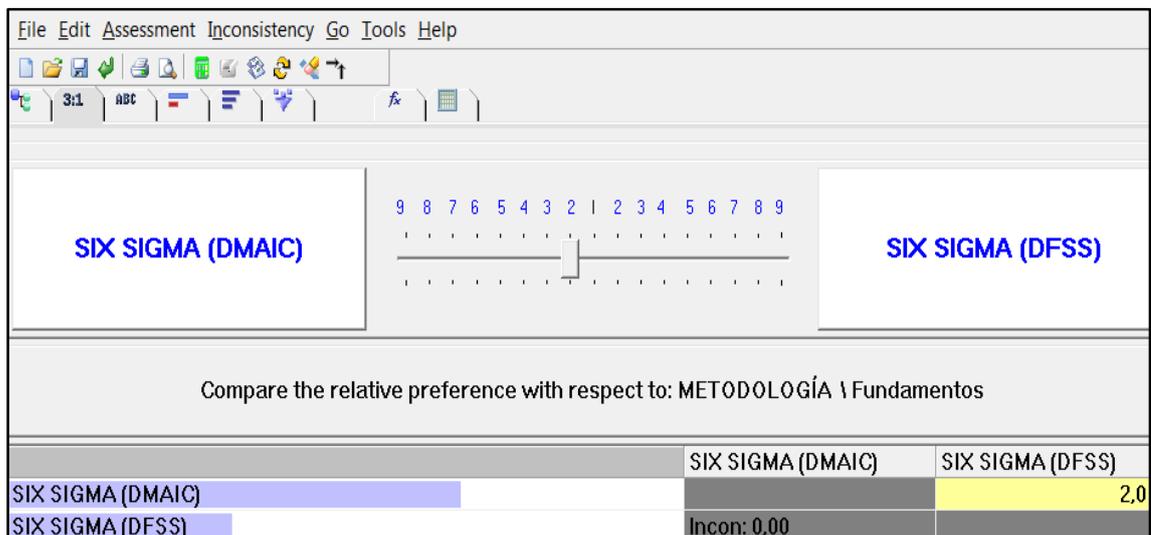


Fig. 17 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Fundamentos.

DMAIC – DFSS. La calificación muestra que este subcriterio se inclina un poco más a la alternativa DMAIC debido a la forma de su proceso. La misma dice que la base del método es corregir problemas en los procesos existentes, analizarlos y tomar acciones generando un mejoramiento continuo basado en las fases *Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar* [25], tomando lo que la empresa ya tiene, pero que no está funcionando adecuadamente y hacerlo de manera eficiente y con rigor [24].

Por otro lado, “DFSS se enfoca en que el producto o servicio: Haga las cosas correctas, que significa lograr una excelencia absoluta en diseño, ya sea el diseño del producto, proceso de manufactura, proceso de servicio o proceso de negocio [30].” Por eso se establece importancia entre igual y moderada DMAIC respecto a DFSS. La alternativa *Six Sigma DMAIC* es capaz de cumplir con el subcriterio *fundamentos* en un 66,7%. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00 según el Axioma 4.

Prioridad de las alternativas respecto Funcionalidad

La matriz de comparaciones pareadas de las alternativas con respecto al subcriterio Funcionalidad se muestra en la Fig. 18. Para establecer las calificaciones en la matriz se tiene en cuenta los procedimientos anteriores.

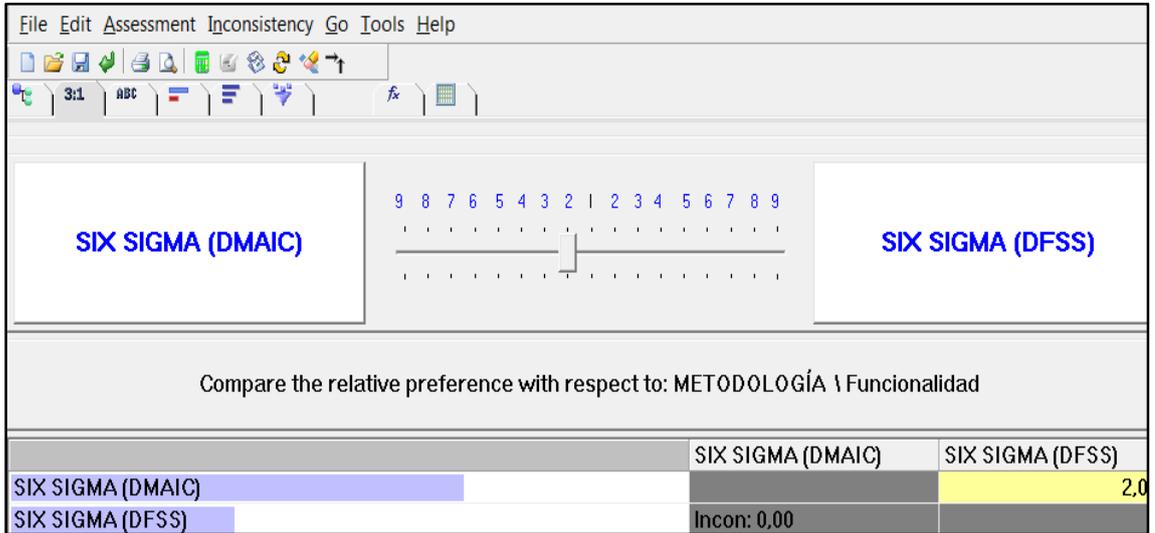


Fig. 18 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Funcionalidad.

DMAIC – DFSS. No existe una superioridad notable en el cumplimiento con este subcriterio por parte de las alternativas. Ambas son funcionales con sus técnicas y procesos. Se establece una importancia entre igual y moderada del primer método sobre el otro porque DMAIC emplea herramientas estadísticas que han sido ejecutadas y evaluadas por mucho tiempo, las mismas que se enfocan en el proceso de producción y pueden ser aplicadas en los sistemas administrativos de toda la organización [26]. DFSS centra la aplicación de sus herramientas al diseño/rediseño de productos o procesos para evitar errores en lo posterior. La alternativa *Six Sigma DMAIC* es capaz de cumplir con el subcriterio *funcionalidad* en un 66,7%. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00 según el Axioma 4.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Eficiencia

La matriz de comparaciones pareadas de esta comparación se muestra en la Fig. 19. Para establecer las calificaciones en la matriz se tiene en cuenta los procedimientos anteriores.

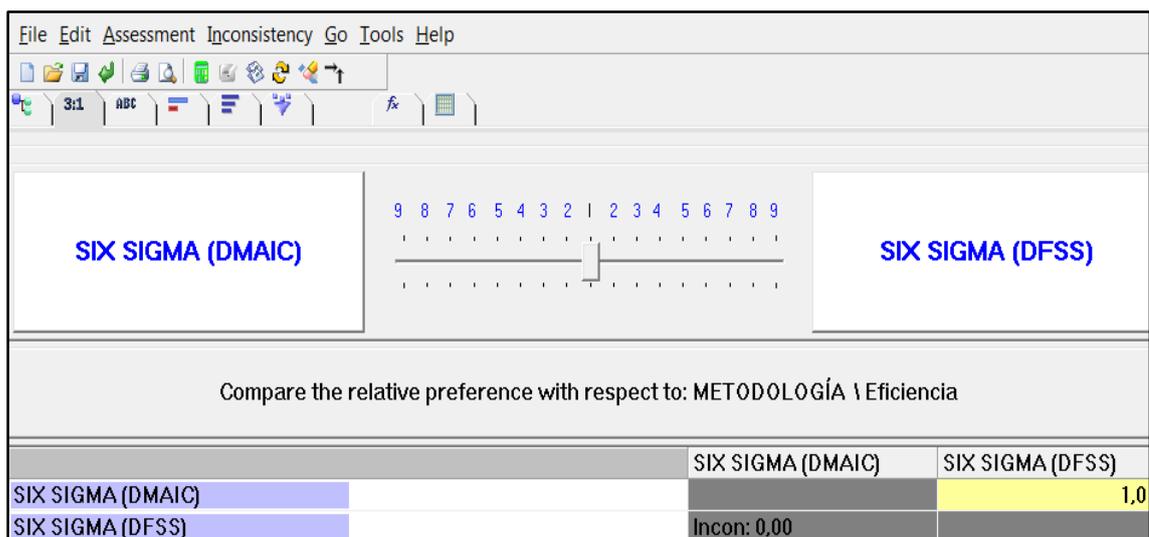


Fig. 19 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Eficiencia.

DMAIC – DFSS. Ambos métodos dan cumplimiento al objetivo de la investigación, controlar fallas en los productos terminados haciendo uso de todas sus herramientas. DMAIC realiza un mejoramiento continuo, debido a la capacidad que tiene el método en *medir* para conocer la variabilidad del proceso y poder atacarla [27]. DFSS asegura que un producto no va a tener fallas en el futuro de acuerdo al proceso de diseño que se realice. Por eso se da una importancia igual para ambas alternativas.

Ambas alternativas son capaces de cumplir con el subcriterio *eficiencia* y la consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00 valor que refleja una matriz de orden 2x2 por la dependencia de sus columnas.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Cuantitativas

La matriz de comparaciones pareadas de esta relación se muestra en la Fig. 20. Las calificaciones en la matriz se toman en base a los procedimientos anteriores.

DMAIC – DFSS. En estas herramientas intervienen cálculos matemáticos o estadísticos para realizar un control. En ambos métodos se puede aplicar el Diseño de Experimentos, AMFE (Modo de Falla y Análisis de Efectos), análisis de Pareto, Diagramas de Dispersión y el Control Estadístico de Procesos, las mismas que han sido empleadas durante mucho tiempo. Six Sigma DFSS posee herramientas como Técnicas de Simulación Probabilística, Diseño Axiomático, Análisis de Regresión, Métodos Taguchi, CAD/CAE, Simulación [30]; que no solo se encargan del control de la

variabilidad de los procesos sino también, abarcan el diseño/rediseño de productos o procesos. En este caso se da una importancia moderada de la alternativa DFSS sobre DMAIC.

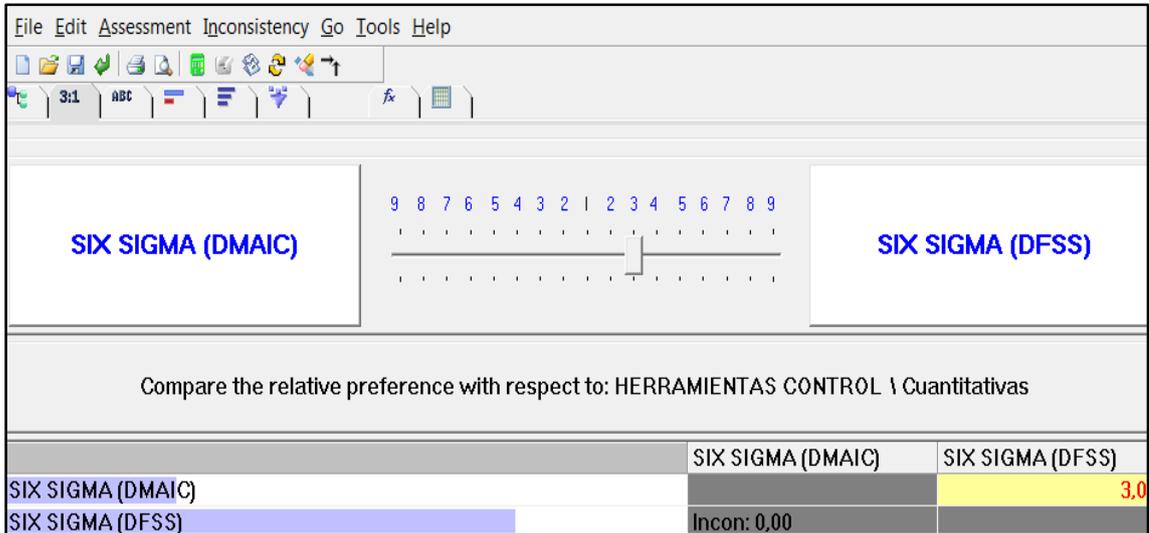


Fig. 20 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Cuantitativas.

La alternativa DFSS cumple con éste subcriterio en un 75% y la consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00 según el Axioma 4.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Cualitativas

La matriz de comparaciones pareadas de esta comparación se muestra en la Fig. 21. Las calificaciones en la matriz se toman en base a los procedimientos anteriores.

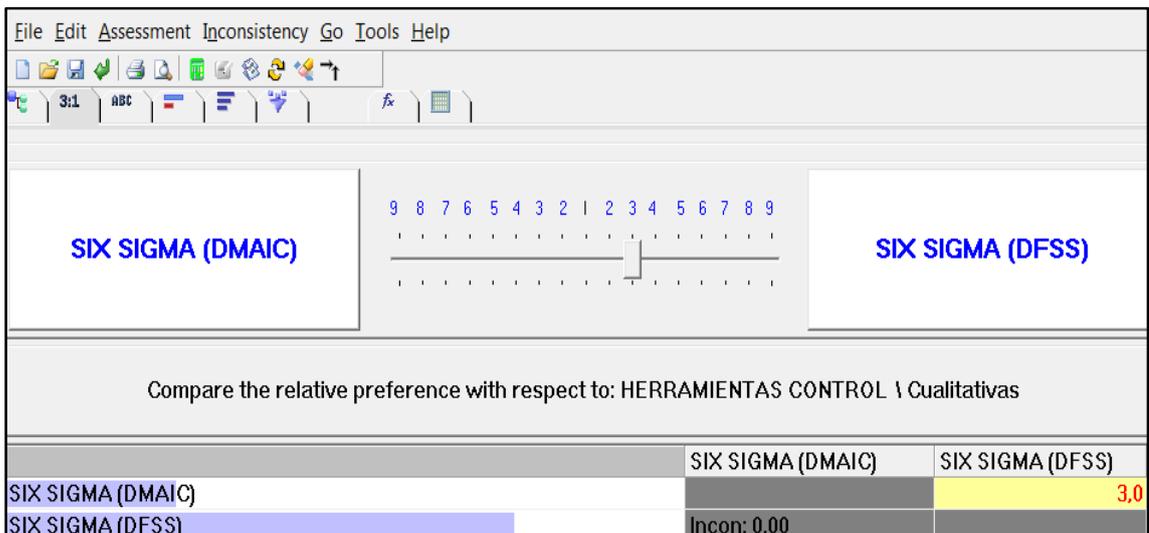


Fig. 21 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Cualitativas.

DMAIC – DFSS. Estas herramientas se basan en lo descriptivo, apoyado en criterios de los grupos investigadores. Ambas metodologías poseen instrumentos cualitativos muy aplicados, sin embargo, el enfoque que DFSS le da a lo descriptivo es mayor al realizar un estudio y recolección de información a los clientes externos con el fin de diseñar o rediseñar un producto, el mismo que debe cumplir con características especiales. Se requiere información de clientes internos para rediseñar un proceso existente o crear uno nuevo. Aquí las herramientas cualitativas son importantes mostrando las especificaciones que aseguran que el nuevo proceso da como resultado un producto sin fallas; algunas son Optimización Multiatributo, Tableros de Proyectos DFSS, El método de Despliegue de la Función de Calidad (QFD), Análisis de Riesgo, La teoría de solución creativa de problemas (TRIZ), Los métodos de validación del diseño, Diagramas Causa – Efecto, Benchmarking, Poka –Yoke. En este caso se da una importancia moderada de la alternativa DFSS sobre DMAIC.

La alternativa DFSS cumple con éste subcriterio en un 75% y la consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Preparación Empresarial

La matriz de comparaciones pareadas se muestra en la Fig. 22. Las calificaciones en la matriz se toman en base a los procedimientos anteriores.

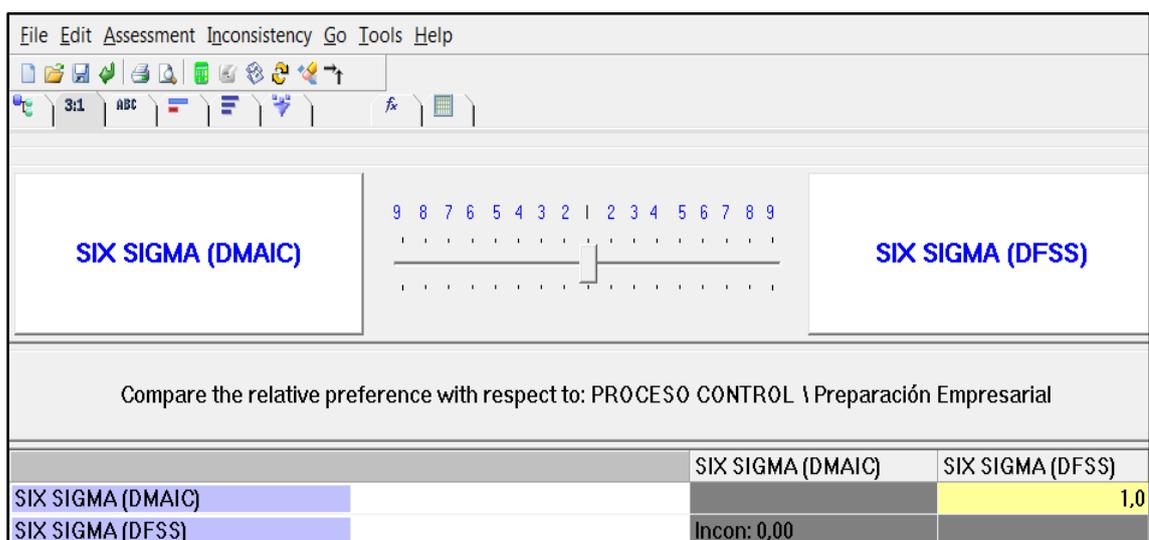


Fig. 22 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Preparación Empresarial.

DMAIC – DFSS. Las metodologías planteadas hacen énfasis en que se debe realizar una preparación al personal de la empresa antes de su aplicación, formando equipos de trabajo y estableciendo normas.

En DMAIC la *Formación del Equipo de Trabajo* establece que, el Gerente General es el que provee los recursos para el proyecto y supervisa el desarrollo del mismo. Jefe de Planta cuenta con un vasto conocimiento tanto de la metodología como del proceso de producción, realiza la planificación del proyecto. Líder del equipo de trabajo conoce la metodología Seis Sigma y es el encargado del desarrollo del método. Obreros que son los que generan movimiento en la línea de producción y aplican el método, siguen instrucciones y dan opiniones [29]. La Fig. 23 muestra un plan de estudios para el entrenamiento de cintas negras en la metodología DMAIC aplicada por General Electric [46].

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
<ul style="list-style-type: none"> • Visión general • Planeación del proceso de mejora • Proceso de mapeo • Despliegue de la función de calidad • Modo de falla y análisis de efectos • Conceptos de efectividad organizacional • Estadística básica • Capacidad del proceso • Análisis de los sistemas de medición 	<ul style="list-style-type: none"> • Pensamiento estadístico • Prueba de hipótesis • Correlación • Regresión simple • Evaluación del equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de experimentos • Análisis de varianza • Regresión múltiple • Herramientas facilitadoras 	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de control • Control estadístico de los procesos • Prueba de errores • Desarrollo del equipo

Fig. 23 Entrenamiento personal Black Belt en Six Sigma DMAIC [46], [47].

En DFSS la *Formación del Equipo de Trabajo de Diseño* establece que, es necesario formar el equipo de trabajo el cual incluye a representantes de los proveedores y clientes, así como a participantes clave. Se definen claramente sus roles, responsabilidades, recursos, etc. Su reto primario es aprender y mejorar más rápido que sus competidores [30].

La Fig. 24 muestra la preparación que un miembro del equipo debe recibir para ser certificado como Green Belt en DFSS.

Introducción	Definición	Medición	Análisis	Verificación e Implementación
<ul style="list-style-type: none"> • Seis Sigma y el proceso de diseño • Las etapas DFSS DMADV 	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación del proyecto • Planeación del proceso de cambio • Identificar riesgos • Revisión de requerimientos de Tollgate 	<ul style="list-style-type: none"> • Escuchar y comprender la voz del cliente • Diagrama de afinidad • Traducir las necesidades a requerimientos del producto • Despliegue de la función de calidad - QFD • Dar prioridad a los CTQs • Re evaluar riesgos 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar funciones clave del producto • Priorizar funciones • Generar conceptos • Diseño de experimentos • Fase de diseño • Generar diseño de alto nivel • Generar diseño detallado • Diseño de tolerancias • Confiabilidad estadística • AMEF y árbol de fallas • Plan de producción piloto 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar y evaluar lote piloto • Implementar diseño • Cerrar proyecto

Fig. 24 Entrenamiento personal Green Belt en Six Sigma DFSS [31].

