



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERÍA INDUSTRIAL

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**“MEJORA DE PROCESO EN EL ÁREA DE ENSAMBLE DE MAIN
FITTING, EN EL GRUPO SAFRAN PLANTA MESSIER BUGATY
DOWTY USANDO LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA”**

DESARROLLADO POR
ROXANA JIMÉNEZ MORALES
09271078

ASESOR
DR. ELÍAS NEFTALÍ ESCOBAR GÓMEZ

ASESOR EXTERNO
ING. GERARDO VALDÉZ CRUZ

REVISORES
DR. SABINO VELAZQUEZ TRUJILLO
ING. JORGE ELÍ CASTELLANOS MARTÍNEZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Enero 2012



Querétaro, Qro. 5 de Diciembre del 2012.

ASUNTO: CARTA DE TERMINACION

ING. RODRIGO FERRER GONZALEZ
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTION TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

A través de este conducto me dirijo a usted para hacerle saber que el **C. ROXANA JIMENEZ MORALES**, con número de control **09271078** de la carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL, ha concluido su residencia profesional en la empresa MESSIER DOWTY MEXICO S.A. DE C.V., el giro de la empresa es aeronáutico, y se fabrican componentes para los trenes de aterrizaje de avión.

Roxana desarrollo el proyecto de "MEJORA DE PROCESO EN EL AREA DE ENSAMBLE DE MAIN FITTING, EN EL GRUPO SAFRAN PLANTA MESSIER BUGATTI DOWTY, USANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA", para la realización de su residencial profesional, en el área de PROCESOS ESPECIALES; cubriendo un total de 640 horas en un total de 4 meses, comprendiendo de Agosto al Diciembre del 2012.

Sin más por el momento. Le envié un cordial saludo.

Lic. Anahí Escamilla Plancarte

Coordinadora de Reclutamiento y capacitación

Messier Dowty

Tel. (442) 153-3900 Ext. 4518

Messier-Dowty Mexico S.A. de C.V.
Carretera Estatal 200 kilómetro 22 547 B, Parque Aeroespacial de Querétaro, Querétaro.
C.P. 76278 - MEXICO



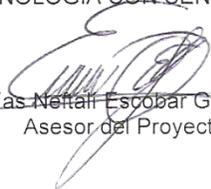
CONSTANCIA DE LIBERACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

M.C. JORGE ANTONIO OROZCO TORRES
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
EDIFICIO.

Por medio de la presente me permito informarle que ha concluido la asesoría y revisión del proyecto de Residencia Profesional cuyo título es: **MEJORA DE PROCESO EN EL ÁREA DE ENSAMBLE DE MAIN FITTING, EN EL GRUPO SAFRAN PLANTA MESSIER BUGATY DOWTY USANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA**, desarrollado por la **C. ROXANA JIMÉNEZ MORALES**, con número de control 09271078, desarrollado en el período "AGOSTO-DICIEMBRE 2012".

Por lo que, se emite la presente Constancia de Liberación y Evaluación del Proyecto a los dieciocho días del mes de enero de 2013.

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"


Dr. Elías Nerián Escobar Gómez
Asesor del Proyecto


Ing. Jorge Elí Castellanos Martínez
Revisor del proyecto


Dr. Sabino Velázquez Trujillo.
Revisor del proyecto

C.c.p.- Archivo.



OFICIO DEP-CT-38-2013

C. ROXANA JIMÉNEZ MORALES
PASANTE DE LA CARRERA DE **INGENIERÍA INDUSTRIAL**
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la liberación del informe técnico del proyecto denominado:

**"MEJORA DE PROCESO EN EL ÁREA DE ENSAMBLE DE MAIN FITTING, EN EL GRUPO SAFRAN
PLANTA MESSIER BUGATY DOWTY USANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA."**

Y en cumplimiento con los requisitos normativos para obtener el Título Profesional, comunico a Usted que se **AUTORIZA** la impresión del Trabajo Profesional.

Sin otro particular quedo de usted reiterándole mis más finas atenciones.