Las alternativas poseen la misma importancia en el cumplimiento de este subcriterio porque preparan a la empresa en todas las fases de su aplicación.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Aplicación Método

La matriz de comparaciones pareadas para esta solución se muestra en la Fig. 25.

DMAIC – DFSS. Existe mayor información sobre la aplicación de DMAIC al ser esta la técnica tradicional en Six Sigma. Ambas alternativas se emplean en proyectos planificados con anterioridad y definidos en reunión con la alta gerencia en los mismos que dan cumplimiento a las fases de aplicación explicadas anteriormente.

Un proyecto típico de DMAIC dura 8 meses en comparación a los 12 necesarios en DFSS [31], debido al enfoque que se da a los procesos y productos existentes en la empresa y no al diseño/rediseño; esto quiere decir que se obtienen resultados y evaluaciones de procesos y productos en un menor tiempo, por eso la importancia entre igual y moderada de la primera alternativa sobre la segunda.

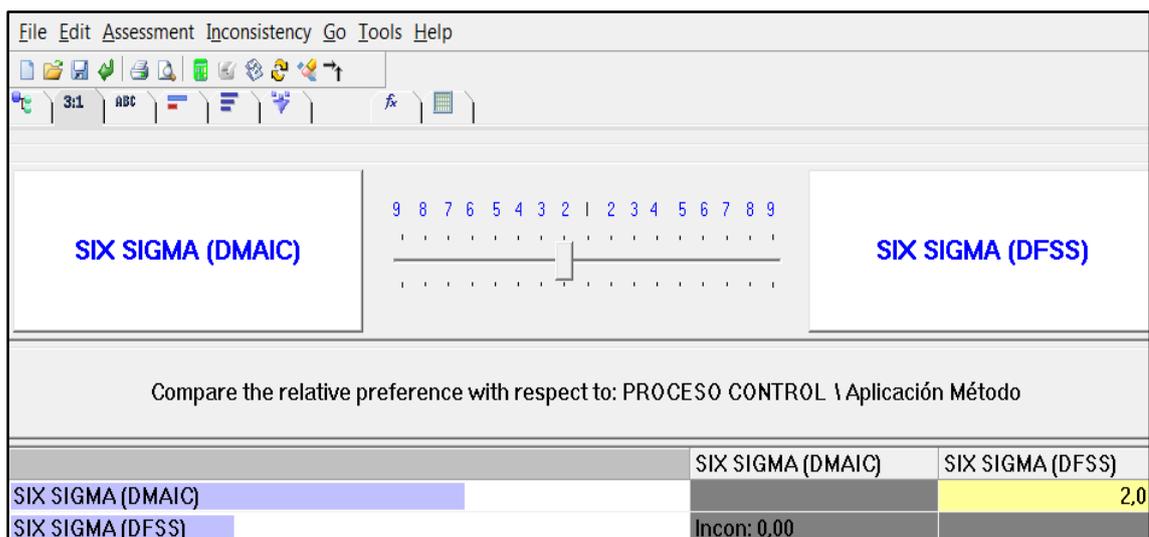


Fig. 25 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Aplicación Método.

La Fig. 26 muestra un cronograma de planificación para aplicar un proyecto sobre metodología DMAIC.

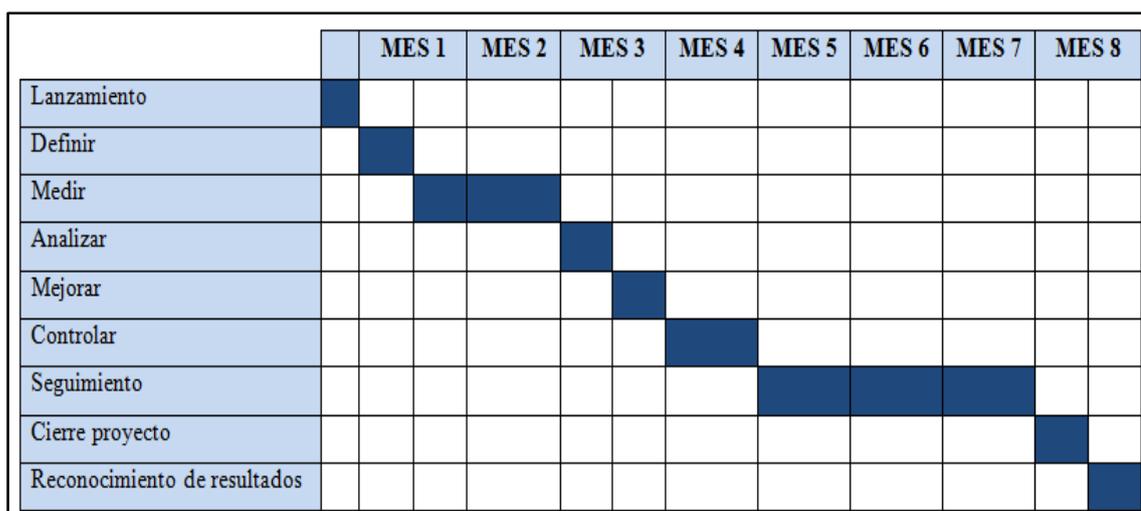


Fig. 26 Planificación de un proyecto DMAIC típico [48].

La alternativa DMAIC cumple con éste subcriterio en un 66,67% y la consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Satisfacción Empresarial

La matriz de comparaciones pareadas se muestra en la Fig. 27. Las calificaciones en la matriz se toman en base a los procedimientos anteriores.

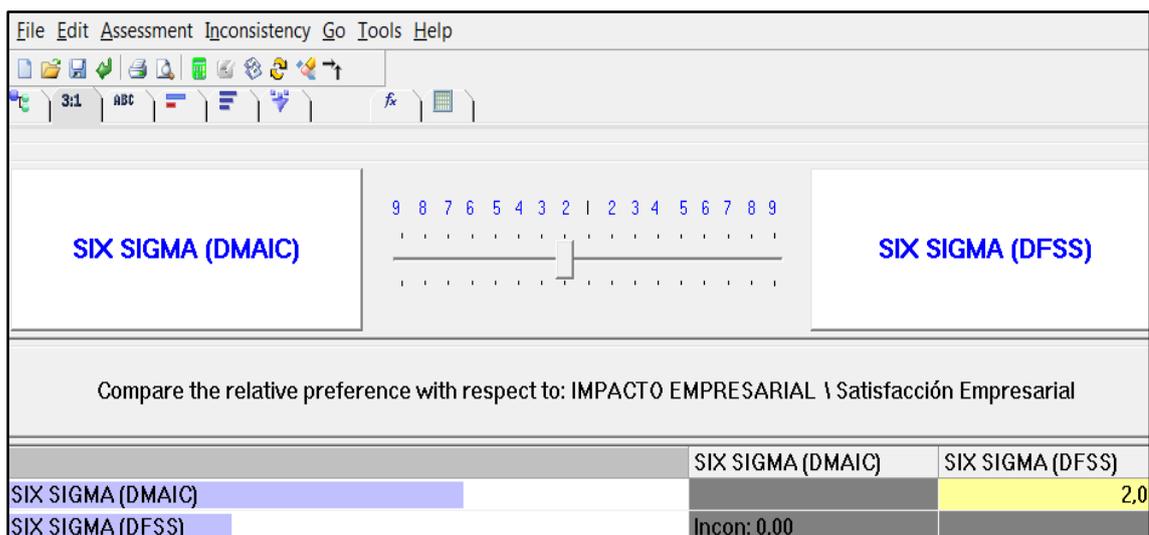


Fig. 27 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Satisfacción Empresarial.

DMAIC – DFSS. La primera alternativa posee un enfoque de trabajo interno definiendo problemas, midiendo variabilidad de los defectos, analizando resultados de información recolectada. Al concentrarse en estos puntos se sigue el camino hacia la mejora continua cuya expresión está en productos y procesos de calidad reflejo de que las cosas se hacen bien, por ende existe un personal satisfecho con su trabajo y en un ambiente laboral agradable. Al centrarse más en la empresa, la primera alternativa posee una importancia entre igual y moderada.

La alternativa DMAIC cumple con éste subcriterio en un 66,67% y la consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Satisfacción Cliente

La matriz de comparaciones pareadas se muestra en la Fig. 28. Las calificaciones en la matriz se toman en base a los procedimientos anteriores.

DMAIC – DFSS. El diseño para Six Sigma se enfoca en la voz del cliente (VOC). El comienzo de todo proyecto DFSS es definir las especificaciones y características que el nuevo producto debe cumplir y así diseñar un proceso a su alcance; toda esta información la da el cliente y el mismo posee la mayor influencia en el mercado ya que decide si comprar o no. Al centrarse más en los clientes, la segunda alternativa posee una importancia moderada respecto a la primera.

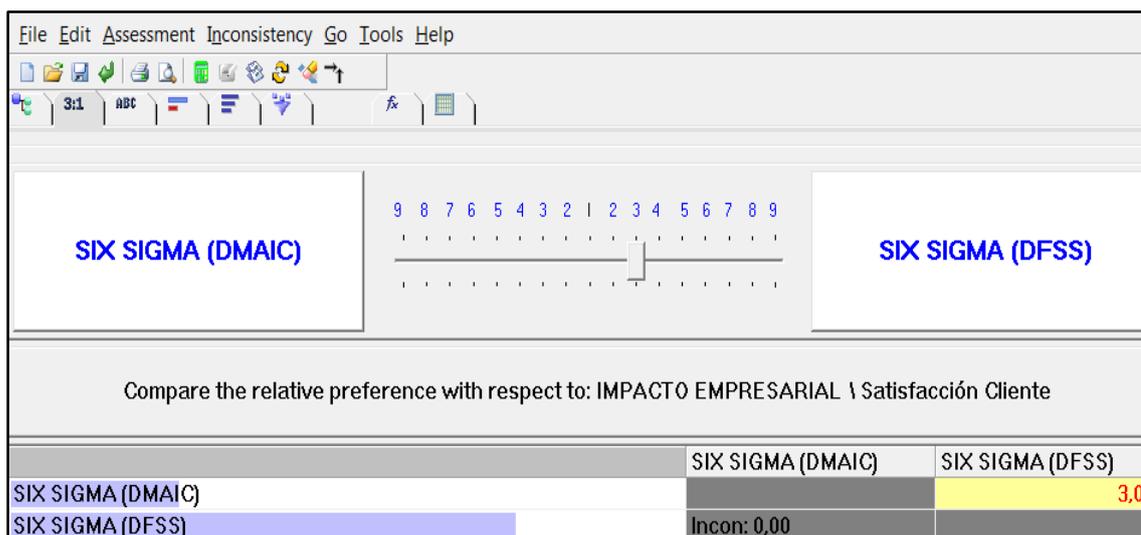


Fig. 28 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Satisfacción Cliente.

La alternativa DFSS cumple con éste subcriterio en un 75% y la consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00 según el Axioma 4.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Beneficios Empresariales

La matriz de comparaciones pareadas se muestra en la Fig. 29. Las calificaciones en la matriz se toman en base a los procedimientos anteriores.

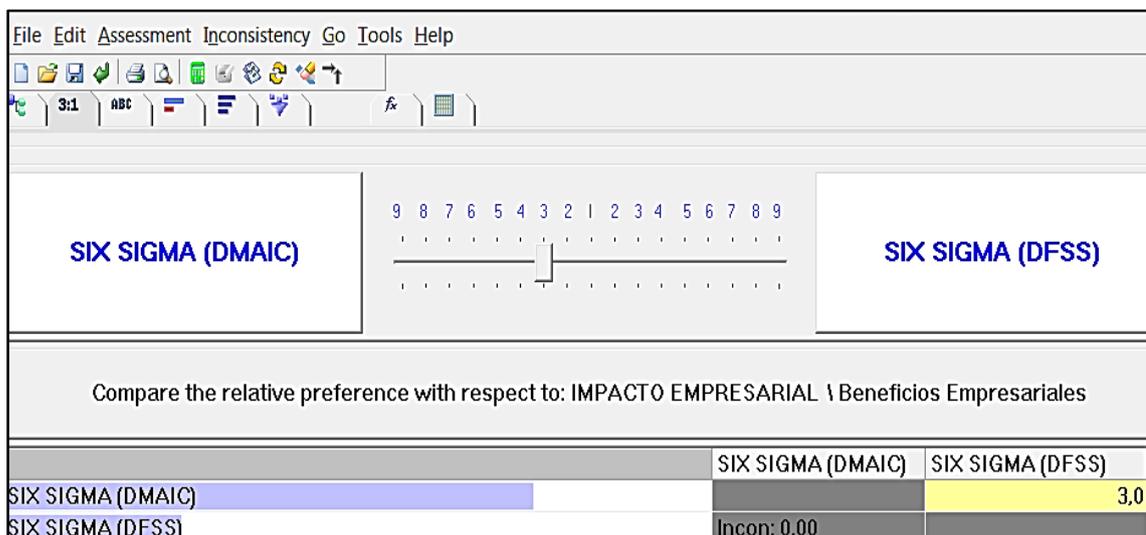


Fig. 29 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Beneficios Empresariales.

DMAIC – DFSS. Se obtienen grandes beneficios empresariales con la aplicación correcta de cualquiera de las dos alternativas. Con la primera la mejora de rentabilidad

económica, productiva, fidelización del cliente y mejora del entorno de trabajo son palpables [27] al igual que la “reducción de más del 50% en los costos del proceso, mejoras en el tiempo de ejecución, abatimiento del desperdicio de materiales y mayor confiabilidad en sus productos y servicios [49].” “Los beneficios de DFSS son más difíciles de cuantificar y son más a largo plazo. Puede tardar más de seis meses después del lanzamiento del nuevo producto antes de comenzar a ver las verdaderas mejoras del proyecto. Sin embargo, el eventual retorno de la inversión puede ser profundo [50]”, por esto se da una importancia moderada de DMAIC respecto a la segunda alternativa. La alternativa DMAIC cumple con éste subcriterio en un 75% y la consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Investigación

La matriz de comparaciones pareadas para esta comparación se muestra en la Fig. 30.

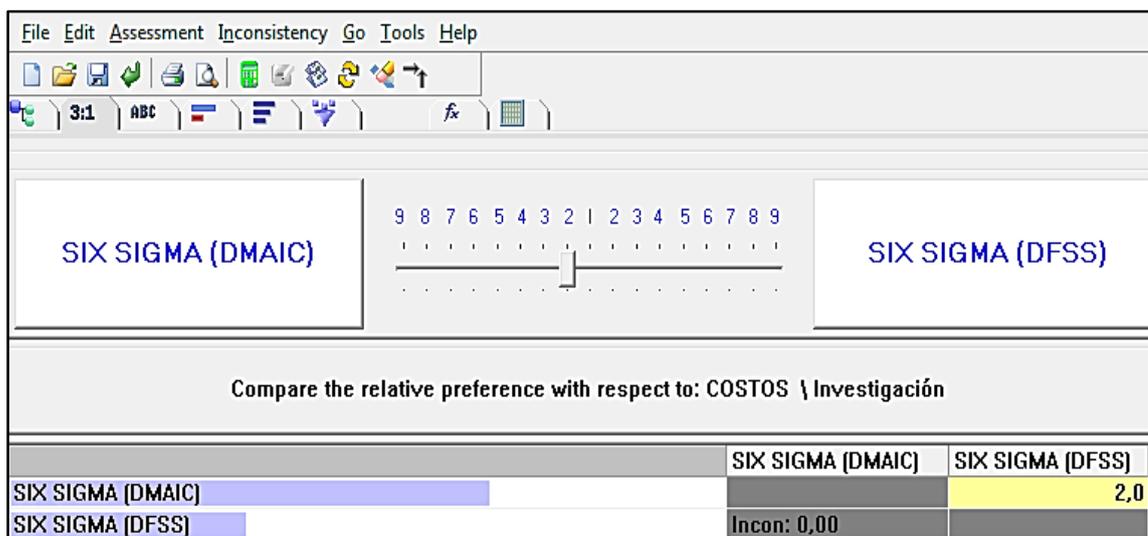


Fig. 30 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Investigación.

DMAIC – DFSS. Esta comparación se centra en los costos necesarios para la investigación de cada método. Aquí está presente el costo por la capacitación al personal que se pone a cargo de la ejecución de un proyecto planificado. De acuerdo a las investigaciones las capacitaciones en Six Sigma DMAIC son más baratas en comparación a DFSS. La Tabla 21 muestra los costos por persona para recibir una capacitación en la metodología Six Sigma DMAIC en el Ecuador. Precios de libros sobre Six Sigma DMAIC se muestran en la Tabla 22.

Tabla 21 Costos capacitaciones Green y Black Belt Six Sigma DMAIC [51], [52].

Empresa	Modalidad	Tiempo	Costo
Formación Gerencial (Green Belt)	A distancia	3 meses	\$1728,00
Formación Gerencial (Black Belt)	A distancia	1 meses	\$3168,00
Círculo – Tec	A distancia	19 horas	\$312,00

Tabla 22 Costos libros sobre Six Sigma DMAIC [53].

Título	Autor	Costo
Seis – Sigma: Metodología y Técnicas	Edgardo Escalante	\$65,33
Seis Sigma Para Gerentes y Directores	Fernando González	\$18,60
Guía para la Aplicación de un Proyecto Seis Sigma	Jeffrey N. Lowenthal	\$26,00

La Tabla 23 muestra los costos por persona para recibir una capacitación en la metodología Six Sigma DFSS. Las empresas mostradas se encuentran fuera del país. Precios de libros sobre Six Sigma DFSS se muestran en la Tabla 24.

Tabla 23 Costos capacitaciones Green Belt Six Sigma DFSS [54], [31], [55].

Empresa	Modalidad	Tiempo	Costo
Tecnológico de Monterrey	Presencial	40 horas	\$2922,00
SoltiMex	Presencial	40 horas	\$2035,00
Instituto de Postgrados y Desarrollo Empresarial	A Distancia	300 horas	\$2300,00

Tabla 24 Costos libros sobre Six Sigma DFSS [53].

Título	Autor	Costo
Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development	Kai Yang Basem El-Haik	\$98,86
Design for Six Sigma in Technology and Product Development	C.M. Creveling, J. L. Slutsky	\$100,00
Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure	Geoff Tennant	\$125,00

La alternativa DMAIC cumple con éste subcriterio en un 66,67% y la consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Aplicación

La matriz de comparaciones pareadas para esta comparación se muestra en la Fig. 31.

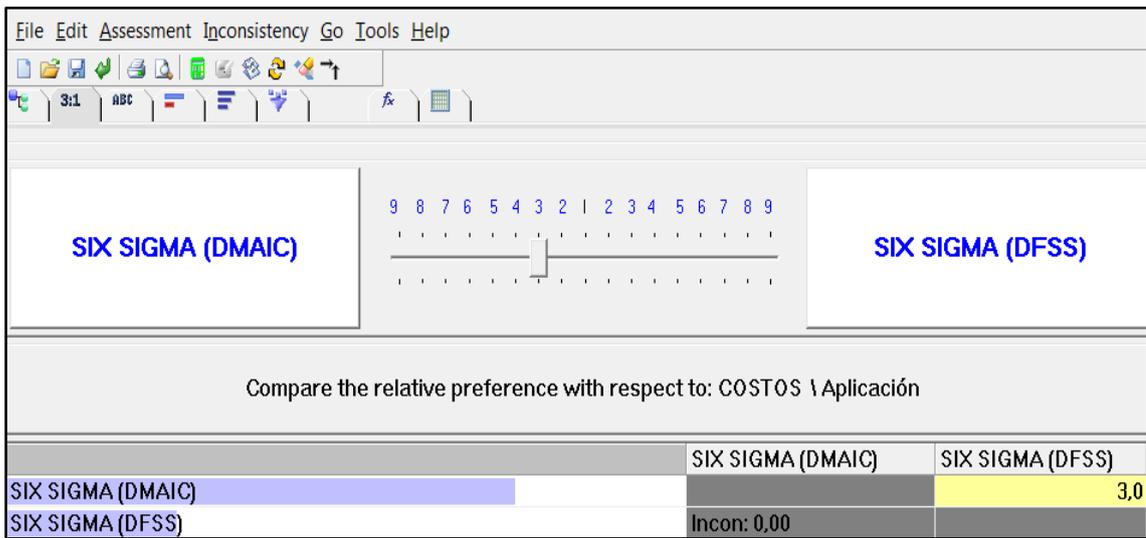


Fig. 31 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Aplicación.

DMAIC – DFSS. No existe información acerca de un costo fijo para aplicar Six Sigma, la única forma de conocer su precio es diseñar un proyecto con todos los recursos necesarios para el mismo y aplicarlo. La Tabla 25 expone la información sobre el costo estimado necesario para aplicar por primera vez un proyecto Six Sigma DMAIC básico. Como las herramientas de control requieren información de campo, se estima el costo de las hojas de verificación empleadas cada día y los útiles de oficina requeridos. Se toma como referencia la información de costos expuestos en las Tablas 13, 14, 21, 22.