A T E N T A M E N T E
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"


M.I. APOLINAR BERNAL LÓPEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.
C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares
C.c.p.- Expediente
M'APL/l'eeam
|



Secretaría de Educ. Pública
Instituto Tecnológico
de Tuxtla Gutiérrez
Div. de Est. Profesionales



Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Caracterización del Proyecto	
1.1 Antecedentes	5
1.2 Definición del problema	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 General	6
1.3.2 Específicos	6
1.4 Justificación	6
1.5 Delimitación	7
1.6 Impactos	7
1.6.1 Impacto económico	7
1.6.2 Impacto social	8
Capítulo 2. Descripción de la empresa	
2.1 Antecedentes de la empresa	10
2.2 Descripción de la realidad de la empresa	11
2.3 Localización de la empresa	13
2.4 Misión y Visión	14
2.4.1 Misión	14
2.4.2 Visión	14
2.5 Valores	14
2.6 Compromisos	16
2.7 Razón social	17
2.8 Objetivos de la empresa	18
2.8.1 General	18
2.8.2 Específico	18
2.9 Caracterización de la empresa	19
2.9.1 Productos	19
2.9.2 Clientes	19
2.9.3 Giro o actividad	20
2.9.4 Sector	20
2.9.5 Operaciones	21
2.10 Organigrama	22
Capítulo 3. Marco Teórico	
3.1 Antecedentes Seis Sigma	25
3.2 Evolución de Seis Sigma	27

3.3 Seis Sigma apoyada en una metodología Robusta	28
3.4 Antecedentes de la metodología DMAIC	30
3.5 Desarrollo de la metodología Seis Sigma	32
3.6 Desarrollo de las etapas de la metodología Seis Sigma	34
3.6.1 Definir	35
3.6.2 Medir	39
3.6.3 Analizar	42
3.6.4 Mejorar	43
3.6.5 Controlar	46
3.7 Lean Six Sigma	49
3.7.1 Las sietes caras del desperdicio	50
3.8 Herramientas de la metodología Seis Sigma	51
3.8.1 Diagrama SIPOC	51
3.8.2 Diagrama CTQ	52
3.8.3 Histogramas	52
3.8.4 Hoja de verificación	53
3.8.5 Diagrama de Pareto	55
3.8.6 Diagrama de dispersión	56
3.8.7 Diagrama de Ishikawa	57
3.8.8 Estratificación	58
3.8.9 Gráficos de control	59
3.8.10 Gráfica de Gantt	60
3.8.11 Tormenta de ideas	61
3.8.12 5 Why´s	62
3.8.13 Mapeo de procesos	63
3.8.14 Transporte y diagrama de Spaghetti	64
3.9 Evaluación de riesgos	66
Capítulo 4. Metodología Propuesta	
4.1 Etapas propuestas	69
4.1.1 Diagnóstico	69
4.1.2 Definir	70
4.1.3 Medir	72
4.1.4 Analizar	73
4.1.5 Mejorar	74
4.1.6 Controlar	74
Capítulo 5. Aplicación de la Metodología	
5.1 Implementación de la adecuación de la metodología DMAIC en el área de ensamble de Main Fitting	77

5.2 Etapa Diagnóstico	77
5.2.1 Análisis de la información del área de ensamble MF	78
5.2.2 Definición de cada proceso MF	78
5.2.3 Datos del cuestionario	80
5.2.4 Áreas de oportunidad	83
5.3 Etapa Definir	83
5.3.1 Definición y Duración del proyecto	83
5.3.2 Alcance del proyecto	84
5.3.3 Objetivo del proyecto	84
5.3.4 Beneficios del Proyecto	84
5.3.5 Equipo DMAIC	85
5.3.6 Diagrama SIPOC	85
5.3.7 Diagrama de Requerimiento del cliente (CTQ)	87
5.3.8 Diagrama de la Voz del Negocio (VOB)	88
5.3.9 Proceso de ensamble de la pieza Main Fitting	88
5.4 Etapa Medir	91
5.4.1 Tiempos y movimientos del área de ensamble pieza MF	92
5.4.2 Tiempos de cada proceso de la pieza MF	95
5.4.3 Diagrama de Pareto de los Procesos Main Fitting	96
5.5. Etapa Analizar	99
5.5.1 Factor de Análisis de Árbol de Problemas	99
5.5.2 Factor de Análisis de Árbol para el proceso de Ensamble y Maquinado	100
5.5.3 Factor de Análisis de Árbol para el proceso de Sellado	101
5.5.4 Factor de Análisis de Árbol para el proceso de Rimado	102
5.5.5 Estudio de los 5Why's proceso de Sellado	103
5.5.6 Estudio de los 5 Why's proceso de Rimado	104
5.5.7 Estudio de los 5 Why's proceso de Maquinado y Ensamble	105
5.6 Etapa Mejorar	107
5.6.1 Buscar soluciones fijas a las causas examinadas en los estudios anteriores	107
5.6.2 Premaquinado de bujes testigos	108
5.6.3 Actualización de MTS	109
5.6.4 Redistribución Layout	109
5.6.5 Uso de prensa	111
5.6.6 Cambio de Rimas	117
5.6.7 Cambio de aplicador de sellado	113
5.6.8 Cambio de carro herramental	114
5.7 Etapa Control	115
5.7.1 Formatos de control	115

5.7.2 Evidencia de mejora	117
5.7.3 Formato Check List	117
Capítulo 6. Resultados	
6.1 Resultado de la Metodología	120
6.1.1 Registro de nuevo tiempo pieza AMBED1109	120
6.1.2 Registro de nuevo tiempo pieza AMBE1143	122
6.1.3 Registro de nuevo tiempo pieza AMBEM00019	123
6.1.4 Registro de nuevo tiempo pieza 11MDM4049	124
6.2 Gráfica de Tendencia Lineal	125
6.3 Tiempo Real, Mejorado y Objetivo MF	126
6.4 Estudio de movimientos y tiempos	127
Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones	
7.1 Conclusiones	129
7.2 Recomendaciones	130
Fuente de información	131
ANEXOS	132

Lista de Figuras

Figura 2.1 Ubicación de Grupo Safran Messier Bugati Dowty	13
Figura 2.2 Tren de aterrizaje	19
Figura 2.3 Organigrama organizacional de MBD-Q	23
Figura 3.1 Etapas DMAIC	29
Figura 3.2 Flujo de la metodología Seis Sigma	34
Figura 3.3 Fundamentos para la metodología DMAIC	35
Figura 3.4 Identificación de clientes internos y externos del proceso	37
Figura 3.5 Fuentes para la creación de CTQ's	38
Figura 3.6 Modelo de un Histograma	53
Figura 3.7 Diagrama de Pareto	56
Figura 3.8 Diagrama de Dispersión	57
Figura 3.9 Diagrama Causa-Efecto	58
Figura 3.10 Diagrama de Estratificación	59
Figura 3.11 Gráfico de control	60
Figura 3.12 Gráfica de Gantt	61
Figura 3.13 Simbología para un mapeo de procesos	64
Figura 3.14 Diagrama de Spaghetti	65
Figura 3.15 Evaluación de riesgos	67
Figura 4.1 Metodología propuesta DMAIC	69
Figura 5.1 DMAIC	77
Figura 5.2 Procesos de la pieza MF	79
Figura 5.3 Mapa mental	80
Figura 5.4 diagrama de Pareto	82
Figura 5.5 Equipo DMAIC	85
Figura 5.6 Diagrama SIPOC	86
Figura 5.7 Voz del Cliente	87
Figura 5.8 Diagrama de la Voz del negocio (VOB)	88
Figura 5.9 Distribución de los procesos de la pieza Main Fitting	91
Figura 5.10 Gráfica de tiempo actual MF	92
Figura 5.11 Tiempos de la pieza Main Fitting	93
Figura 5.12 Mapeo del tiempo de la pieza MF	94
Figura 5.13 Gráfica de los tiempos de cada proceso	95
Figura 5.14 Proceso de Main Fitting	96
Figura 5.15 Diagrama de Pareto etapas de Rimado	97
Figura 5.16 Diagrama de Pareto etapas de Sellado	98
Figura 5.17 Diagrama de Pareto etapas de Ensamble	98

Figura 5.18 Diagrama de Pareto etapas de Maquinado	99
Figura 5.19 Herramientas de medición	108
Figura 5.20 Premaquinado de bujes testigos	108
Figura 5.21 Actualización de MTS	109
Figura 5.22 Redistribución Layout	110
Figura 5.23 Ensamble de vulcanos con dispositivo manual	111
Figura 5.24 Cambio de rimas de 8 insertos	112
Figura 5.25 Nuevo aplicador de Sellado	113
Figura 5.26 Carros ergonómicos	114
Figura 5.27 Formatos de control	116
Figura 5.28 Formato de evidencia de mejora	117
Figura 5.29 Check List área de ensamble	118
Figura 6.1 Mapeo de proceso AMBE1109 MF	121
Figura 6.2 Mapeo de proceso AMBE 1143 MF	122
Figura 6.3 Mapeo de proceso AMBEM00019	123
Figura 6.4 Mapeo de proceso de 11MBD4049	124
Figura 6.5 Gráfica de tendencia Lineal	125
Figura 6.6 Tiempos de proceso mes de Octubre	126
Figura 6.7 Gráfica de Estudios de tiempos MF	127