En DFSS el costo inicial es muy alto debido a que hay muchos más requerimientos del cliente a ser identificados y estudiados, y para ello se requiere de gran cantidad de recursos de recolección e interpretación de información [30]. Actualmente se emplean las aulas virtuales para establecer reuniones a distancia con grupos de clientes y así obtener la mayor información posible sobre sus requerimientos. La Tabla 26 expone la información sobre el costo estimado necesario para aplicar por primera vez un proyecto Six Sigma DFSS básico. Se toma como referencia la información de costos expuestos en las Tablas 13, 14, 23, 24.

Tabla 25 Costo estimado de aplicación de un proyecto básico Six Sigma DMAIC.

Recurso	Ejemplo	Cantidad	Costo Unitario	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Recursos Humanos											
Jefe de Producción	Analista de Calidad	1	800 mensual	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Capacitaciones											
Capacitación Jefe de Producción	Formación Gerencial (Green Belt)	1	1728,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00	216,00
Capacitación empresarial	Centro de Educación Continua: Seguridad Industrial Empresarial	1	220,00	220,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Capacitación de Emprendimientos Productivos y Culturales	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Materiales para Control de Calidad											
Herramientas para Control	Hojas para análisis de información y aplicación de herramientas DMAIC	Costo aproximado en hojas y útiles en general		15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Materiales Didácticos											
Repositorios Web	Scielo, Cobuec, Springer, IEEE	indefinida	20,00 mensual	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Libros	Seis – Sigma: Metodología y Técnicas	1	65,33	65,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Guía Aplicación de un Proyecto Seis Sigma	1	26,00	26,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Material Oficina	Equipo cómputo	1	1000,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
Software Empresarial	Minitab	1	1600,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
TOTAL (Costo mensual estimado en USD)				1687,33	1376						

Tabla 26 Costo estimado de aplicación de un proyecto básico Six Sigma DFSS [56].

Recurso	Ejemplo	Cantidad	Costo Unitario	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Recursos Humanos															
Jefe de Producción	Analista de Calidad	1	800,00 mensual	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Capacitaciones															
Capacitación Jefe de Producción	Instituto de Postgrados y Desarrollo Empresarial: Green Belt Six Sigma	1	2300,00	191,67	191,67	191,67	191,67	191,67	191,67	191,67	191,67	191,67	191,67	191,67	191,67
Capacitación empresarial	Centro de Educación Continua: Seguridad Industrial Empresarial	1	220,00	220,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Capacitación de Emprendimientos Productivos y Culturales	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Materiales para Control de Calidad															
Investigación requerimientos cliente/mercado	Reuniones periódicas con clientes principales en aulas virtuales. Recolección sistemática de feedbacks. (Encuestas virtuales)	Plan básico Plus 12hr/mes	220,00	220,00	0,00	220,00	0,00	220,00	0,00	220,00	0,00	220,00	0,00	220,00	0,00
Herramientas para Control	Hojas de recolección de datos Hojas para análisis de información y aplicación de herramientas DFSS	Costo aproximado en hojas y útiles en general		60,00	0,00	60,00	0,00	60,00	0,00	60,00	0,00	60,00	0,00	60,00	0,00
Materiales Didácticos															
Investigación Repositorios Web	Scielo, Cobuec, Springer, IEEE	indefinida	20,00 mensual	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Libros	Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure	1	125,00	125,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development	1	98,86	98,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Material Oficina	Equipo cómputo	1	1000,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
Software Empresarial	Minitab	1	1600,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Software de Diseño/patronaje	OPTITEX 11 PROFESIONAL FULL	1	260,00	0,00	260,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL (Costo mensual estimado en USD)				2260,53	1596,67	1816,67	1336,67								

En lo que se refiere a la aplicación de un proyecto Six Sigma por primera vez la alternativa DMAIC cuesta aproximadamente USD 11319,33. DFSS cuesta aproximadamente USD 19623,9 mostrando una diferencia de USD 8304,57 aproximadamente por proyecto. DMAIC cumple con éste subcriterio en un 75% La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es de 0,00 según el Axioma 4.

Prioridad de las alternativas al compararlas con el subcriterio Implementación

La matriz de comparaciones pareadas para esta comparación se muestra en la Fig. 32.

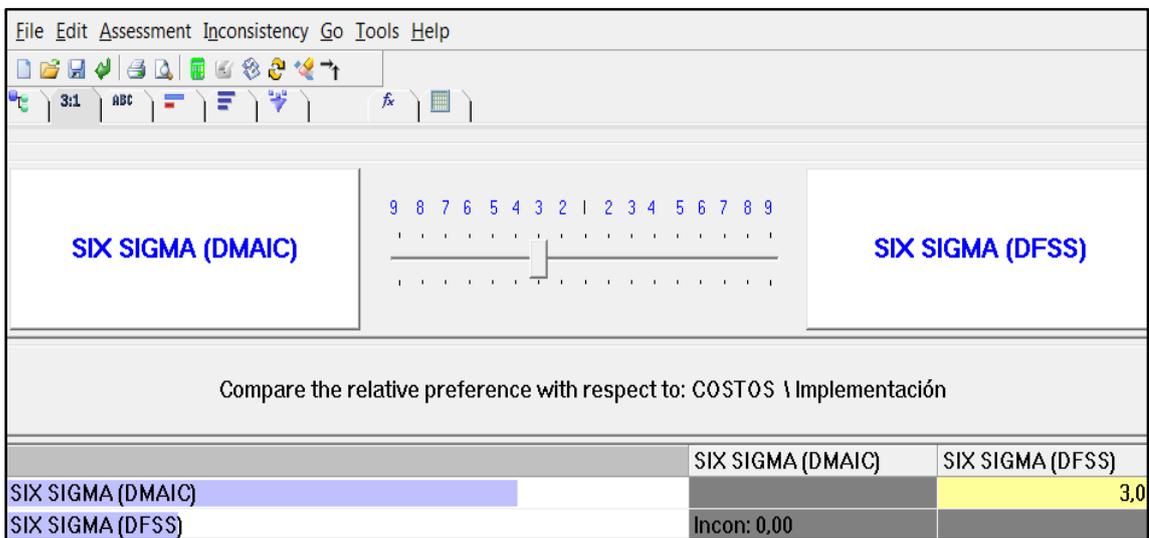


Fig. 32 Matriz de comparaciones alternativas respecto a Implementación.

DMAIC – DFSS. La implementación de cualquiera de las alternativas implica la aplicación de varios proyectos durante ciertos meses en forma indefinida. Aquí los costos son menores porque ya se cuenta con personal capacitado y recursos como libros y equipos cuya adquisición es definitiva además de la experiencia de la primera prueba en el campo. Con esto se da una importancia moderada a DMAIC sobre DFSS. La Tabla 27 muestra que aproximadamente USD 8500 es el costo para la implementación futura de proyectos Six Sigma DMAIC; el aumento de sueldo al Jefe de producción es evidente debido a la responsabilidad de mejorar los procesos de la empresa [57]. La Tabla 28 muestra que aproximadamente USD 15340 es el costo para la implementación y mantenimiento de proyectos básicos DFSS. Existe un ahorro de USD 6840 por proyecto con la alternativa DMAIC, por lo que cumple con éste subcriterio en un 75% y la consistencia de las calificaciones ingresadas es de 0,00.

Tabla 27 Costo estimado de implementación de proyectos Six Sigma DMAIC.

Recurso	Ejemplo	Cantidad	Costo Unitario	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Recursos Humanos											
Jefe de Producción	Analista de Calidad	1	1000 mensual	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Capacitaciones											
Capacitación Jefe de Producción	Formación Gerencial (Green Belt)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capacitación empresarial	Centro de Educación Continua: Seguridad Industrial Empresarial	1	220,00	220,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Capacitación de Emprendimientos Productivos y Culturales	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Materiales para Control de Calidad											
Herramientas para Control	Hojas para análisis de información y aplicación de herramientas DMAIC	Costo aproximado en hojas y útiles en general		15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Materiales Didácticos											
Repositorios Web	Scielo, Cobuec, Springer, IEEE	indefinida	20,00 mensual	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Libros	Seis – Sigma: Metodología y Técnicas	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Guía Aplicación de un Proyecto Seis Sigma	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Material Oficina	Equipo cómputo	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Software Empresarial	Minitab	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL (Costo mensual estimado en USD)				1255	1035						

Tabla 28 Costo estimado de implementación de proyectos Six Sigma DFSS.

Recurso	Ejemplo	Cantidad	Costo Unitario	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Recursos Humanos															
Jefe de Producción	Analista de Calidad	1	1000,00 mensual	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Capacitaciones															
Capacitación Jefe de Producción	Instituto de Postgrados y Desarrollo Empresarial: Green Belt Six Sigma	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capacitación empresarial	Centro de Educación Continua: Seguridad Industrial Empresarial	1	220,00	220,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Capacitación de Emprendimientos Productivos y Culturales	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Materiales para Control de Calidad															
Investigación requerimientos cliente/mercado	Reuniones periódicas con clientes principales en aulas virtuales. Recolección sistemática de feedbacks. (Encuestas virtuales)	Plan básico Plus 12hr/mes	420,00	420,00	0,00	420,00	0,00	420,00	0,00	420,00	0,00	420,00	0,00	420,00	0,00
Herramientas para Control	Hojas de recolección de datos Hojas para análisis de información y aplicación de herramientas DFSS	Costo aproximado en hojas y útiles en general		60,00	0,00	60,00	0,00	60,00	0,00	60,00	0,00	60,00	0,00	60,00	0,00
Materiales Didácticos															
Investigación Repositorios Web	Scielo, Cobuec, Springer, IEEE	indefinida	20,00 mensual	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Libros	Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Material Oficina	Equipo cómputo	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Software Empresarial	Minitab	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Software de Diseño/patronaje	OPTITEX 11 PROFESIONAL FULL	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL (Costo mensual estimado en USD)				1720	1020	1500	1020								

➤ **Determinación de la mejor alternativa**

Al tener las prioridades generales de las alternativas con respecto a los subcriterios se crea una tabla de resumen para organizar de mejor forma la información la misma que se muestra en la Tabla 29. Para conocer la prioridad total de cada alternativa se suman las filas de la tabla anterior, así se conoce el método que cumple con el objetivo de la investigación y con los subcriterios planteados.

Tabla 29 Prioridades alternativas respecto a los subcriterios.

		Prioridad general de las alternativas												
		Fundamentos	Funcionalidad	Eficiencia	Cuantitativas	Cualitativas	Preparación Empresarial	Aplicación Método	Satisfacción Empresarial	Satisfacción Cliente	Beneficios Empresariales	Investigación	Aplicación	Implementación
Alternativas	DMAIC	0,0039	0,0068	0,0172	0,0292	0,0059	0,0709	0,0472	0,0085	0,0105	0,0174	0,0543	0,0966	0,2259
	DFSS	0,0019	0,0034	0,0172	0,0875	0,0176	0,0709	0,0236	0,0043	0,0316	0,0058	0,0271	0,0322	0,0753

El resultado del cálculo manual empleando el modelo matemático del AHP se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30 Prioridad total alternativas.

		Prioridad Total Alternativas	
DMAIC	$\sum Filas$	0,6016	60,16%
DFSS	$\sum Filas$	0,3984	39,84%

La solución presentada por el software Expert Choice en la Fig. 33. El modelo de decisión con sus respectivas prioridades se muestra en la Fig. 34.

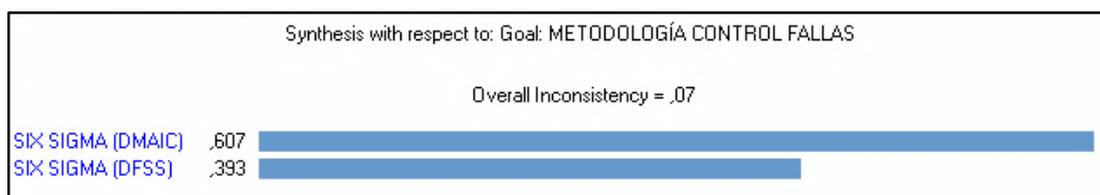


Fig. 33 Alternativa más factible.

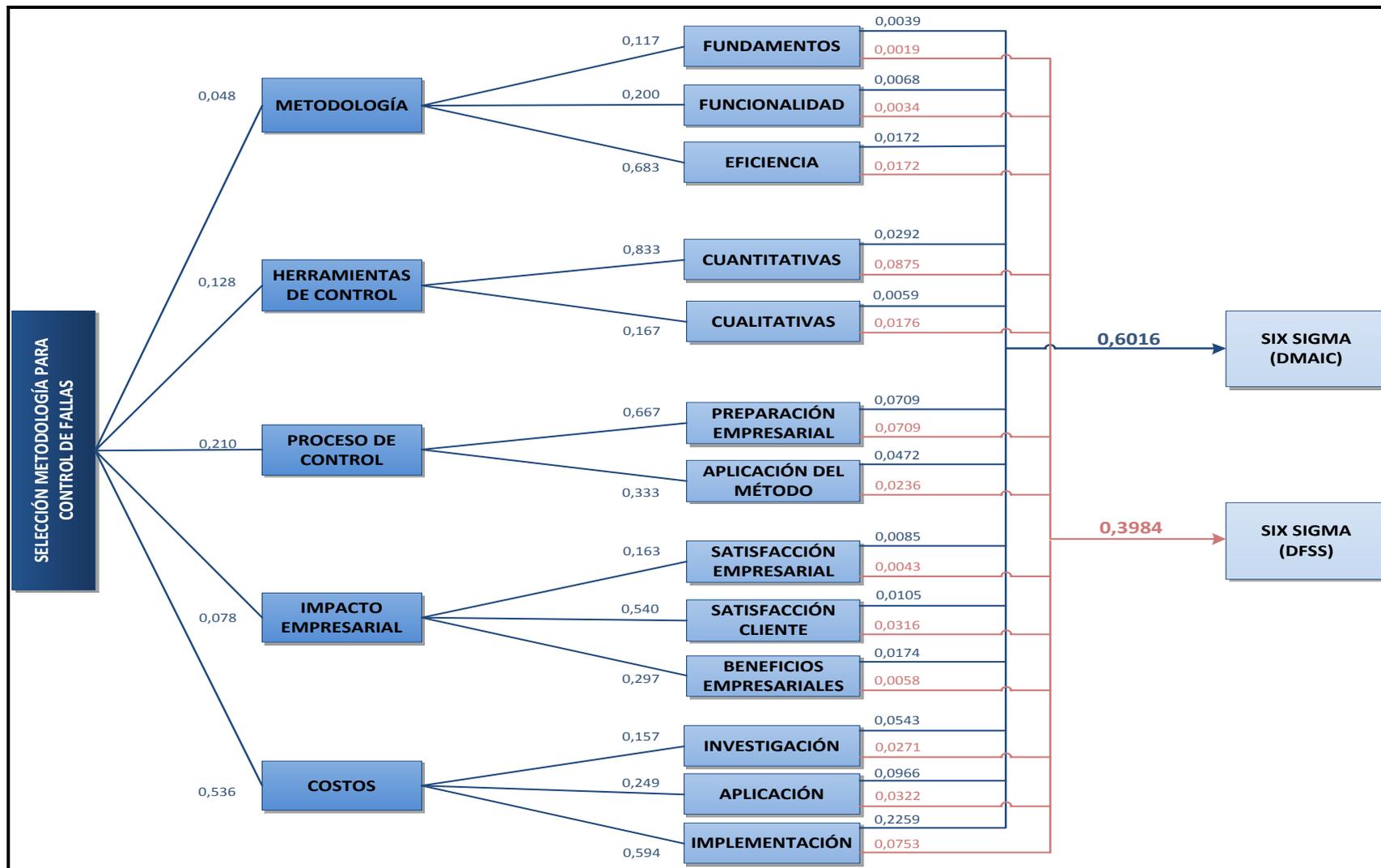


Fig. 34 Prioridades del Modelo Jerárquico.

La síntesis del modelo muestra que la metodología Six Sigma DMAIC posee un **60,7%** de prioridad a ser implementada por la empresa Blessing Factory, DFSS cuenta con un 39,3%. Se tiene un modelo admisible puesto que la inconsistencia de las calificaciones dadas en el modelo de decisión es de **0,07**. Saaty establece que si el ratio de consistencia (RC) es igual a 0 el modelo es consistente; si $RC \leq 0,10$ el modelo tienen una inconsistencia admisible y el vector de pesos se admite como válido; si $RC > 0,10$ la inconsistencia es inadmisibles y se deben revisar los juicios [15].

El resumen con los valores de inconsistencia del modelo de decisión se muestra en la Tabla 31. La inconsistencia del objetivo se encuentra en la matriz de comparación de todos los criterios; las de los criterios se encuentran al comparar entre si los subcriterios de cada criterio; y las inconsistencias de los subcriterios se encuentran en las matrices de comparación con cada alternativa.

Tabla 31 Inconsistencias del modelo de decisión.

Objetivo	Inconsistencia	Criterios	Inconsistencia	Subcriterios	Inconsistencia
Control Fallas	0,0833	Metodología	0,0238	Eficiencia	0
				Funcionalidad	0
				Fundamentos	0
		Herramientas Control	0	Cuantitativas	0
				Cualitativas	0
		Proceso Control	0	Preparación Empresarial	0
				Aplicación Método	0
		Impacto Empresarial	0,0088	Satisfacción Cliente	0
				Beneficios Empresariales	0
				Satisfacción Empresarial	0
		Costos	0,0520	Implementación	0
				Aplicación	0
				Investigación	0
Promedio 1	0,0833	Promedio 2	0,0282	Promedio 3	0

Para calcular una inconsistencia global en todo el modelo se emplea la ecuación 11.

$$\text{Inconsistencia Global} = \text{Promedio 1} - \text{Promedio}(\text{Promedio 2 y Promedio 3}) \quad (11)$$

Aplicando la ecuación 11 se tiene:

$$\text{Inconsistencia Global} = 0,0833 - 0,0141 = \mathbf{0,07}$$

Valor encontrado por el software Expert Choice como *Overall Inconsistency*.

El software Expert Choice permite realizar un ***análisis de sensibilidad*** con el objetivo de efectuar posibles modificaciones en la selección de las alternativas ante variaciones en los pesos relativos de los criterios. La altura de las gráficas situadas sobre cada criterio indica la importancia relativa de los mismos. La última de las barras situada sobre *overall* indica el ranking global [58].

Se observa en la Fig. 35 que el criterio de mayor importancia relativa en la elección de la nueva alternativa para el control de fallas es el Costo, siendo su prioridad aproximadamente de 0,53.

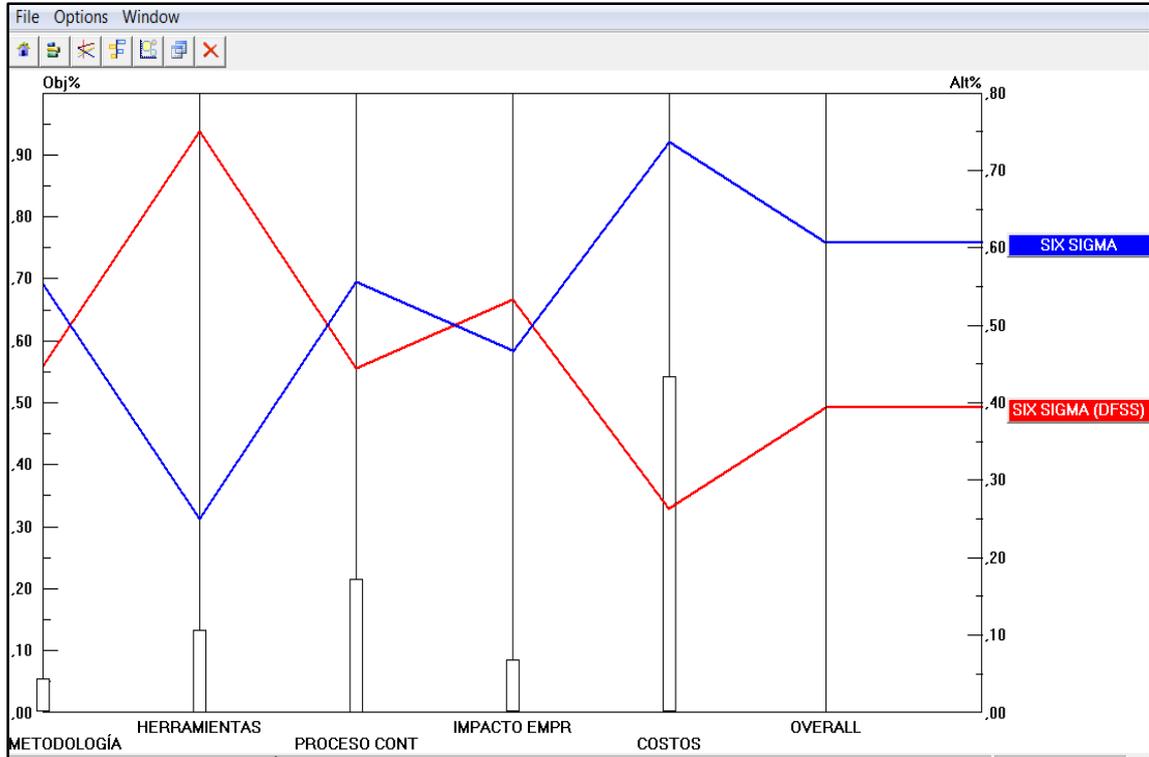


Fig. 35 Sensibilidad del modelo de decisión.