Lista de Tablas

Tabla 3.1 Evolución de Seis Sigma	29
Tabla 3.2 Ejemplo de una hoja de verificación	57
Tabla 5.1 Datos del cuestionario	83
Tabla 5.2 Factores de incumplimiento	84
Tabla 5.3 Tiempo MF	94
Tabla 5.4 Tiempo de cada proceso MF	97
Tabla 5.5 Factor de Análisis Maquinado y Ensamble	102
Tabla 5.6 Factor de Análisis Sellado	104
Tabla 5.7 Factor de Análisis Rimado	105
Tabla 5.8 Estudio de los 5 Why's del proceso de Sellado	106
Tabla 5.9 Estudio de los 5 Why's del proceso de Rimado	107
Tabla 5.10 Estudio de los 5 Why's del proceso de Maquinado y Ensamble	108
Tabla 5.11 Datos del proceso mes Octubre	128

Resumen

Este proyecto está basado en siete capítulos que pretenden alcanzar un estado óptimo en el cumplimiento de entregas a tiempo de las piezas Main Fitting a los clientes, se tiene que el principal problema es la falta de cumplimiento de las entregas a tiempo de la piezas Main Fitting a los clientes.

De tal forma que para lograr mejoras en el área de ensamble MF, se propone implementar Lean Six Sigma con la adecuación de la metodología DMAIC, el cual permite a través de Lean eliminar todo tipo de desperdicio de los procesos y reestructurarlos para hacerlos más eficientes, Six Sigma hace uso extensivo de los datos para entender el comportamiento de los procesos e identificar mejoras.

La propuesta que se tiene para este proyecto es la implementación de la adecuación de la metodología DMAIC, el cual consiste en seis etapas: Diagnóstico, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar.

A través de la implementación del proyecto para la mejora del área de ensamble MF, se logró un mejoramiento que se ve reflejado en el tiempo total de la pieza de 16.35 horas a 10.43 horas, logrando así un ahorro de 5.92 horas, para alcanzar el objetivo se realizó cambios de equipos y herramientas, elaboración de MTS, cambio de aplicador de sellado, de rimas, etc..

Y como conclusión se tiene que se ha llegado alcanzar una mejora en el área de ensamble MF, y de ser así se cumplirá con la demanda y entregas a tiempo de las piezas a los clientes.

Introducción

En el desarrollo de este proyecto se determinó que la problemática principal en el área de ensamble Main Fitting en Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty es la falta de cumplimiento de los pedidos en cantidad y oportunidad, por lo que se ha planteado la propuesta de aplicar una adecuación de la Metodología DMAIC.

DMAIC por sus siglas en inglés significa: Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analizar), Improve (Mejorar) y Control (Controlar) y la etapa que se adecuó que es el Diagnóstico.

Esta metodología es una herramienta con la estrategia de calidad basada en la estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora.

El objetivo principal de llevar a cabo este proyecto, e implementar las etapas de la metodología, es la disminución del tiempo de los procesos de la pieza Main Fitting, a través de eliminación de actividades que no agreguen valor al producto, mejora en los procesos, estudio de movimientos y tiempos, compra de equipos y herramientas, actualización de información que permanece en piso, etc.

Esta metodología se ha destacado por obtener resultados sorprendentes, entre los cuales están la reducción de costos, mayor productividad, reducción de desperdicios, minimización de tiempos, mayor margen de utilidades y lo más importante, aumento de la satisfacción del cliente.

Para la obtención de los resultados esperados, con la implementación de la adecuación de la metodología DMAIC, se estructuró el trabajo en siete capítulos.

En el capítulo uno se basa en el protocolo del proyecto, se establecen los antecedentes del problema y a través del mismo se determina un problema y los objetivos que se desean alcanzar. Se presenta una justificación de la realización del proyecto y las posibles limitantes que se encontrarán en el desarrollo del proyecto. Todo desarrollado con la finalidad de presentar a la empresa una breve descripción del proyecto.