Con el análisis de sensibilidad se pueden proponer cambios como establecer al criterio *Herramientas de Control* con una prioridad cercana a 0,5 y observar la variación en el modelo de decisión. La Fig. 36 muestra que si este criterio posee un peso mayor la alternativa a tomar en cuenta es Six Sigma DFSS con un 54% mientras que DMAIC posee un 46% de ser elegido.

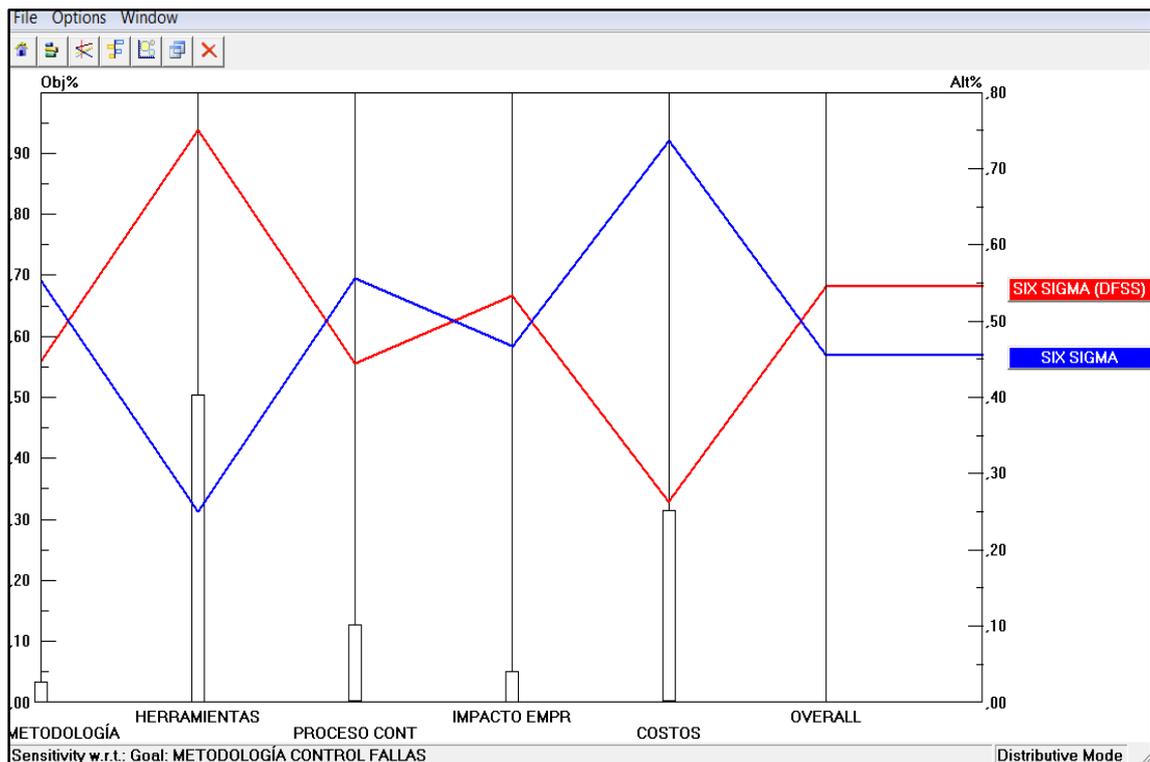


Fig. 36 Análisis de sensibilidad.

4.3.2 Metodología Six Sigma DMAIC en la empresa Blessing Factory

En el camino hacia el cumplimiento de los objetivos se plantea el siguiente manual con el fin de presentar la manera de implementar la alternativa más factible, la misma que se enfoca en la mejora continua del proceso de producción en la empresa Blessing Factory.

Se elabora un manual Six Sigma DMAIC debido a que constituye un documento interno que puede ser utilizado en labores de entrenamiento y seguimiento de actividades, creando así una herramienta administrativa que apoya las labores cotidianas en las diferentes áreas de la empresa.

**Introducción**

En el camino hacia el control de fallas de los productos terminados en la empresa de confecciones Blessing Factory, se realiza el presente manual tomando en cuenta las necesidades y requerimientos de la misma. Se plantea la forma correcta de realizar proyectos Six Sigma para el control en los productos haciendo uso de herramientas prácticas de entender y aplicar. La metodología expuesta en el presente documento ha sido seleccionada mediante un análisis de decisión multicriterio con juicios de valor sustentables los cuales reflejan que Six Sigma DMAIC es el sistema de calidad que necesita la empresa.

La Sección 1 contiene un glosario de términos claves mencionados a lo largo del manual. Las herramientas de adquisición y control que se emplean a lo largo de la ejecución del proyecto se muestran en la Sección 2; las fases en las que se basa la metodología y los instrumentos aplicables en cada una de ellas en la Sección 3.

Objetivo del manual

Ofrecer a la empresa Blessing Factory una herramienta administrativa que apoye las labores de producción en la misma mediante la aplicación de un método factible para el control de fallas en sus productos terminados.

Alcance del manual

La aplicación del sistema de calidad expuesto en el presente documento crea una herramienta enfocada en el control de fallas la cual genera documentación importante acerca de problemas presentes en los productos terminados, sus causas, frecuencia con las que aparecen y el proceso de producción que las origina. Se hace uso de herramientas de calidad fáciles de aplicar y que proporcionan un análisis claro de la realidad del proceso.

Responsables

Gerente Blessing Factory

Jefe de Producción

**Sección 1. Términos y definiciones****Calidad**

“Es el juicio que el cliente tiene sobre un producto o servicio, resultado del grado con el cual un conjunto de características del producto cumple con sus requerimientos y necesidades [19].”

Sigma

Término usado para representar la variación de la media de cualquier proceso [24].

Six Sigma

Técnicamente Six Sigma significa 3, 4 defectos por millón de oportunidades [24].

Competitividad

“Es la capacidad de una empresa para generar valor para el cliente y sus proveedores de mejor manera que sus competidores [19].”

Defecto

Cualquier evento o característica que no cumpla con el estándar [59].

Defectos por unidad

Es la cantidad de defectos en un producto.

Interpolación

Obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos.

Límites de control

Los límites naturales de tolerancia de un proceso, o simplemente límites naturales o reales de un proceso son aquellos entre los cuales por lo regular varía el proceso [23].

**Lote**

Unidad de medida de fabricación de un conjunto de productos que se planifica y se elabora con referencia a un número [59].

Número total de defectos

Cantidad total de fallas presentes en un lote de producción.

Oportunidades por unidad

Cantidad de defectos posible dentro de una misma pieza o unidad [59].

Participación empleado

Muchas organizaciones consideran que el personal de operación es la principal de los problemas con la calidad en sus productos. Se estima que sólo 15% de los problemas en una organización se debe a fallas causadas por operadores o supervisores. El 85% restante se debe al sistema administrativo de la empresa; concluyendo que, ningún recurso es más valioso para una organización que su personal [23].

Productividad

“Es la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos. Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción [19].”

Satisfacción cliente

Un viejo refrán dice que el cliente siempre tiene la razón. En la actualidad ese dicho sigue vigente. “Un estudio reciente realizado por *Quality in Manufacturing* demuestra que el 83,6% de personas encuestadas afirma que la primera medida de calidad es la satisfacción del cliente [23].” Para ganar negocios nuevos y mantener los existentes es necesario investigar y comprender las necesidades y expectativas del cliente.

Unidades procesadas

Es un artículo producido o procesado disponible para evaluación contra un criterio o estándar predeterminado [59].



Sección 2. Herramientas de control

Se detallan a continuación herramientas básicas que se utilizan en un proyecto Six Sigma, cada una de ellas en apoyo a las diferentes fases del proyecto.

2.1 Hojas de verificación

La recolección de información es importante y necesaria para la ejecución de las fases de un proyecto Six Sigma. Si la cantidad de información recogida es grande y muy exacta, los resultados obtenidos en los análisis reflejan con mayor claridad la condición del proceso de producción y la calidad de los productos terminados.

A. Identificación de fallas

Se emplea la ficha de observación mostrada en la Tabla 32 para recopilar los defectos que se presentan en las chompas terminadas. Aquí se determinan las fallas que serán motivo de análisis a lo largo del proyecto Six Sigma y deben desaparecer al final del mismo.

Empleo de la Ficha de Observación

La ficha permite detallar la falla producida, las áreas de la chompa en las que se presenta con mayor frecuencia y el proceso en el que se realiza dicha parte de la prenda.

1. Requerimientos para la aplicación de la ficha de observación:

Área de Aplicación: Pulido.

Encargado: Persona encargada de pulir las chompas.

Características del Personal:

- Habilidad en la actividad de pulido.
- Conocimiento del proceso de producción.
- Observador.

2. Preparar la ficha llenando información como:

- Número de ficha.
- Fecha de observación.
- Modelo de chompa.



- Lote de producción.
 - Cantidad lote de producción.
 - Nombre del responsable.
3. Ser muy observador al momento de buscar las fallas, emplear nombres cortos y claros que den explicación de las mismas.
 4. Firmar el documento y archivarlo para el análisis de los datos.

B. Fallas por producto terminado

La ficha mostrada en la Tabla 33 ayuda a la persona encargada de pulir a contabilizar las fallas presentes por chompa terminada. Esta hoja de verificación se utiliza una vez que las fallas están identificadas. Se hace empleo de varias hojas por cada lote de producción debido a que la fabricación y la inspección no se realizan en un solo día.

Empleo de la Hoja de Recolección

Para utilizar esta herramienta se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Las fallas que constan en la hoja son el resultado de la ficha de observación, permanecen constantes a lo largo del proyecto y deben ser escritas con anterioridad.
2. Preparar la hoja llenando información como:
 - Número de hoja.
 - Fecha de recolección.
 - Modelo de chompa.
 - Lote de producción.
 - Cantidad lote de producción.
 - Nombre del responsable.
3. Ser muy observador y cuidadoso al momento de contabilizar las fallas.
4. Encontrar el total de fallas por prenda.
5. Firmar el documento y archivarlo para el análisis de los datos.

**Tabla 32** Ficha de observación de fallas.

	“BLESSING FACTORY”		
	IDENTIFICACIÓN DE FALLAS		
Ficha N: <u>001</u> # Lote: <u>S/N</u> Cantidad Lote: <u>50</u> Modelo Chompa: <u>CH003</u>			

Responsable: Israel Naranjo**Fecha:** 13/enero/2014 al 14/enero/2014

Parte de la chompa	Falla	Operación
Logotipos de cauchos	Cambiados	Armado de delanteros.
Logotipos de cauchos	Mala Costura	Armado de delanteros.
Logotipos de cauchos	Centrado Erróneo	Armado de delanteros.
Logotipos de cauchos	Daños al Coser	Armado de delanteros.
Costura	Doble Costura	Procesos en los que se tiene que unir piezas o realizar pespuntos.
Costura	Cosidos Débiles	Unión delantero y posterior. Unión delantero y posterior. Cerrado chompa.
Costura	Centrado Erróneo Piezas	Armado de delanteros y posteriores.
Bolsillos	Curva en Bordes	Armado y unión de bolsillos.
Cierre	No Templado	Pegado de cierre.
Toda la chompa	Manchas	Proceso en general.
Toda la chompa	Otros	Proceso en general.

OBSERVACIONES: Se realiza la captura de imágenes de las respectivas fallas. Se analiza un lote de 50 chompas del modelo indicado.

 Firma responsable



Tabla 33 Ficha de observación de fallas por producto.

“BLESSING FACTORY” CANTIDAD DE FALLAS POR PRENDA												
Ficha N: <u>002</u>		Hoja N: <u>01</u>		Fecha: <u>27/enero/2014</u> al <u>29/enero/2014</u>								
Modelo Chompa: <u>CH001</u>				# Lote: <u>S/N</u>		Cantidad Lote: <u>30</u>						
Responsable: <u>Israel Naranjo</u>												
Falla	Logotipos cambiados	Logotipos mal cosidos	Logotipos mal centrados	Logotipos dañados	Doble costura	Cosidos débiles	Centrado erróneo de piezas	Curvas en bolsillos	Cierres mal templados	Manchas	Otros	TOTAL
#Chompa												
1	/					/				/		3
2					/					/		2
3					/		/					2
4									/			1
5	/								/			2
6								/	/			2
7				/		/						2
8	/					/			/			3
9					/				/			2
10		/						/	/	/		4
11								/	/			2
12					/				/			2
13			/				/			/		3
14							/			/		2
15								/	/			2
16										/		1
17		/				/						2
18					/							1
19							/					1
20									/		/	2
Subtotal	3	2	1	1	5	4	4	4	10	6	1	41
OBSERVACIONES: _____												

_____ Firma responsable												



2.2 Cálculo de niveles Sigma

Las hojas de verificación anteriores proporcionan información para calcular de manera sencilla y rápida el nivel de calidad Sigma del proceso, éste se determina cada vez que se aplica una acción correctiva a los procesos de producción con lo que se verifica si existe una mejora continua o es necesario tomar otras medidas.

La Tabla 34 muestra los niveles de calidad sigma de una forma general en los que se puede encontrar el proceso de producción de chompas.

Tabla 34 Niveles de Calidad Sigma [23].

Nivel de Sigma (Corto Plazo)	Rendimiento del Proceso (Largo Plazo)	Partes Por Millón (PPM)
0	6,68%	933200
1	30,90%	690000
2	69,20%	308000
3	93,30%	66800
4	99,4%	6210
5	99,98%	320
6	99,9997%	3,4

Es necesario calcular los Defectos Por Oportunidad (DPO) mediante la ecuación 12.

$$DPO = \frac{D}{N \times O} \quad (12)$$

En donde:

D = Número total de defectos.

N = Número de unidades procesadas.

O = Número de oportunidades de defectos.

El porcentaje de rendimiento (Yield) se encuentra mediante la ecuación 13.

$$Yield = (1 - DPO) \times 100 \quad (13)$$



Para conocer el nivel de Sigma en el que se encuentra el proceso se busca el valor Yield en la tabla mostrada en el Anexo 9. Si encontramos valores intermedios es necesario realizar una interpolación lineal cuya fórmula básica se muestra en la ecuación 14 [59].

$$Y = y_a + (X - x_a) \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)} \tag{14}$$

En donde:

Y = Nivel Sigma a encontrar.

X = Valor Yield encontrado,

y_a, y_b = Rango de valores Sigma establecidos en el Anexo 9.

x_a, x_b = Rango de valores Yield establecidos en el Anexo 9.

Este procedimiento se aplica al trabajar con procesos discretos cuyo resultado son productos conformes o no conformes. La Tabla 35 muestra el cálculo del nivel de calidad Sigma en el proceso de Blessing Factory con la ayuda de la información recolectada en la Tabla 6 y las ecuaciones 12, 13.

Tabla 35 Cálculo nivel Sigma proceso Blessing Factory.

Datos a Introducir		
Número de unidades procesadas	N =	100
Oportunidades de defectos	O =	11
Número total de defectos	D =	115
Resultados		
Defectos por oportunidad	DPO =	0,104545
Porcentaje de rendimiento	Yield =	89,55%

Con un Yield de 89,55% y de acuerdo al Anexo 9 se debe realizar una interpolación lineal. Los valores entre los que se encuentra X son:

$$X = 89,55\%; y_a = 2,8; y_b = 2,7; x_a = 90,3\%; x_b = 88,5\%$$

Aplicando la ecuación 14 se encuentra el valor Sigma:



$$Y = y_a + (X - x_a) \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

$$Y = 2,8 + (89,55 - 90,3) \frac{(2,7 - 2,8)}{(88,5 - 90,3)}$$

$$Y = 2,8 + (-0,75) \frac{(-0,1)}{(-1,8)} = 2,8 - 0,042 = \mathbf{2,76}$$

Con una eficiencia de 2,76 sigma y con la ayuda del Anexo 9, por cada millón de chompas elaboras aproximadamente 100000 poseen algún tipo de fallas.

2.3 Diagramas de Pareto

“Gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas graficadas por orden de importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso. Su principio se refiere a que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto [23].”

Este gráfico se aplica cuando se quiere analizar las fallas que se presentan en un lote de producción de un modelo de chompa específico y la frecuencia con la que aparecen.

Pasos para la Construcción de un Diagrama de Pareto

1. Se prepara la hoja de verificación o recolección de datos mostrada en el Anexo 4 la con la cual se obtiene información acerca de las fallas que existen por producto terminado.
2. Es preciso definir el periodo en el que se toman los datos y determinar a la persona responsable de ello.
3. Con los datos listos se construye una tabla de resumen donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su frecuencia acumulada y el porcentaje de frecuencia acumulada.
4. Para mayor facilidad se genera el gráfico de Pareto utilizando herramientas informáticas como Excel, WinQSB o Minitab ingresando los datos de la tabla de resumen.
5. Se realiza la interpretación del Diagrama de Pareto determinando las fallas que predominan las mismas que son las primeras en corregir.

Ejemplo Diagrama de Pareto

1. Con la ayuda de la ficha de observación expuesta en el Anexo 4 se reúne información de fallas por prenda presentes en un lote de 30 chompas del modelo CH001.
2. El periodo de recolección de información de fallas para este modelo ha sido de 2 días a cargo de la persona que labora en el área de pulido.
3. El resumen de la frecuencia de cada defecto se expone en la Tabla 36.

Tabla 36 Fallas presentes en lote de producción. modelo CH001.

Defecto	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia Acumulada
Cierres mal templados	10	10	20%
Doble costura	8	18	36%
Manchas	7	25	50%
Cosidos débiles	5	30	60%
Curvas bordes de bolsillos	5	35	70%
Centrado erróneo de piezas	4	39	78%
Cauchos mal cosidos	3	42	84%
Cauchos cambiados	3	45	90%
Cauchos mal centrados	2	47	94%
Cauchos dañados	2	49	98%
Otros	1	50	100%
Total	50		

4. El Pareto de estos datos se muestra en la Fig. 37 y se realiza en Excel, donde la escala vertical izquierda indica la frecuencia en la que ocurren las fallas y la vertical derecha el porcentaje. La línea que está arriba de las barras representa la magnitud acumulada de los defectos hasta completar el total.

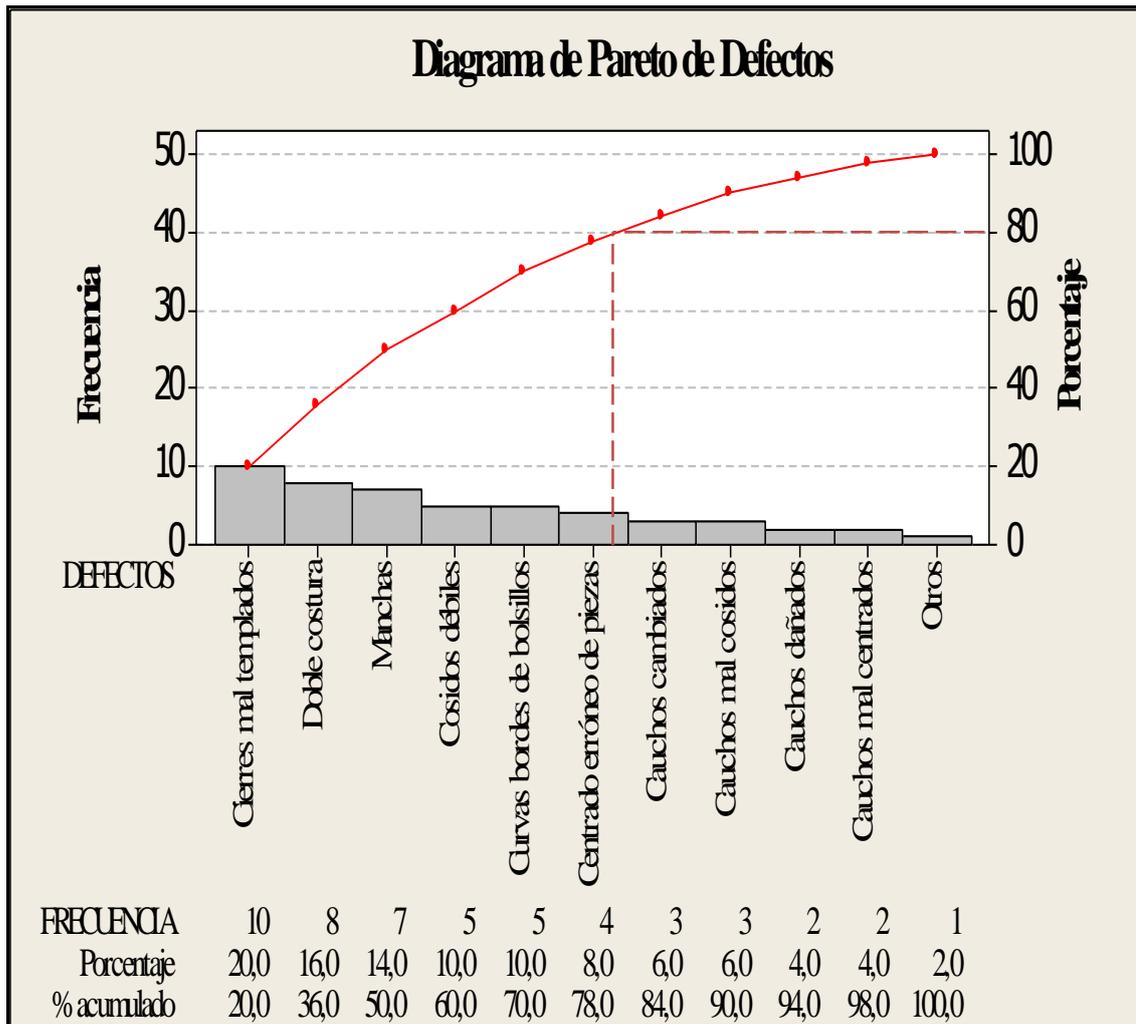


Fig. 37 Diagrama de Pareto para modelo CH001 con la ayuda de Minitab.

5. En la gráfica se aprecia que los defectos *cierres mal templados*, *doble costura*, y *manchas* son los más frecuente o de mayor impacto y juntos representan 50% del total de los defectos. De acuerdo al análisis de Pareto, la mayor parte de los defectos encontrados en el lote pertenecer sólo a 3 tipos de fallas, de manera que si se eliminan las causas que las provocan, desaparecen la mayor parte de los mismos.

2.4 Diagramas de Ishikawa

“El diagrama de *causa-efecto* o de *Ishikawa* es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas [23].”



Método de las 6 M

“Es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6 M): Métodos de trabajo, Mano o mente de obra, Materiales, Maquinaria, Medición y Medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6 M [23].”

Aspectos o Factores a Considerar en las 6 M [23]

Mano de obra

1. Conocimiento. ¿La gente conoce su trabajo?
2. Entrenamiento. ¿Los operadores están entrenados?
3. Habilidad. ¿Los operadores han demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?
4. Capacidad. ¿Se espera que cualquier trabajador lleve a cabo su labor de manera eficiente?
5. ¿La gente está motivada? ¿Conoce la importancia de su trabajo por la calidad?

Métodos

1. Estandarización. ¿Las responsabilidades y los procedimientos de trabajo están definidos de manera clara y adecuada o dependen del criterio de cada persona?
2. Excepciones. ¿Cuándo el procedimiento estándar no se puede llevar a cabo existe un procedimiento alternativo definido claramente?
3. Definición de operaciones. ¿Están definidas las operaciones que constituyen los procedimientos?, ¿cómo se decide si la operación fue realizada de manera correcta?

La contribución a la calidad por parte de esta rama es fundamental, ya que por un lado cuestiona si están definidos los métodos de trabajo, las operaciones y las responsabilidades; por el otro, en caso de que sí estén definidas, cuestiona si son adecuados.



Máquinas o equipos

1. Capacidad. ¿Las máquinas han demostrado ser capaces de dar la calidad que se requiere?
2. Condiciones de operación. ¿Las condiciones de operación en términos de las variables de entrada son las adecuadas?, ¿se ha realizado algún estudio que lo respalde?
3. ¿Hay diferencias? Hacer comparaciones entre máquinas, cadenas, estaciones, instalaciones, etc. ¿Se identifican grandes diferencias?
4. Herramientas. ¿Hay cambios de herramientas periódicamente?, ¿son adecuados?
5. Ajustes. ¿Los criterios para ajustar las máquinas son claros y han sido determinados de forma adecuada?
6. Mantenimiento. ¿Hay programas de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados?

Material

1. Variabilidad. ¿Se conoce cómo influye la variabilidad de los materiales o materia prima sobre el problema?
2. Cambios. ¿Ha habido algún cambio reciente en los materiales?
3. Proveedores. ¿Cuál es la influencia de múltiples proveedores?, ¿se sabe si hay diferencias significativas y cómo influyen éstas?
4. Tipos. ¿Se sabe cómo influyen los distintos tipos de materiales?

Mediciones

1. Disponibilidad. ¿Se dispone de las mediciones requeridas para detectar o prevenir el problema?
2. Definiciones. ¿Están definidas de manera operacional las características que son medidas?
3. Tamaño de la muestra. ¿Han sido medidas suficientes piezas?, ¿son representativas de tal forma que las decisiones tengan sustento?
4. Repetitividad. ¿Se tiene evidencia de que el instrumento de medición es capaz de repetir la medida con la precisión requerida?

5. Reproducibilidad. ¿Se tiene evidencia de que los métodos y criterios usados por los operadores para tomar mediciones son adecuados?
6. Calibración o sesgo. ¿Existe algún sesgo en las medidas generadas por el sistema de medición?

Medio ambiente

1. Ciclos. ¿Existen patrones o ciclos en los procesos que dependen de condiciones del medio ambiente?
2. Temperatura. ¿La temperatura ambiental influye en las operaciones?

La Fig. 38 es un ejemplo de un Diagrama de Ishikawa aplicado a Blessing Factory apoyado del diagrama de Pareto de la Fig. 37. Se toma en cuenta las ramas Mano de obra, Medición, Máquina y Método establecidos en la técnica de las 6 M.

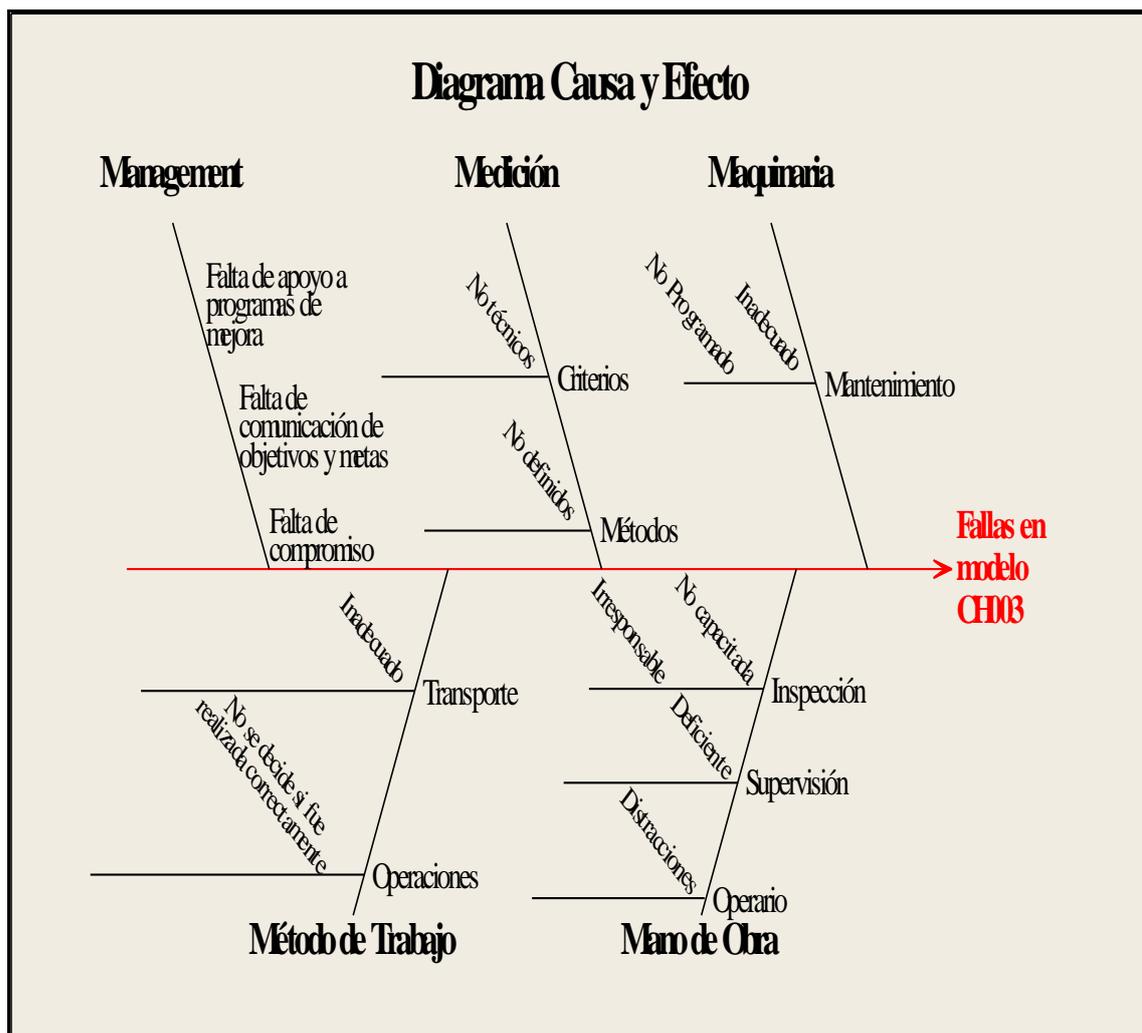


Fig. 38 Diagrama de Ishikawa para modelo CH001.



Se puede observar las causas principales y secundarias para la presencia de fallas en este modelo de chompa.

2.5 Cartas de Control por atributos

“Es una gráfica que sirve para observar y analizar la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo monitoreando características de calidad del tipo “pasa, o no pasa”, o donde se cuenta el número de no conformidades que tienen los productos analizados [23].” Se utiliza la carta *c* empleada para el análisis de la variabilidad del número de defectos por producto terminado.

Pasos para la Construcción de una Carta de Control

1. Se prepara la hoja de verificación o recolección de datos mostrada en el Anexo 4 la con la cual se obtiene información acerca de las fallas que existen por producto terminado.
2. Es preciso definir el periodo en el que se toman los datos y determinar a la persona responsable de ello.
3. Con los datos listos se construye una tabla de resumen donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto presente por producto terminado.
4. Se calculan los límites de control por medio de las ecuaciones 1, 2, 3 definidas en documento de investigación.
5. Para mayor facilidad se genera la carta de control utilizando herramientas informáticas como Excel, WinQSB o Minitab ingresando los datos de la tabla de resumen.
6. Se realiza la interpretación de la Gráfica de Control.

Ejemplo Carta de Control “c”

1. Con la ayuda de la ficha de observación expuesta en el Anexo 4 se reúne información de fallas por prenda presentes en un lote de 30 chompas del modelo CH001. La tabla con toda la información se muestra en el Anexo 10.
2. El periodo de recolección de información de fallas para este modelo ha sido de 2 días a cargo de la persona que labora en el área de pulido.
3. La Tabla 37 expone la cantidad de defectos por chompa que se presentan en el modelo CH001.

Tabla 37 Cantidad de defectos por chompa. Modelo CH001.

Chompa	Defectos	Chompa	Defectos	Chompa	Defectos
1	3	11	2	21	1
2	2	12	2	22	3
3	2	13	3	23	1
4	1	14	2	24	1
5	2	15	2	25	0
6	2	16	1	26	0
7	2	17	2	27	1
8	3	18	1	28	1
9	2	19	1	29	1
10	4	20	2	30	0
Total defectos			50		

4. Los cálculos de los límites de control para este tipo de carta se realizan mediante las ecuaciones 1, 2 y 3 definidas en el documento de investigación.

Aplicando la ecuación 1, el límite central es igual a:

$$\bar{c} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total elementos}} = \frac{50}{30} = \mathbf{1,67}$$

Para el LCS se hace empleo de la ecuación 2 y el LCI se encuentra con la ecuación 3:

$$\text{LCS} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 1,15 + 3,22 = \mathbf{5,54}$$

$$\text{LCI} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 1,15 - 3,22 = \mathbf{-2,20}$$

Al tener un LCI negativo, éste se toma como cero debido a que no hay cantidades negativas de defectos.

5. La Fig. 39 muestra la gráfica resultado de introducir los datos en el software Minitab.

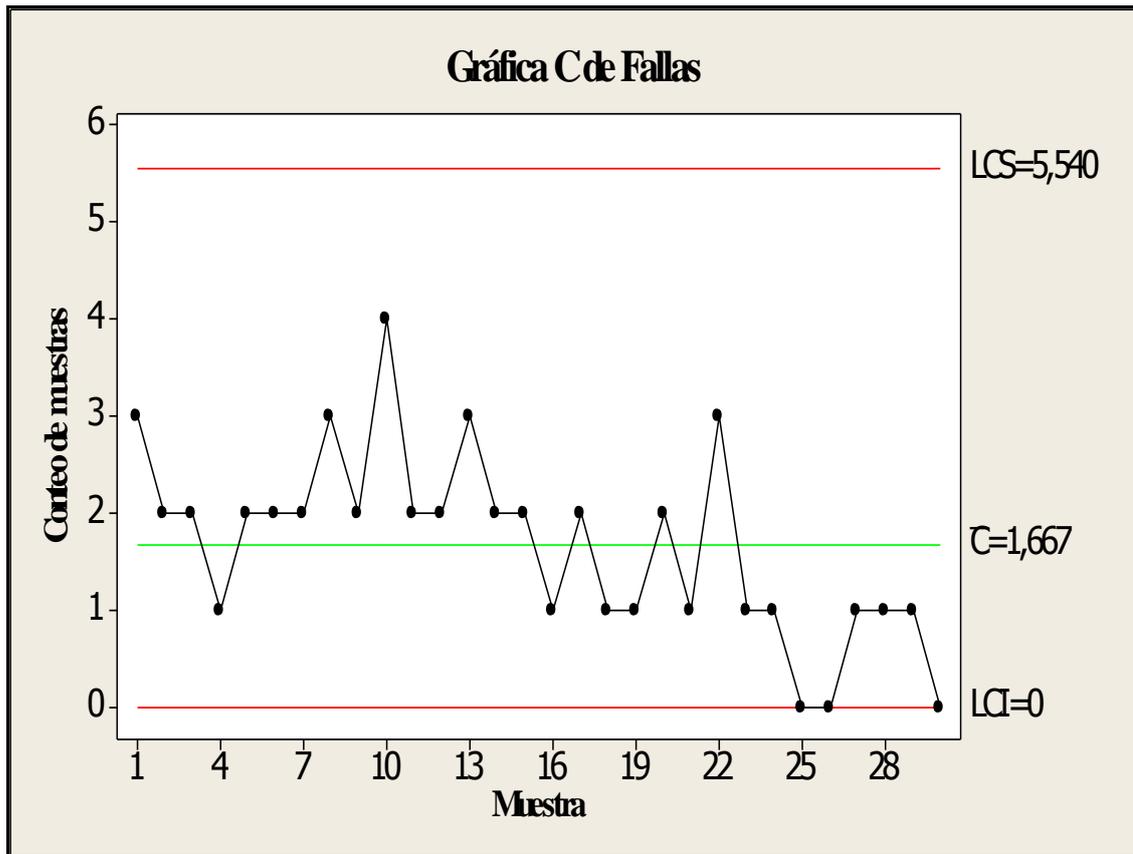


Fig. 39 Gráfica de control defectos en chompa CH001 con la ayuda de Minitab.

- La carta de control para los defectos en las chompas modelo CH001, según el control estadístico se muestra un proceso un poco estable al observar cercanía de los puntos al LC. En la realidad se tiene un proceso malo porque se requiere chompas con cero defectos y de acuerdo a la gráfica la mayoría de las chompas posee por lo menos una falla. En el caso el número de defectos por chompa varía entre 0 y 5,54 con un promedio de 1,67. Estos límites no representan dónde se quiere que estén los datos, más bien representan la realidad de las fallas presentes. La problemática es común en todas las chompas.



Sección 3. Proyecto Six Sigma

A continuación se explica la forma de realizar un proyecto Six Sigma DMAIC. La información empleada es el resultado de la investigación en libros que muestran de una forma práctica la aplicación de esta metodología. Este modelo de aplicación se utiliza para proyectos futuros con largo tiempo de duración y monitoreo constante. En la Fig. 40 se detalla un cronograma de actividades que deben cumplirse a lo largo de la implementación.

3.1 Definir el Proyecto (D)

En esta etapa se delimita y se sientan las bases para el éxito del proyecto. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del mismo, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste. Toda esta información se detalla en el *Marco del Proyecto*, que es un bosquejo introductorio del proyecto [23]. El control de las fallas en los diferentes modelos de productos terminados es el principal objetivo a cumplir en aplicaciones futuras.

La Tabla 38 muestra de forma organizada los elementos que deben constar en el marco del proyecto, los mismos que deben establecerse en reunión con la gerencia de la empresa.

3.2 Medir la situación actual (M)

El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema presente en el proyecto. Por ello, el proceso se define a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento. Además se analiza y valida el sistema de medición para garantizar que las variables o fallas (Y) pueden medirse en forma consistente [23].

Es necesario que con el sistema de medición aprobado en reunión, se evalúe la situación actual para clarificar el punto de arranque del proyecto con respecto a las variables o fallas presentes. Las herramientas establecidas para esta fase son las *Hojas de Verificación* las mismas que se diseñan de acuerdo a las necesidades de la empresa y su éxito está en su buen uso y aplicación.

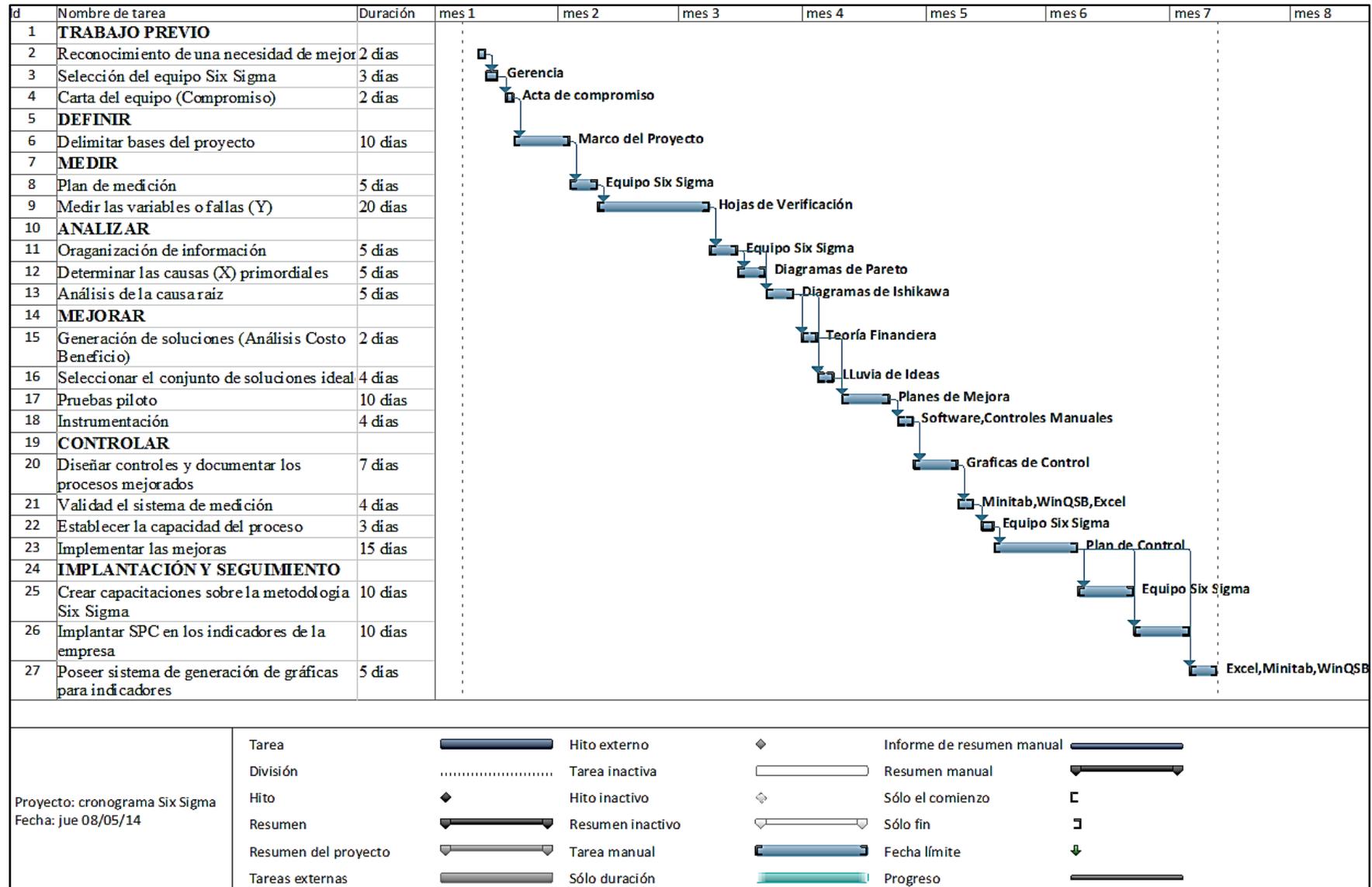


Fig. 40 Cronograma de actividades para proyecto Six Sigma DMAIC.