El segundo capítulo se encarga de describir los aspectos generales de la empresa Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty, puntos como son: los antecedentes históricos de la empresa, la ubicación, la distribución de la planta, la descripción de los puestos de la empresa y los productos que son tres piezas del tren de aterrizaje Main Fitting, Slider y Bogie Beam.

El tercer capítulo se basa en el marco teórico o fundamentos del proyecto, temas básicos para el conocimiento general de la metodología que se va a utilizar, antecedentes Seis Sigma, antecedentes de la metodología DMAIC, etapas de la metodología, herramientas de la metodología Seis Sigma, Lean Six Sigma, etc., que se encuentran descritos de manera breve.

El capítulo cuatro presenta la metodología propuesta del proyecto, iniciando con las etapas propuestas que son Diagnóstico que se refiere a conocer los antecedentes del área de ensamble y acercarse a la problemática existente.

Definir, en esta etapa se define la problemática, los requerimientos del cliente y entender los procesos importantes afectados. Medir, el objetivo de esta etapa es medir el desempeño actual del proceso del área de ensamble MF que se busca mejorar, diseñar el plan de recolección de datos y proceder a realizar gráficos que permiten visualizar de manera ordenada los datos obtenidos. Analizar, en esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora del área de ensamble. Mejorar, en esta etapa se diseñan soluciones que ataquen el

problema raíz y lleve los resultados hacia las expectativas del cliente. Controlar, en esta etapa se implementan controles que aseguren que el proceso se mantendrá en su nuevo rumbo.

El capítulo cinco es el complemento del capítulo cuatro, en éste, se aplican cada una de las etapas de la metodología que darán solución al problema planteado de acuerdo al análisis realizado en el diagnóstico, y se explicará de manera detallada paso a paso todas las herramientas respectivas que se utilizaron en cada una de ellas. Este capítulo pretende identificar, evaluar y desarrollar las estrategias que mejoran las condiciones del área de ensamble MF.

El capítulo seis muestra los resultados obtenidos en cada una de las áreas de oportunidad del área de ensamble al momento de implementar la metodología, y obtener nuevos resultados que se han considerado realmente mejoras para el área de ensamble.

Por último el capítulo siete contiene las conclusiones y recomendaciones realizadas para el seguimiento del proyecto, y para la obtención de los resultados planteados en los objetivos.

Capítulo 1. Caracterización del Proyecto

1.1 Antecedentes

Las organizaciones están inmersas en un entorno altamente competitivo, por lo que uno de sus objetivos es la satisfacción total de sus clientes a través de productos y servicios de calidad, utilizando de manera apropiada sus recursos.

Grupo Safran planta Messier Bugaty Dowty (MBD-Q) es una organización ubicada dentro del sector aeronáutico. Entre los principales productos que fabrica se encuentran los siguientes trenes de aterrizaje: Slider 787 y 320 para el avión Boeing 787, Bogie beam 330 para el avión Airbus 330, y Main Fitting 320 y 321 para el avión Airbus 320.

La falta de compromiso, de habilidad y de experiencia en los operarios del área de ensamble en Grupo Safran planta Messier Bugaty Dowty (MBD-Q), provoca incumplimiento de los requerimientos de los clientes. Uno de los principales problemas encontrados en la organización es que el tiempo de producción está por arriba del objetivo de 5.5 horas por pieza, además de la falta de material y equipos para realizar la operación de ensamble, y los costos que se generan cuando se realiza un retrabajo porque no quedo bien a la primera.

1.2 Definición del problema

Grupo Safran planta Messier Bugaty Dowty no cumple con la demanda programada de ensamble Main Fitting A320/321 debido principalmente a los tiempos actuales validados de producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Establecer estrategias de mejora para el área de ensamble en el grupo Safran planta Messier Bugaty Dowty, enfocada a incrementar su capacidad de producción asegurando la calidad del producto y entregas al cliente en tiempo y forma, utilizando la mejora continua.

1.3.2 Específicos

- Identificar las causas que provocan que los pedidos no se entreguen a tiempo a los clientes.
- Analizar los procesos del área de ensamble para la identificación del cuello de botella.
- Identificar los factores que originan la reducción en la capacidad de producción.
- Establecer propuestas que coadyuven a la reducción de tiempos ociosos.
- Examinar y mejorar las condiciones del área el trabajo

1.4 Justificación

La mejora en el rendimiento de una empresa no debería cuestionarse en ninguna circunstancia a menos que el objetivo de la organización no sea obtener ganancias.

Para la mejora y solución de los problemas presentados se considera la implementación del proyecto Lean Six Sigma a través de una adecuación de la metodología DMAIC, que permita mejorar y hacer más eficientes los procesos

para ofrecer servicios de calidad. La aplicación del proyecto tiene las siguientes áreas de mejora:

- Reducir los tiempos de proceso
- Eliminar tiempos y movimientos innecesarios
- Eliminar el porcentaje de retrabajos
- Eliminar el tiempo de espera
- Cumplir con las entregas a tiempo a los clientes

1.5 Delimitación

El presente proyecto se realiza en el área final de ensamble en el grupo Safran planta Messier Bugaty Dowty, ubicada en Carretera Estatal 200 Querétaro Tequisquiapan – Km 22,5, Int. D, durante el periodo de agosto a diciembre del año 2012.

La principal limitación observada durante la realización de este proyecto es la resistencia al cambio que presentan los empleados en el momento de implementar el plan de mejoramiento.

Otra limitante encontrada es la falta de recursos para la compra de equipos y herramientas necesarios para la mejora del área.

1.6 Impactos

1.6.1 Impacto económico

El principal impacto económico es la reducción de tiempo en el ensamble de la pieza Main Fitting, eliminando todos los desperdicios (esperas, procesos innecesarios, retrabajos), lógicamente se reduce costos en la pieza y aumenta la

capacidad de producción, aspecto que se logra ver reflejado para beneficio de toda la empresa.

Además, la implementación del proyecto de mejora permite que se lleve un control en el área de ensamble con el fin de reducir o eliminar todos los factores que no permiten cumplir con los requerimientos de los clientes, viéndose reflejado en las utilidades de la empresa.

1.6.2 Impacto social

El impacto social que se obtiene al realizar el proyecto en el área de ensamble en grupo Safran planta Messier Bugaty Dowty es la reducción del estrés en los empleados, con el cual se logra un mejor desempeño; asimismo, se obtiene una mayor satisfacción de los clientes, ya que se entregan los productos a tiempo, con la mejor calidad que se espera y con los requerimientos que el cliente desea.

Capítulo 2. Descripción de la empresa

2.1 Antecedentes de la empresa

El grupo SAFRAN es un corporativo de origen francés con una fuerza laboral de más de 38,000 empleados en más de 30 países. Contando con tres divisiones de negocio; Propulsión Aeroespacial, Equipo de Aeronaves y Seguridad y Defensa. SAFRAN firmó un acuerdo con el Gobierno del Estado de Querétaro para la construcción de dos plantas industriales en las que se invirtieron más de 2 mil 100 millones de pesos, que están generando más 510 empleos directos y que están ubicadas en el Parque Aeroespacial de Querétaro.

Messier-Dowty pertenece al grupo SAFRAN y se encuentra en la categoría de Equipo de Aeronaves. Siendo líder en el diseño, desarrollo, manufactura y soporte de los sistemas de tren de aterrizaje. Los trenes de aterrizaje de Messier-Dowty están en servicio en más de 19 mil 500 aeronaves, los cuales aterrizan más de 35 mil veces al día. La compañía abastece a 33 empresas manufactureras y brinda servicio a 2 mil operadores de aeronaves: comerciales, regionales, de negocios, militares y helicópteros. Es proveedora de trenes de aterrizaje para las empresas Airbus y Boeing.

El 1º de mayo del 2011, las tres compañías subsidiarias Messier-Dowty, Messier-Bugatti y Messier Services se unieron para formar Messier-Bugatti-Dowty, creando así una compañía líder mundial en sistemas de aterrizaje de flotas aéreas, con una filosofía mayormente centralizada en los procesos claves como son producción y calidad. La combinación de las tres grandes organizaciones proveerá a sus clientes un mayor portafolio de integración de sistemas de aterrizaje en todos sus aspectos, desde el equipamiento, instalación y mantenimiento.

Messier-Bugatti-Dowty está comprendida en cuatro divisiones.

- Trenes de aterrizaje y sistemas de integración.
- Ruedas y Frenos.

- Sistema de equipamiento.
- Mantenimiento.

Compañía capaz de enmarcar el ciclo de vida de los productos en un solo proveedor. Desde el diseño y manufactura, el servicio de soporte, reparación y mantenimiento de los trenes de aterrizaje.