Tabla 38 Elementos del marco de un proyecto Six Sigma [23].

MARCO DEL PROYECTO SIX SIGMA	FECHA:	VERSIÓN:
Título/propósito: es una declaración breve de la intención del proyecto (usar métricas: financieras, calidad, tiempo de ciclo).		
Necesidades del negocio a ser atendidas: indicar los argumentos (desde la óptica de la empresa) para llevar a cabo el proyecto. ¿Por qué se debe apoyar el proyecto?		
Declaración del problema: resume los problemas que serán abordados. Debe incluir condiciones actuales o históricas, tales como índices de defectos y/o costos por el pobre desempeño, en términos de variables críticas para la calidad (Y).		
Objetivo: es una declaración más específica del resultado deseado.		
Alcance: establecer el aspecto específico del problema que será abordado.		
Roles y responsabilidades: los que intervienen en el proyecto.		
Propietarios: se refiere a los departamentos, clientes o proveedores que serán afectados por las actividades del proyecto o por sus resultados.		
Patrocinador o champion: directivo que apoya el proyecto y le da seguimiento.		
Equipo: miembros específicos de los grupos de propietario que juegan un papel activo en el proyecto.		
Recursos: son los procesos, bancos de datos o gente que no es miembro del equipo, y que se pueden requerir para la realización del proyecto.		
Métricas: variable a través de las cuales se medirá el éxito del proyecto.		
Fecha de inicio del proyecto:		
Fecha planeada para finalizar el proyecto:		
Entregable del proyecto: incluye todos los beneficios medibles y tangibles que se espera tener si se concluye en forma exitosa el proyecto.		



3.3 Analizar las causas raíz (A)

“La meta de esta fase es identificar las causas raíz del problema determinando las (X) vitales, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las aseveraciones con datos [23].”

Las herramientas establecidas para esta fase son los *Diagramas de Pareto* y los *Diagrama de Ishikawa* explicadas en la sección 2. Acompañado de estas herramientas se emplea la técnica denominada de los *Cinco por qué* buscando profundizar en el análisis de causas preguntando y respondiendo en forma sucesiva el porqué de un problema [23]. La Fig. 41 muestra la aplicación de esta técnica para encontrar causas a las fallas que tienen los productos terminados.

3.4 Mejorar (M)

“El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; asegurando la corrección y reducción del problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en herramientas como: *Lluvia de ideas* y *Técnicas de Creatividad* [23].”

La clave es pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto. Todas las soluciones propuestas deben ser seleccionadas en reunión con la alta gerencia la misma que debe proporcionar el apoyo necesario para su cumplimiento.

3.5 Controlar (C)

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto. Muchas veces esta etapa es la más dolorosa o difícil, puesto que se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen [23]. La herramienta establecida para esta fase es la *Carta de Control c* explicada en la sección anterior.

El reto de la etapa de control es que las mejoras soporten la prueba del tiempo. En este sentido es necesario establecer un sistema de control para [23]:

1. Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir.
2. Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
3. Mantener el desempeño del proceso.
4. Alentar la mejora continua.

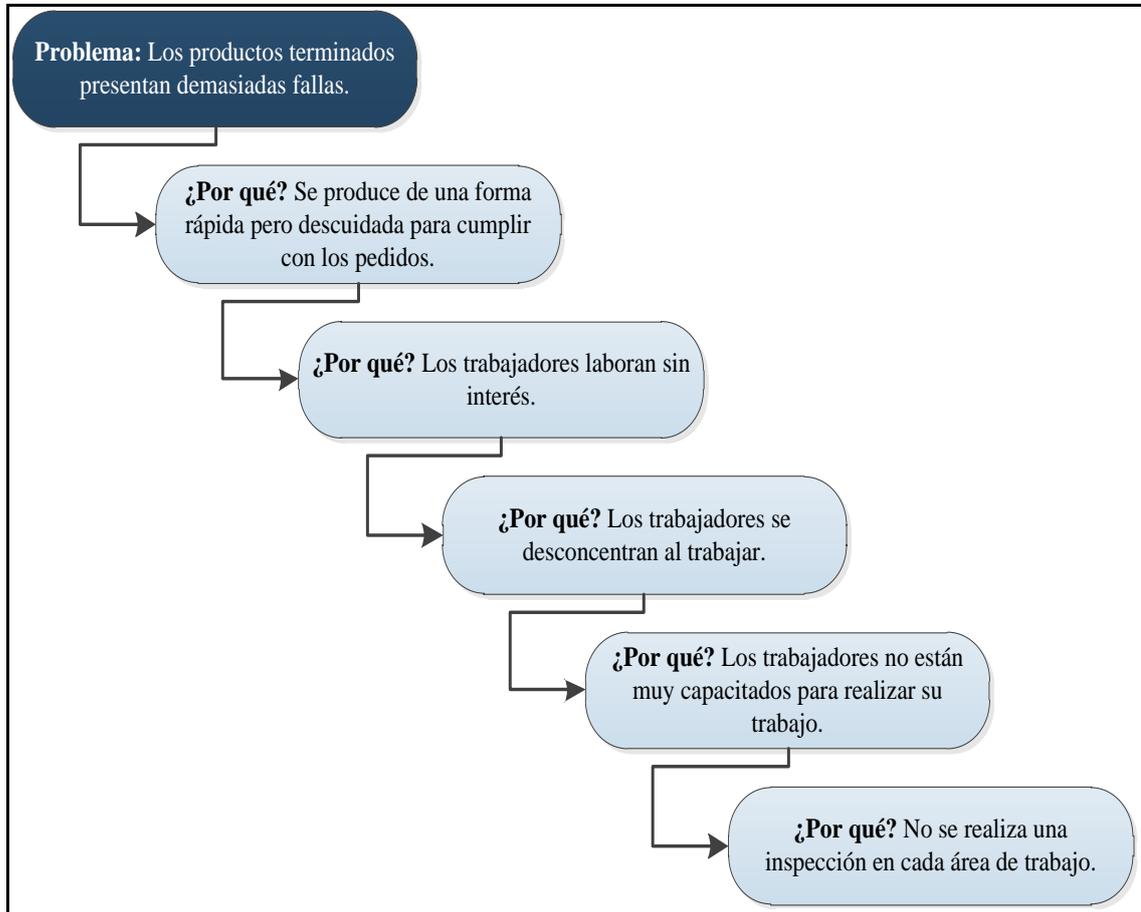


Fig. 41 Herramienta de los Cinco Por Qué para fallas en productos terminados.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El modelo de decisión multicriterio planteado para el control de fallas cuyas alternativas son metodologías de control de procesos, determina mediante comparación por pares de criterios y subcriterios el sistema de calidad que mejor se adapta al ambiente de la empresa Blessing Factory teniendo en cuenta sus limitaciones económicas y de personal. El modelo de decisión elimina el pensamiento injustificado o intuitivo con el cual se deciden muchos aspectos en la empresa al fundamentar los juicios de valor establecidos en la jerarquía.

Con apoyo en la información recolectada del proceso de producción, se determina la presencia de fallas en sus productos terminados y la parte del proceso en la que se generan. Estos resultados y la forma de adquirirlos se convierten en el punto de partida del sistema a implementar al poder definir los problemas que se están produciendo y establecer medidas de solución. El análisis de la información mediante el Diagrama de Pareto revela la ocurrencia de defectos como doble costura, cosidos débiles al unir partes de las chompas, centrado erróneo de piezas, cierres mal templados, manchas y daños en logotipos de caucho. La gráfica de control empleada para el análisis de la variación del proceso, muestra que éste es inestable al presentar como mínimo una falla en cada producto.

Con una idea más clara de la problemática y haciendo uso de la decisión multicriterio, se genera un modelo jerárquico de decisión en busca de la mejor metodología para controlar la presencia de fallas. Se definen dos alternativas muy utilizadas en el control

de calidad de procesos, la metodología Six Sigma DMAIC basada en la mejora continua y Six Sigma DFSS encargada del diseño o rediseño de productos o procesos. La mejor forma de ponerlas a prueba es estableciendo criterios que evalúen su funcionamiento teniendo en cuenta los requerimientos y necesidades de la empresa. Se considera que los criterios que permiten un buen análisis son la Metodología en la que se basan, las Herramientas de Control que utilizan en el área de producción, la forma en la que realizan el Proceso de Control, el Impacto Empresarial que generan y los Costos que acarrearán al ser implementadas.

Entre los métodos aplicables en el campo de la decisión multicriterio se elige el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) el cual posee un modelo matemático de selección fácil de aplicar. Se aplica manualmente el AHP para formar todas las matrices de comparaciones pareadas en las que se valoran los criterios planteados mediante la escala de calificación establecida por Saaty, las cuales son sustentadas por el investigador con el levantamiento de información de las alternativas propuestas, y así calcular la de mayor prioridad. El modelo matemático del AHP da como resultado que el sistema de calidad mejor adaptable a la empresa Blessing Factory con un peso del 60,16% es Six Sigma DMAIC.

Como sustento al cálculo manual del modelo matemático se emplea el software Expert Choice el cual trabaja con la metodología AHP. El ingreso de las calificaciones sustentadas en el mismo genera como alternativa más factible a Six Sigma DMAIC con una prioridad del 60,7%. La inconsistencia del modelo de decisión es de 0,07 considerándose admisible al encontrarse por debajo de 0,10 que es el valor máximo al que puede llegar la inconsistencia de los juicios de valor establecidos por el investigador según la escala de referencia. La mejor forma de ejecutar la metodología de calidad con mayor peso se expone en el manual descrito en la investigación el mismo que detalla los pasos de ejecución de un proyecto Six Sigma básico, constituyendo una herramienta de apoyo para la capacitación del personal, seguimiento del proceso y control de fallas en sus productos terminados.

5.2 RECOMENDACIONES

Las decisiones que abarcan aspectos de gran importancia en la situación de la empresa están siempre presentes, por ello se deja en consideración la utilización de modelos de decisión multicriterio en donde el decisor puede ser un individuo o un grupo de personas influyentes en la organización.

Para presenciar una aplicación adecuada y percibir resultados tangibles y favorables del sistema de calidad propuesto, se requiere de la participación y completo apoyo tanto de la alta gerencia como del personal que labora en el área de producción. Las capacitaciones son necesarias las mismas que afirman el pensamiento, conocimiento y forma de laborar de los trabajadores. Se puede comenzar por preparar a una persona y asignarle el cumplimiento de objetivos planteados por la gerencia.

La investigación queda abierta a las posibles alternativas que se pueden incrementar o eliminar en el modelo jerárquico las mismas que se ponen en consideración del investigador en reunión con la gerencia. Se puede comparar herramientas de control dentro de Six Sigma, normas de calidad, herramientas administrativas y de planeación al igual que tecnologías aplicables en el control de fallas.

Otro aspecto a considerar para investigaciones futuras, es la aplicación real de la metodología propuesta mediante proyectos con largo tiempo de duración en los que se observe la influencia del sistema de calidad en el proceso de producción y el pensamiento laboral, siempre cumpliendo con los objetivos planteados en el camino hacia la mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Universidad Nacional De Río Cuarto. (2010, Octubre) [En línea]. Disponible en: <http://www.eco.unrc.edu.ar/wp-content/uploads/2010/10/Decisi%C3%B3n-Multicriterio.pdf>
- [2] La República. (2012, Septiembre) [En línea]. Disponible en: <http://www.larepublica.ec/blog/economia/2012/09/28/correa-quiere-que-china-siga-financiando-desarrollo-de-ecuador/>
- [3] Julio José Prado. (2010, Febrero) IDE. [En línea]. Disponible en: <http://investiga.ide.edu.ec/index.php/el-gran-problema-del-ecuador>
- [4] Mónica Bocco and Silvina y Tártara, Enzo Sayago, "Modelos Multicriterio: Una Aplicación a la Selección de Alternativas Productivas," *Agricultura Técnica*, vol. LXII, no. 3, pp. 450-462, Septiembre 2002.
- [5] Laura Plazola Zamora, Iván Navarro Hermosillo, and Ana Torres Mata, "Estudio de Caso de una Empresa Farmacéutica Veterinaria: Selección de Proveedores Mediante Decisión Multicriterio," in *Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa*, Río de Janeiro, 2012, pp. 4564-4575.
- [6] A. Toncovich, J. M. Moreno-Jiménez, and R. Corral, *Selección Multicriterio de un Sistema ERP Mediante las metodologías AHP Y ANP*, Primera ed., Facultad de Economía, Ed. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza, Septiembre 2013.
- [7] Carlos Romero, *Análisis de las Decisiones Multicriterio*, Primera ed. Madrid, España: Isdefe, 1996.
- [8] Almudena Pérez Casañas, *La Decisión Multicriterio; Aplicación en la Selección de Ofertas Competitivas en Edificación*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, 2013.
- [9] Géral Bruno Toskano Hurtado, *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como Herramienta en la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores*, Facultad Ciencias Administrativas, Ed. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.

- [10] Francisco Llamazares Redondo and Sergio Berumen, *Los Métodos de Decisión Multicriterio y su Aplicación al Análisis del Desarrollo Local*, Primera ed. Madrid, España: ESIC, 2011.
- [11] J. L. Cochrane and M. Zeleny, "Multiple Criteria Decision Making," in University of South Carolina, EEUU., 1973.
- [12] Jerónimo Aznar Bellver and Francisco Guijarro Martínez, *Nuevos Métodos de Valoración. Modelos Multicriterio*, Segunda ed. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, 2012.
- [13] Gabriela Fernández Barberis. *La Ayuda a la Decisión Multicriterio: Orígenes, Evolución y Situación Actual*. Universidad San Pablo. Madrid.
- [14] Alexander Simon Herbert, *Administrative Behavior*, Cuarta ed., 1947.
- [15] Thomas L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Pensilvania, EEUU, 1980.
- [16] Alejandro Patiño Rodríguez, *Análisis del Modelo SCOR y su Aplicación a la Cadena de Suministro del Sector del Automóvil*. Valencia, España, 2008.
- [17] Luis Lozano Cortijo, "¿Qué es Calidad Total?," *Revista Médica Herediana*, vol. IX, no. 1, pp. 28-34, Marzo 1998.
- [18] Joseph Moses Juran, *Juran y la Planificación para la Calidad*, Primera ed. Madrid, España: Díaz de Santos, 1990.
- [19] Dale H. Besterfield, *Control de Calidad*, Octava ed., Luis Miguel Cruz Castillo, Ed. México: Pearson Educación, 2009.
- [20] Kaoru Ishikawa, *¿Qué es Control Total de Calidad?*, Primera ed. Colombia: Norma S.A., 1997.
- [21] Mario Gutiérrez, *Administrar para la Calidad. Conceptos Administrativos del Control Total de Calidad*, Segunda ed. México D.F., México: LIMUSA S.A., 2004.
- [22] Eliyahu M. Goldratt, *La Meta. Un proceso de Mejora Continua*, Tercera ed. Estados Unidos: North River Press, 2004.

- [23] Humberto Gutiérrez Pulido and Román De la Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Segunda ed. México: McGraw-Hill, 2009.
- [24] Ricardo Bañuelas and Antony Jiju, "Going from Six Sigma to Design for Six Sigma: An Exploratory Study Using Analytic Hierarchy Process," The TQM Magazine, vol. XV, no. 5, pp. 334-344, 2003.
- [25] Olga Lucía Mantilla Celis and José Manuel Sánchez García, "Modelo Tecnológico para el Desarrollo de Proyectos Logísticos Usando Lean Six Sigma," Estudios Gerenciales, vol. XXVIII, no. 124, pp. 23-43, Septiembre 2012.
- [26] James R. Evans and William M. Lindsay, Administración y Control de la Calidad, Séptima ed. Santa Fe, México: Cengage Learning Editores S.A., 2008.
- [27] Carlos Almudéver Marí, Implementación de la Metodología Six Sigma en la Construcción. Valencia, España: Tesis Maestría Universidad Politécnica de Valencia, 2012.
- [28] Verónica Paola Alderete, Ariana Lorena Colombo, and Victorio Di Stefano. (2003, Septiembre) [En línea]. Disponible en:
<http://200.16.86.50/digital/33/revistas/cse/sixsigma-six.pdf>
- [29] Annabel Leonor Moreano Santos, Diseño para la Implementación de la Metodología Seis Sigma en una Línea de Producción de Queso Fresco. Guayaquil, Ecuador: Tesis Ingeniería: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009.
- [30] Primitivo Reyes A. (2007, Enero) sitio web de Consultoría y Capacitación para la Competitividad de Clase Mundial. [En línea]. Disponible en:
http://www.icicm.com/files/Dise_o_para_Six_Sigma.doc?
- [31] Soltimex. (2009) [En línea]. Disponible en: <http://www.soltimex.com.mx/>
- [32] Juan Carlos Osorio Gómez, María Fernanda Herrera Humaña, and Milton Adrián Vinasco, "Modelo para la Evaluación del Desempeño de los Proveedores utilizando AHP," Ingeniería y Desarrollo, no. 23, pp. 43-58, Junio 2008.
- [33] Alexander Correa and Catalina Busgos, "Diseño e Implementación de una Metodología Estadística para Ensayos de Producto Terminado en Cementos el Cairo

- S.A.," revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, vol. LXXIV, no. 151, pp. 195-207, Marzo 2007.
- [34] Francisco Llamazares Redondo and Sergio Berumen, "La Utilidad de los Métodos de Decisión Multicriterio en un Entorno de Competitividad Creciente," *Javeriana*, vol. xx, no. 34, p. 71, Noviembre 2007.
- [35] Jeong-Yun Do and Doo-Kie Kim, "AHP-Based Evaluation Model for Optimal Selection Process of Patching Materials for Concrete Repair: Focused on Quantitative Requirements," *Springer - International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. VI, no. 2, pp. 87-100, Junio 2012.
- [36] Kurmyshev, *Fundamentos de Métodos Matemáticos para Física e Ingeniería*, Primera ed., Grupo Noriega, Ed. México: Limusa S.A., 2003.
- [37] sitio web de Expert Choice Corporation. (2012) [En línea]. Disponible en: <http://www.expertchoice.com/>
- [38] Librería Casa del Libro. (1996) Casa del Libro. [En línea]. Disponible en: <http://www.casadellibro.com/>
- [39] Alfredo Paredes. (2012, Octubre) Alfredo Paredes & Consultores Asociados. [En línea]. Disponible en: <http://www.apaconsultores.com>
- [40] Minitab Inc. (2014, Enero) [En línea]. Disponible en: <http://www.minitab.com/es-mx/>
- [41] Microsoft Corporation. (2014, Enero) Office. [En línea]. Disponible en: <http://office.microsoft.com/es-MX/?CTT=97>
- [42] Dell Inc. (1999) Dell. [En línea]. Disponible en: <http://www1.la.dell.com/content/default.aspx?c=ec&l=es&s=gen&cs=ecdhs1>
- [43] Aspromoda. (2006) Qué Barato. [En línea]. Disponible en: http://pichincha.quebarato.com.ec/quito/optitex-11-profesional-full__875BF1.html
- [44] CEC-EPN. (2007) Centro de Educación Continua. [En línea]. Disponible en: <http://www.cec-epn.edu.ec/?lang=es>
- [45] CEPAM. (2009) [En línea]. Disponible en: <http://www.cepam.org.ec>

- [46] James Evans R. and William Lindsay M., Administración y Control de la Calidad, Séptima ed. Sante Fe, México: Cengage Learning Editores S.A., 2008.
- [47] Roger W. Hoerl,. Estados Unidos: American Society for Quality, 1998, pp. 35-48.
- [48] Falcó Rojas Arturo Ruiz. (2009, Marzo) Suny Cortland. [En línea]. Disponible en: <http://web.cortland.edu/matresearch/SeisSigma.pdf>
- [49] Rubén Cariño G. (2002, Agosto) sitio web de Instituto de Investigaciones Eléctricas. [En línea]. Disponible en: <http://www.iie.org.mx/bolISO02/tenden.pdf>
- [50] Peter Peterka. (2008, Septiembre) Six Sigma Espanol. [En línea]. Disponible en: <http://www.sixsigmaespanol.com/lean-six-sigma-articles/design-for-six-sigma-2/>
- [51] Formación Gerencial Internacional. (2005) Red Tecnológica. [En línea]. Disponible en: <http://www.redtecnologica.ec/ec/experto-universitario-en-six-sigma-black-belt>
- [52] Profesionales en Ecuador. (2014) Educaedu. [En línea]. Disponible en: <http://www.educaedu.com.ec/curso--seminario-estrategia-six-sigma-cursos-29654.html>
- [53] Amazon Inc. (1996) [En línea]. Disponible en: <http://www.amazon.com/>
- [54] Tec. Tecnológico de Monterrey. [En línea]. Disponible en: http://capacitacion.mty.itesm.mx/event.php?sel_status=show&task=view&id=26308
- [55] (1999, Diciembre) Lectiva. [En línea]. Disponible en: <http://www.lectiva.com>
- [56] (2013, Abril) Office Help. [En línea]. Disponible en: <http://www.officehelp.com.ec/>
- [57] DGNET LTD. Bolsa de Trabajo. [En línea]. Disponible en: <http://www.computrabajo.com.ec/>
- [58] Elena Martínez Rodríguez, "Aplicación del Proceso Jerárquico de Análisis en la Selección de la Localización de una PYME.," Anuario Jurídico y Económico Escurialense, vol. XL, pp. 523-542, 2007.
- [59] Primitivo A. Reyes. (2007, Septiembre) Consultoría y Capacitación para la Competitividad de Clase Mundial. [En línea]. Disponible en: www.icicm.com/files/MEDICIONES_SEIS_SIGMA.doc

ANEXOS

ANEXO 1. Ficha de observación del proceso de producción.

	BLESSING FACTORY PROCESO DE PRODUCCIÓN	
Dirección: Av. Víctor Hugo y Pasaje Cordero Dávila.		
Responsable: Israel Naranjo		Fecha: <u>06/enero/2014</u> al <u>09/enero/2014</u>

OBJETIVO: Analizar el proceso de Producción de Chompas.

Sub proceso	Actividad/Operación	Materiales
Corte	<ul style="list-style-type: none"> * Selección de la cantidad de tela en bodega de acuerdo al pedido de producción. * Tendido y dobles de la tela. * Tizado en tela tendida. * Corte. * Clasificación de las piezas cortadas de acuerdo al molde y tipo de tela. 	<ul style="list-style-type: none"> * Tizas para tela. * Cortadora industrial. * Mesas de apoyo.
Confección	<ul style="list-style-type: none"> * Armado de partes de delanteros. * Armado de bolsillos. * Armado de partes de posteriores. * Armado de mangas y unión de codos. * Armado de cuello. * Unión de delantero y posterior en hombros. * Unión de mangas con delantero y posterior. * Cerrado de chompa. Unir los costados. * Pegado de cierre. * Embolsado. * Pespunte general de la chompa. 	<ul style="list-style-type: none"> * Máquinas rectas. * Máquinas rectas doble aguja.
Pulido	<ul style="list-style-type: none"> * Inspección general de la chompa. * Corte de hilos. * Etiquetado. 	<ul style="list-style-type: none"> * Cortadora manual. * Etiquetadora.

OBSERVACIONES: Se describe de una manera general las actividades/operaciones realizadas en el proceso de producción de chompas. El personal colabora con la información de manera oportuna.

Firma responsable

ANEXO 2. Entrevista a gerente de Blessing Factory.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

Entrevista dirigida al gerente de la empresa de confecciones Blessing Factory sobre un modelo de decisión multicriterio para el control de fallas de productos terminados.

OBJETIVO:

Realizar un estudio de las fallas presentes en los productos terminados de la empresa.

1. ¿Ha recibido quejas por parte de los clientes sobre fallas en sus productos?

Lamentablemente sí. Chompas que poseen fallas pasadas por alto por el personal encargado de pulir la prenda terminada, además se han presentado devoluciones de productos.

2. ¿Siente que la existencia de fallas en sus productos consume las ganancias económicas de la empresa?

Claro que sí, la presencia de fallas en nuestros productos terminados ocasiona pérdidas económicas a la empresa. Se debe enviar las prendas a reproceso lo que consume tiempo de producción ocasionando atrasados en los pedidos; otro efecto es la pérdida de materiales como hilos, logotipos de cauchos, piezas de tela e incluso la prenda completa pues existen fallas que no se pueden corregir.

3. ¿La empresa ha implementado un sistema de control de fallas?

No se ha implementado ningún sistema para el control de fallas, el único tipo de control que se realiza es el “visual” por parte de la persona encargada de pulir la prenda terminada, y es ella quien decide si enviar o no a reproceso la prenda. No existen registros acerca de un control o recolección de información sobre fallas.

4. ¿Conoce alguna metodología de calidad para el control de fallas?

No. Solo realizamos un control de fallas empírico; es decir, si la prenda posee errores se decide si enviarla a reproceso o venderla como prenda con fallas. En el peor de los casos tomamos por la opción de rechazar la prenda y asumimos la pérdida.

5. ¿Las fallas en sus productos son por causa humana o mecánica?

Por causa humana en mayor porcentaje. Las máquinas que manejamos no son grandes ni complejas, todo está en la habilidad del personal que las maneja. Las fallas que se pueden mencionar por causa de las máquinas son manchas de aceite en tela y roturas de hilo.

6. ¿El personal ha recibido capacitación sobre las actividades que realiza en el proceso de producción?

No, debido a que se realiza la contratación de personal con experiencia. No se ha realizado una capacitación seria acerca de la seguridad en el área de trabajo, tampoco sobre nuevas técnicas o cuidados que se deben tener en la elaboración de prendas de vestir.

7. ¿En qué condición se encuentran las máquinas – herramientas de trabajo en la empresa?

Se encuentran en buen estado debido a que no son muy antiguas.

8. ¿Se realiza una revisión periódica de las Máquinas – herramientas?

No. Las revisamos o reparamos cuando existe alguna falla en ellas.

9. ¿Indique criterios que considera, son efecto de la presencia de fallas en los productos terminados?

Mayor empleo de mano de obra y de maquinaria, pues para corregir ciertas fallas se envía la prenda a reproceso. Tiempo en reproceso lo que ocasiona Pedidos atrasados. Desecho de prendas cuando la falla no se puede eliminar.

10. ¿Al existir varias metodologías de calidad para el control de fallas, realizaría un estudio previo para saber cuál es el que mejor se aplica a su empresa?

Si, pienso que cada metodología posee técnicas diferentes de control y lo mejor sería saber cuál es la que se debería aplicar a nuestra empresa.

Firma Gerente

Firma Investigador

ANEXO 4. Ficha de observación número de fallas por prenda.

 <p style="text-align: center;">“BLESSING FACTORY”</p> <p style="text-align: center;">CANTIDAD DE FALLAS POR PRENDA</p>												
Ficha N: <u>001</u>			Hoja N: <u>01</u>			Fecha: <u>20/enero/2014</u> al <u>24/enero/2014</u>						
Modelo Chompa: <u>CH003</u>				# Lote: <u>S/N</u>				Cantidad Lote: <u>100</u>				
Responsable: <u>Israel Naranjo</u>												
Falla	Logotipos cambiados	Logotipos mal cosidos	Logotipos mal centrados	Logotipos dañados	Doble costura	Cosidos débiles	Centrado erróneo de piezas	Curvas en bolsillos	Cierres mal templados	Manchas	Otros	TOTAL
#Chompa												
1	/					/				/		3
2					/					/		2
3					/		/					2
4									/			1
5	/								/			2
6								/	/			2
7				/		/						2
8	/					/			/			3
9					/				/			2
10		/						/	/	/		4
11								/	/			2
12					/				/			2
13			/				/			/		3
14							/			/		2
15								/	/			2
16										/		1
17		/				/						2
18						/						1
19							/					1
20									/		/	2
Subtotal	3	2	1	1	4	5	4	4	10	6	1	41
OBSERVACIONES: _____												

_____ Firma responsable												



“BLESSING FACTORY”

CANTIDAD DE FALLAS POR PRENDA

Ficha N: 001 Hoja N: 02 Fecha: 20/enero/2014 al 24/enero/2014
 Modelo Chompa: CH003 # Lote: S/N Cantidad Lote: 100
 Responsable: Israel Naranjo

#Chompa	Falla	Logotipos cambiados	Logotipos mal cosidos	Logotipos mal centrados	Logotipos dañados	Doble costura	Cosidos débiles	Centrado erróneo de piezas	Curvas en bolsillos	Cierres mal templados	Manchas	Otros	TOTAL
21												/	1
22						/	/					/	3
23		/											1
24			/										1
25													0
26													0
27						/							1
28						/							1
29									/				1
30													0
31								/		/			2
32						/					/		2
33													0
34													0
35						/					/		2
36									/	/			2
37													0
38										/	/		2
39													0
40		/		/						/			3
41											/		1
42						/							1
Subtotal		0	2	1	1	6	1	1	2	4	5	1	24

OBSERVACIONES: _____

Firma responsable



“BLESSING FACTORY”

CANTIDAD DE FALLAS POR PRENDA

Ficha N: 001 Hoja N: 03 Fecha: 20/enero/2014 al 24/enero/2014
 Modelo Chompa: CH003 # Lote: S/N Cantidad Lote: 100
 Responsable: Israel Naranjo

#Chompa	Falla	Logotipos cambiados	Logotipos mal cosidos	Logotipos mal centrados	Logotipos dañados	Doble costura	Cosidos débiles	Centrado erróneo de piezas	Curvas en bolsillos	Cierres mal templados	Manchas	Otros	TOTAL
43											/		1
44								/					1
45													0
46									/		/		2
47							/						1
48						/							1
49								/	/				2
50													0
51							/				/		2
52													0
53													0
54													0
55								/		/			2
56								/					1
57													0
58													0
59			/		/								2
60											/		1
61			/	/					/				3
62						/							1
63						/							1
64				/			/						2
Subtotal		0	2	2	1	3	3	4	3	1	4	0	23

OBSERVACIONES: _____

Firma responsable



“BLESSING FACTORY”

CANTIDAD DE FALLAS POR PRENDA

Ficha N: 001 Hoja N: 04 Fecha: 20/enero/2014 al 24/enero/2014
 Modelo Chompa: CH003 # Lote: S/N Cantidad Lote: 100
 Responsable: Israel Naranjo

#Chompa	Falla	Logotipos cambiados	Logotipos mal cosidos	Logotipos mal centrados	Logotipos dañados	Doble costura	Cosidos débiles	Centrado erróneo de piezas	Curvas en bolsillos	Cierres mal templados	Manchas	Otros	TOTAL
65													0
66					/				/		/		3
67													0
68													0
69													0
70													0
71						/				/			2
72													0
73											/		1
74										/			1
75													0
76													0
77						/				/			2
78						/		/					2
79						/					/		2
80												/	1
81													0
82													0
83													0
84							/	/		/			3
85										/	/		2
86													0
Subtotal		0	0	0	1	4	1	2	1	5	4	1	19

OBSERVACIONES: _____

Firma responsable

ANEXO 5. Empleo del software Expert Choice en la solución del modelo.

Introducción de parámetros

Una vez ejecutado el programa, se da un nombre y una ubicación al archivo fuente en nuestro caso “Modelo de Decisión para el Control de Fallas Productos Terminados”; el mismo pide introducir el *Objetivo* del modelo operación mostrada en la Fig. a. A medida que se ingresan los parámetros requeridos, en el área de *Information Document* mostrada en la Fig. b, se describe cada elemento, sus características y lo que abarca.

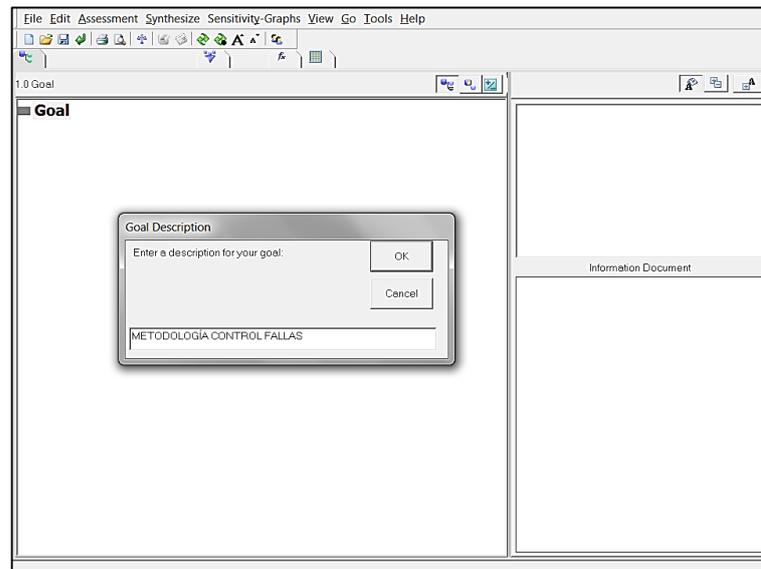


Fig. a Introducción del objetivo del modelo.

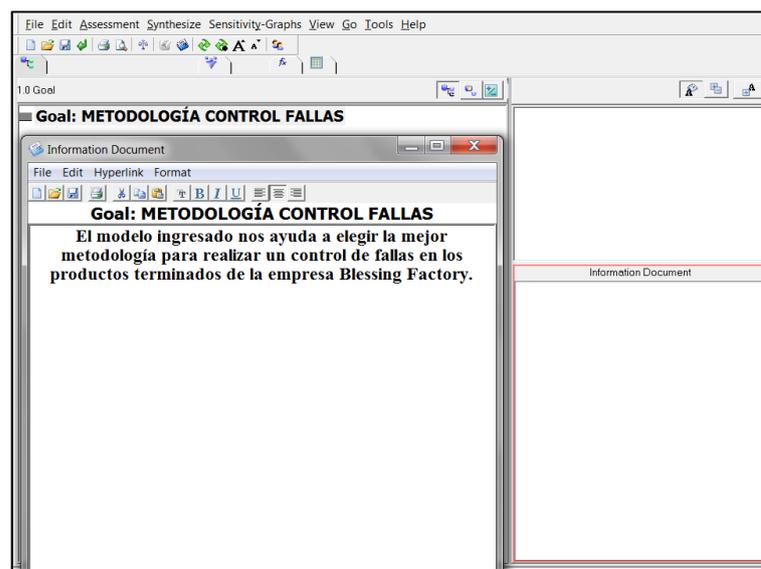


Fig. b Descripción del objetivo del modelo.

El comando Ctrl + H ayuda a ingresar un subnivel al nivel seleccionado con el mouse; en decir *Crterios* al objetivo y *Subcriterios* a nuestros criterios. El botón mostrado en la Fig. c permite el ingreso de las alternativas a analizar.

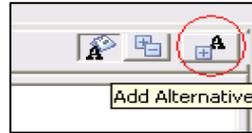


Fig. c Introducción alternativas.

La Fig. d muestra el modelo de decisión ingresado completamente en el Expert Choice listo para ser analizado. Cabe recalcar el ingreso de una descripción para cada criterio y subcriterio del modelo.

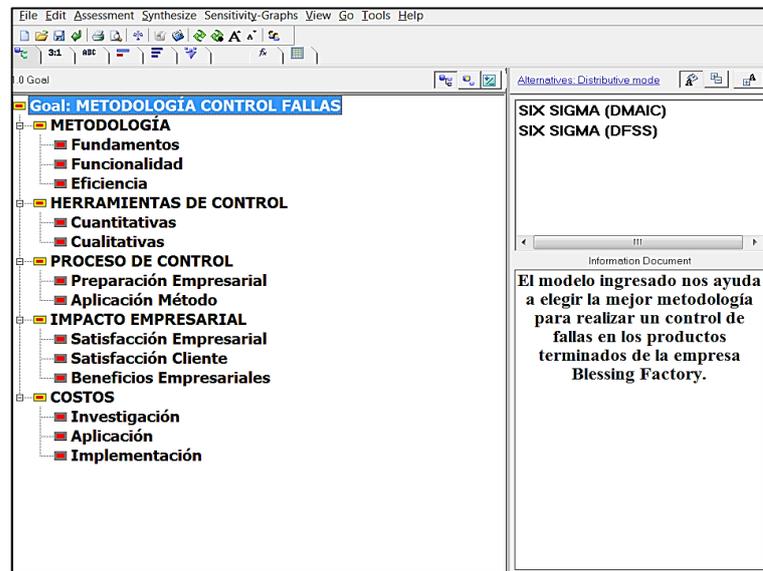


Fig. d Modelo de decisión completo en el Expert Choice.

Comparaciones numéricas

El programa realiza comparaciones con la ayuda del botón mostrado en la Fig. e.

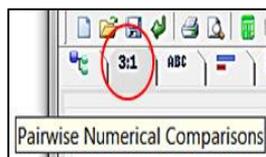


Fig. e Botón comparaciones numéricas.

Al seleccionar el objetivo del modelo se realiza una comparación numérica entre todos los criterios, procedimiento mostrado en la Fig. f. La Fig. g muestra la comparación

entre los subcriterios del criterio seleccionado y por último, la Fig. h muestra las comparaciones numéricas que se realizan entre las alternativas del modelo al seleccionar un subcriterio.

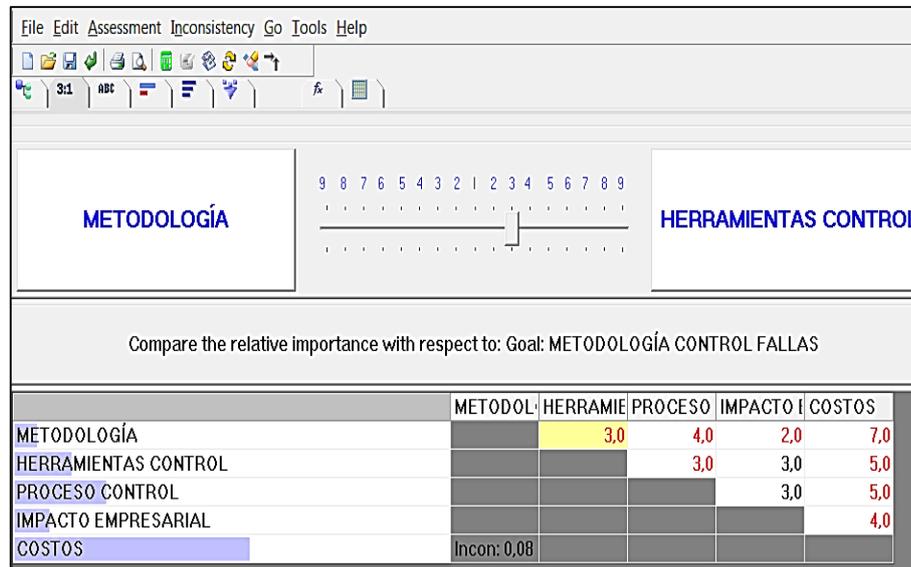


Fig. f Comparaciones numéricas entre criterios.

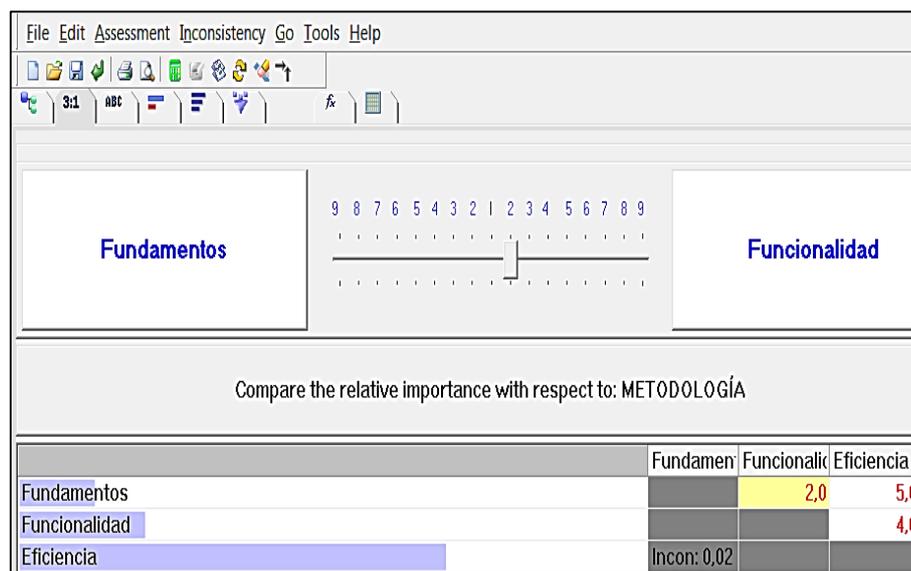


Fig. g Comparaciones numéricas entre subcriterios.

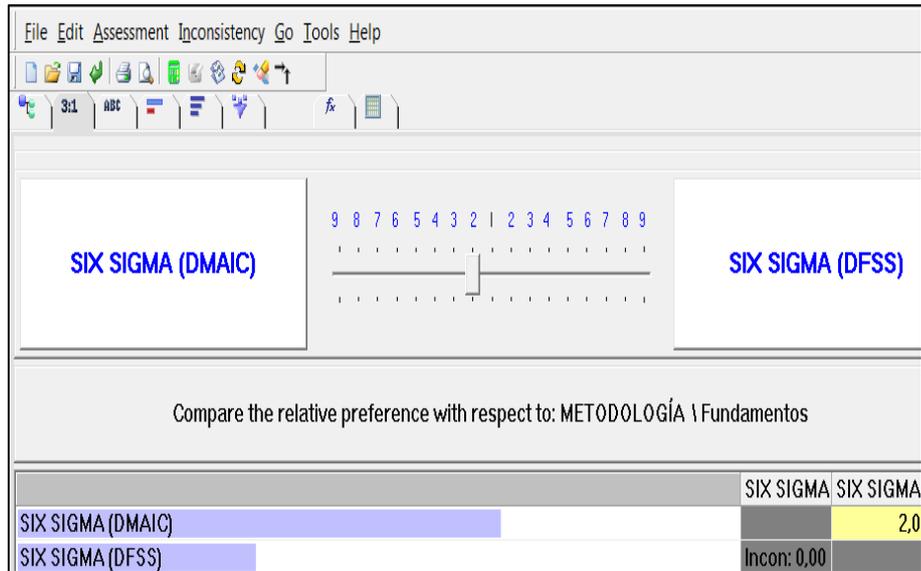


Fig. h Comparaciones numéricas entre alternativas.

Solución del modelo de decisión

Por último, para conocer la solución de cada nivel del modelo en el Expert Choice, existe el botón *Synthesis Results* mostrado en la Fig. i. Si se quiere conocer la solución general seleccionar el objetivo del modelo; al señalar los criterios y subcriterios se observan las soluciones parciales de los mismos.

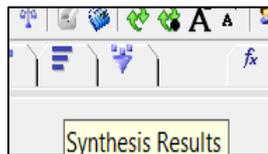


Fig. i Botón síntesis de resultados.

ANEXO 6. Cálculos manuales de prioridades de los subcriterios de cada criterio.

Matriz Comparaciones Pareadas				Matriz Normalizada				
		a_{ij}	$=1/a_{ij}$					
Metodología	Fundamentos			Metodología	Fundamentos	Funcionalidad	Eficiencia	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
Fundamentos	1		1/2	Fundamentos	0,125	0,0909	0,1379	0,3538
Funcionalidad	2	1	1/4	Funcionalidad	0,25	0,1818	0,1724	0,6042
Eficiencia	5	4	1	Eficiencia	0,625	0,7272	0,6896	2,0418
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	8	5,5	1,45		$= a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}$			

Prioridades				
	$\sum_{j=1}^n a_{ij} / n$			
Metodología	Prioridad Relativa	Prioridad Criterio	Prioridad General W_{ij}	Prioridad Relativa (%)
Fundamentos	0,1179	×	0,0059	11,79%
Funcionalidad	0,2014	×	0,0102	20,14%
Eficiencia	0,6806	×	0,0344	68,06%

Cálculo Consistencia		
	$\sum_{i=1}^n a_{ij} \times W_{ij} / W_{ij}$	
Ratio Consistencia	$\sum_{i=1}^n a_{ij} \times W_{ij}$	λ
Fundamentos	0,0179	3,0305
Funcionalidad	0,0306	3
Eficiencia	0,1047	3,0436
λ_{max} (Promedio)		3,0247

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IA	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45

IA	0,52	$= (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$
IC	0,01235	
CR	0,0238	$= IC / IA$

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Herramientas Control	Cuantitativas	Cualitativas				
Cuantitativas	1	5	Herramientas Control	Cuantitativas	Cualitativas	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
Cualitativas	1/5	1	Cuantitativas	0,8333	0,8333	1,6667
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,2	6	Cualitativas	0,1667	0,1667	0,3334

Prioridades				
Herramientas Control	Prioridad Relativa	Prioridad Criterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
Cuantitativas	0,8333	×	0,1167	83,33%
Cualitativas	0,1667	×	0,0234	16,67%

Cálculo Consistencia			
Ratio Consistencia	$\sum_{i=1}^n a_{ij} \times W_{ij}$	W_{ij}	λ
Cuantitativas	0,2337	0,1167	2,0026
Cualitativas	0,0467	0,0234	1,9974
λ_{max} (Promedio)			2

IA	0
IC	2
CR	0

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada						
Proceso Control	Preparación Empresarial	Aplicación Método	Proceso Control	Preparación Empresarial	Aplicación Método	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$			
Preparación Empresarial	1	2	Preparación Empresarial	0,6667	0,6667	1,3333			
Aplicación Método	1/2	1	Aplicación Método	0,3333	0,3333	0,6667			
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,5	3							
Prioridades									
Proceso Control	Prioridad Relativa	×	Prioridad Criterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)				
Preparación Empresarial	0,6667	×	0,2125	0,1417	66,67%				
Aplicación Método	0,3333	×		0,0708	33,33%				
Cálculo Consistencia									
Ratio Consistencia	$\sum_{i=1}^n a_{ij} \times W_{ij}$		W_{ij}		λ				
Preparación Empresarial	0,2833	÷	0,1417	=	1,9993				
Aplicación Método	0,1417		0,0708		2				
	λ_{max} (Promedio)				2				
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IA	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45
IA	0								
IC	2								
CR	0								

Matriz Comparaciones Pareadas				Matriz Normalizada					
Impacto Empresarial	Satisfacción Empresarial	Satisfacción Cliente	Beneficios Empresariales	Impacto Empresarial	Satisfacción Empresarial	Satisfacción Cliente	Beneficios Empresariales	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$	
Satisfacción Empresarial	1	1/3	1/2	Satisfacción Empresarial	0,1667	0,1818	0,1429	0,4914	
Satisfacción Cliente	3	1	2	Satisfacción Cliente	0,5	0,5454	0,5714	1,6168	
Beneficios Empresariales	2	1/2	1	Beneficios Empresariales	0,3333	0,2727	0,2857	0,8917	
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	6	1,8333	3,5						
Prioridades									
Impacto Empresarial	Prioridad Relativa	×	Prioridad Criterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)				
Satisfacción Empresarial	0,1638	×	0,078	0,0128	16,38%				
Satisfacción Cliente	0,5389	×		0,0421	53,89%				
Beneficios Empresariales	0,2972	×		0,0232	29,72%				
Cálculo Consistencia									
Ratio Consistencia	$\sum_{i=1}^n a_{ij} \times W_{ij}$		W_{ij}		λ				
Satisfacción Empresarial	0,0384	÷	0,0128	=	2,9998				
Satisfacción Cliente	0,1269		0,0421		3,0190				
Beneficios Empresariales	0,0698		0,0232		3,0086				
	λ_{max} (Promedio)				3,0091				
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IA	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45
IA	0,52								
IC	0,0046								
CR	0,01								

Matriz de Comparaciones Pareadas				Matriz Normalizada				
Costos	Investigación	Aplicación	Implementación	Costos	Investigación	Aplicación	Implementación	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
Investigación	1	1/2	1/3	Investigación	0,1667	0,1111	0,1999	0,4777
Aplicación	2	1	1/3	Aplicación	0,3333	0,2222	0,1999	0,7554
Implementación	3	3	1	Implementación	0,5	0,6667	0,5999	1,7666
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	6	4,5	1,6667					

Prioridades				
Costos	Prioridad Relativa	Prioridad Criterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
Investigación	0,1592	×	0,0814	15,92%
Aplicación	0,2518	×	0,1288	25,18%
Implementación	0,5889	×	0,3012	58,89%

Cálculo Consistencia				
Ratio Consistencia	$\sum_{i=1}^n a_{ij} \times W_{ij}$	W_{ij}	λ	
Investigación	0,2462	0,0814	3,0244	
Aplicación	0,3920	0,1288	3,0434	
Implementación	0,9318	0,3012	3,0936	
	λ_{max} (Promedio)		3,0538	

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IA	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45

IA	0,52
IC	0,0269
CR	0,052

ANEXO 7. Cálculos manuales de prioridades de las alternativas al compararlas con los subcriterios.

Matriz de Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Fundamentos	DMAIC	DFSS	Fundamentos	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	2	DMAIC	0,6667	0,6667	1,3333
DFSS	1/2	1	DFSS	0,3333	0,3333	0,6667
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,5	3				

Prioridades Alternativas					
Fundamentos	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,6667	×	0,0059	0,0039	66,67%
DFSS	0,3333	×		0,0019	33,33%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Funcionalidad	DMAIC	DFSS	Funcionalidad	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	2	DMAIC	0,6667	0,6667	1,3333
DFSS	1/2	1	DFSS	0,3333	0,3333	0,6667
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,5	3				

Prioridades Alternativas					
Funcionalidad	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,6667	×	0,0102	0,0068	66,67%
DFSS	0,3333	×		0,0034	33,33%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Eficiencia	DMAIC	DFSS	Eficiencia	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	1	DMAIC	0,5	0,5	1
DFSS	1	1	DFSS	0,5	0,5	1
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	2	2				

Prioridades Alternativas					
Eficiencia	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,5	×	0,0344	0,0172	50%
DFSS	0,5	×		0,0172	50%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Cuantitativas	DMAIC	DFSS	Cuantitativas	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	1/3	DMAIC	0,25	0,25	0,50
DFSS	3	1	DFSS	0,75	0,75	1,50
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	4	1,3333				

Prioridades Alternativas					
Cuantitativas	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,25	×	0,1167	0,0291	25%
DFSS	0,75	×		0,0875	75%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Cualitativas	DMAIC	DFSS	Cualitativas	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	1/3	DMAIC	0,25	0,25	0,50
DFSS	3	1	DFSS	0,75	0,75	1,50
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	4	1,333				

Prioridad Alternativas					
Cualitativas	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,25	×	0,0234	0,0059	25%
DFSS	0,75	×		0,0176	75%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Preparación Empresarial	DMAIC	DFSS	Preparación Empresarial	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	1	DMAIC	0,5	0,5	1
DFSS	1	1	DFSS	0,5	0,5	1
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	2	2				

Prioridad Alternativas					
Preparación Empresarial	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,5	×	0,1417	0,0709	50%
DFSS	0,5	×		0,0709	50%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Aplicación Método	DMAIC	DFSS	Aplicación Método	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	2	DMAIC	0,6667	0,6667	1,3333
DFSS	1/2	1	DFSS	0,3333	0,3333	0,6667
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,5	3				

Prioridades Alternativas					
Aplicación Método	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,6667	×	0,0708	0,0472	66,67%
DFSS	0,3333	×		0,0236	33,33%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Satisfacción Empresarial	DMAIC	DFSS	Satisfacción Empresarial	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	2	DMAIC	0,6667	0,6667	1,3333
DFSS	1/2	1	DFSS	0,3333	0,3333	0,6667
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,5	3				

Prioridades Alternativas					
Satisfacción Empresarial	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,6667	×	0,0128	0,0085	66,67%
DFSS	0,3333	×		0,0043	33,33%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Satisfacción Cliente	DMAIC	DFSS	Satisfacción Cliente	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	1/3	DMAIC	0,25	0,25	0,5
DFSS	3	1	DFSS	0,75	0,75	1,5
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	4	1,3333				

Prioridades Alternativas					
Satisfacción Cliente	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,25	×	0,0421	0,0105	25%
DFSS	0,75	×		0,0315	75%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Beneficios Empresariales	DMAIC	DFSS	Beneficios Empresariales	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	3	DMAIC	0,75	0,75	1,5
DFSS	1/3	1	DFSS	0,25	0,25	0,5
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,3333	4				

Prioridad Alternativas					
Beneficios Empresariales	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,75	×	0,0232	0,0174	75%
DFSS	0,25	×		0,0058	25%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Investigación	DMAIC	DFSS	Investigación	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	2	DMAIC	0,6667	0,6667	1,3333
DFSS	1/2	1	DFSS	0,3333	0,3333	0,6667
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,5	3				

Prioridades Alternativas					
Investigación	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,6667	×	0,0814	0,0543	66,67%
DFSS	0,3333	×		0,02713	33,33%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Aplicación	DMAIC	DFSS	Aplicación	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	3	DMAIC	0,75	0,75	1,5
DFSS	1/3	1	DFSS	0,25	0,25	0,50
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,3333	4				

Prioridades Alternativas					
Aplicación	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,75	×	0,1288	0,0966	75%
DFSS	0,25	×		0,0322	25%

Matriz Comparaciones Pareadas			Matriz Normalizada			
Implementación	DMAIC	DFSS	Implementación	DMAIC	DFSS	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
DMAIC	1	3	DMAIC	0,75	0,75	1,5
DFSS	1/3	1	DFSS	0,25	0,25	0,5
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	1,3333	4				

Prioridades Alternativas					
Implementación	Prioridad Relativa		Prioridad Subcriterio	Prioridad General	Prioridad Relativa (%)
DMAIC	0,75	×	0,3012	0,2259	75%
DFSS	0,25	×		0,0753	25%

ANEXO 8. Costos capacitaciones y recursos empleados en proyectos Six Sigma.

Capacitación Six Sigma DFSS

SolTIMexExcelencia en servicios de TI

León, Guanajuato a lunes 14 de abril de 2014

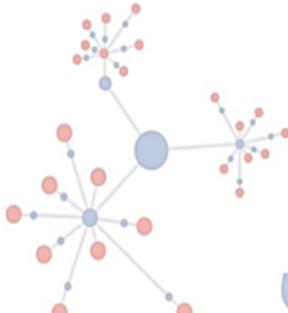
At'n: Israel Naranjo

PRESENTE,-

Nos permitimos poner a su amable consideración propuesta económica por concepto de Curso de Capacitación *Design for Six Sigma Green Belt* con una duración de 40 hr.

Esta propuesta es para impartir el curso en nuestras instalaciones y con un mínimo de 4 participantes.

Deseando nuestra propuesta sea de su interés, así como vemos favorecidos con su amable respuesta, quedo a sus órdenes.

SolTIMex

ATENTAMENTE

Francisco Rosales, PMP.
Consultor TI SolTIMex.
S.A de C.V.
frosales@soltimex.com.mx

Cantidad	Concepto	Precio Unitario	Costo por Participante
De 1 a 2 Participantes	Design for Six Sigma Green Belt (40 hr)	\$13,980.00 + IVA <i>Desc -0%</i>	\$13,980.00
De 3 a 5 Participantes	Design for Six Sigma Green Belt (40 hr)	\$13,980.00 + IVA <i>Desc -5%</i>	\$13,281.00
Entre 6 a 9 Participantes	Design for Six Sigma Green Belt (40 hr)	\$13,980.00 + IVA <i>Desc -10%</i>	\$12,582.00
Entre 9 a 12 Participantes	Design for Six Sigma Green Belt (40 hr)	\$13,980.00 + IVA <i>Desc -15%</i>	\$11,883.00

**Costo real del curso \$26,500.00 por persona*

Condiciones Comerciales:

- Los costos mostrados están en pesos mexicanos y no incluyen IVA.
- Los costos mostrados son los precios de curso impartido en nuestras instalaciones.
- Para solicitar el curso/taller deberá hacerse un depósito del 50% del costo total y el otro 50% a la conclusión y satisfacción del cliente.
- El curso es impartido por un Ingeniero Certificado Black Belt.
- Si nuestra propuesta es de su interés, debe considerar que después de solicitar el curso solicitamos de 2 a 3 semanas para coordinar disponibilidad de facilitador, instalaciones, equipo de cómputo, material, etcétera.

El curso Incluye:

- Material de participante
- Constancia de Participación

Horarios:

- De lunes a viernes de 8:00 am a 3:00 pm (5 días)
- De lunes a viernes de 3:00 pm a 8:00 pm (8 días)

SOLTIMex

Contenido – curso de Black Belts Six Sigma DMAIC

El Six Sigma Black Belt Certificado es un profesional que puede explicar los principios y la filosofía del Six Sigma, incluyendo sistemas y herramientas de apoyo. El Black Belt suele demostrar liderazgo de equipo, entender las dinámicas de grupo y asignar funciones y responsabilidades a los miembros del equipo. Posee un entendimiento completo del modelo DMAIC y lo utiliza en concordancia con los principios de Six Sigma. Posee los conocimientos básicos para poder detectar oportunidades de proyectos Six Sigma así como de las herramientas estadísticas utilizadas para la estrategia Six Sigma...

DIRIGIDO A:

Todas aquellas personas interesadas en conocer la técnica Six Sigma aplicada a la mejora continua.

Para la realización de este curso se aconseja, aunque no es imprescindible, tener conocimientos básicos sobre Herramientas de Calidad

OBJETIVOS:

- Entender la filosofía Six Sigma, su interés para las organizaciones y sus componentes
- Capacitar a los asistentes para la detección de oportunidades de proyectos de mejora Six Sigma en su organización y para la realización de dichos proyectos de mejora.
- Adquirir el conocimiento del uso de las herramientas estadísticas básicas utilizadas en la estrategia Six Sigma

CONTENIDO:

Este curso está basado en el programa del curso Certified Six Sigma Black Belt – CSSBB - de la ASQ (American Society for Quality) y está totalmente actualizado a 2012, más de 2500 páginas en temarios, más de 3000 diapositivas y Anexos en diferentes formatos: Word, Excel etc. y se compone de los siguientes seminarios:

- I Despliegue del Six- Sigma en la Empresa (Desarrollo General).
- II La Gestión de Procesos.
- III La Gestión de Equipos.
- IV Metodología y Herramientas de Mejora Six- Sigma: Definir.
- V Metodología y Herramientas de Mejora Six- Sigma: Medir.
- VI Metodología y Herramientas de Mejora Six- Sigma: Analizar.
- VII Metodología y Herramientas de Mejora Six- Sigma: Mejorar.
- VIII Metodología y Herramientas de Mejora Six- Sigma: Controlar.
- IX Diseñar para Six- Sigma (DFSS).
- X Modulo adicional de Minitab para Six- Sigma.

ACREDITACIONES:

- Para la obtención del correspondiente diploma acreditativo de ISDE Formación se requiere aprobar los test o casos prácticos de cada módulo y aprobar el examen final a distancia, obteniendo la nota final a partir de una ponderación entre: Test o casos prácticos de cada módulo (30%) / Examen final (70%).

- Éste Título Acredita 30 Créditos (300 horas lectivas)

-Opción totalmente voluntaria de presentarse al examen para la obtención del título certificado por la ASQ. Consulte condiciones.

DURACIÓN

- 300 horas (Entre 5 y 10 meses)

INICIO:

- Modalidad distancia: Convocatorias mensuales

PRECIO:

- Modalidad distancia: 1.650 €

Costos aulas virtuales

PLANES Y BENEFICIOS		office HELP OFICINAS TEMPORALES			
Beneficios	Oficina Virtual	Plan Completo	Plan Básico Plus	Plan Básico	Automático 1 hora mínimo
Tiempo de oficina	1 mes	24 horas/mes	12 horas/mes	6 horas/mes	1 hora mínimo
Oficina independiente	x	✓	✓	✓	✓
Salas de juntas hasta para 6 u 8 personas	x	✓	✓	✓	✓
Uso de dirección comercial (3 meses mínimos de compra)	✓	✓	x	x	x
Servicio de recepcionista inglés/español (08h30 a 17h30 de Lun. a Vie.)	✓	✓	✓	✓	✓
Recepción de correspondencia y paquetería	✓	✓	✓	x	x
Número telefónico con respuesta genérica	✓	✓	✓	✓	✓
Recepción de llamadas inglés/español	✓	✓	✓	✓	✓
Notificación de mensajes vía Email o SMS	✓	✓	✓	✓	x
Transferencias o enlaces telefónicos	✓	✓	✓	✓	✓
Servicio de telefonía local y nacional fija	x	✓	✓	✓	✓
Telefonía VO IP a más de 67 países	x	✓	✓	✓	✓
Internet corporativo / WI FI	x	✓	✓	✓	✓
Soporte técnico para computadores	x	2 horas/mes	2 horas/mes	1 hora/mes	x
Impresiones blanco y negro / fotocopiado / escaneo	x	✓	✓	✓	✓
Servicio de Cafetería	x	✓	✓	✓	✓
Limpieza de instalaciones	x	✓	✓	✓	✓
20% de descuento en horas de oficinas y sala de reunión	✓	x	x	x	x
Precio por plan (incluye I.V.A.)	USD 150	USD 420	USD 220	USD 110	USD 25

ANEXO 9. Tabla de conversión de capacidad del proceso en sigmas.

Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			