Messier-Bugatti-Dowty Querétaro (MBD-Q) es una planta de Messier-Bugatti-Dowty, encargada de maquinar 3 tipos de trenes de aterrizaje para tres diferentes aviones. Fué inaugurada el día 17 de marzo del año 2009, donde asistieron presidente de grupo SAFRAN Jean-Paul Herteman, el presidente de México Felipe Calderón Hinojosa y el Gobernador del estado de Querétaro José Calzada Rovirosa.

2.2 Descripción de la realidad de la empresa

Hoy en día MBD-Q está considerada en etapa de estabilización de producción, de esta manera se espera lograr un estándar en número de piezas producidas por semana.

Está conformada por 168 personas de los cuales 74 son indirectos de la operación, siendo 11 expatriados y 63 nacionales, 81 directos de la operación, todos ellos contratados y 13 practicantes no contratados.

Mediante un convenio con la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro SEDESU, MBD-Q ofrece un programa integral de formación contando con apoyos económicos del Programa BÉCATE a través del Servicio Nacional del Empleo y la oportunidad de ser contratado y desarrollarse en la industria aeronáutica.

El programa BÉCATE tiene el propósito de apoyar a los buscadores de empleo que necesitan capacitación o requieren reconvertir habilidades a través de cursos de capacitación a corto plazo que les permita incorporarse al aparato productivo o desarrollar una actividad productiva por cuenta propia.

MBD-Q ofrece un programa de formación consistente en cursos de 6 y 4 meses de duración, en turnos matutinos y vespertinos que se imparte en la Universidad Nacional Aeronáutica de Querétaro (UNAQ), y un entrenamiento por 3 meses en las instalaciones de la empresa.

De esta manera los 81 empleados directos en la operación han sido reclutados mediante un proceso muy diferente al habitual. Es decir, primero se hace un reclutamiento para la formación de grupos de 15 personas para entrar a la UNAQ, deben de pasar las materias con la mínima calificación aprobatoria que es 70, posteriormente ingresan al entrenamiento que se da en planta del cual se genera una evaluación de actitudes y aptitudes. Con base en el proceso anterior y las calificaciones obtenidas, se decide si el candidato es apto para ocupar un puesto como operador dentro de la empresa.

Este es uno de los procesos más importantes que diferencian a MBD-Q del resto de las empresas, asegurando de esta manera que el personal que ingresa a la empresa tiene los conocimientos mínimos necesarios para poder participar en el proceso de producción, asegurando en todo momento la calidad de los productos. Así mismo, destacando la intervención de MBD-Q en el proceso de formación, capacitación y entrenamiento del personal mucho antes de ser contratados.

Gracias a este proceso, MBD-Q ha sido considerada por el corporativo de Messier-Bugatti-Dowty como un ejemplo de planta que ha sabido asegurar la calidad del recurso humano que participa en la operación.

2.3 Localización de la empresa

Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty, empresa Querétaro se encuentra ubicada en Carretera Estatal 200 km. 22. 547-B México Tequisquiapan, Parque Aeroespacial de Querétaro, ver **Figura 2.1** donde se muestra la ubicación de Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty.



Figura 2.1. Ubicación de Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty (Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

2.4 Misión y Visión

2.4.1 Misión

Proporcionar el servicio a las operadoras de su ciclo completo de vida de nuestros equipos, mantener el crecimiento del negocio y desarrollar servicios innovadores.

2.4.2 Visión

Proporcionar el servicio a las operadoras de su ciclo completo de vida de nuestros equipos, mantener el crecimiento del negocio y desarrollar servicios innovadores.

2.5 Valores

Los valores que rigen la filosofía de MBD-Q parte de la línea filosófica de Messier-Bugatti-Dowty que a su vez proviene del grupo SAFRAN, los cuáles engloban el desarrollo integral de la organización, sin perder de vista ningún aspecto importante, distinguiéndola como un líder en su giro. Tomando estos 7 valores para MBD-Q tal como lo indica su definición por el corporativo son:

1. Concentración en los clientes: La satisfacción de los clientes es nuestro principal objetivo y es nuestro principio rector. Debemos concentrarnos continuamente en:
 - Escuchar a nuestros clientes, prever y comprender sus requisitos, estar disponibles y brindar respuestas para satisfacer sus necesidades.
 - Contribuir a su éxito mediante la adopción de iniciativas a medida y el apoyo personalizado.

2. Cumplimiento de nuestros compromisos. Cumplir con nuestros compromisos implica la capacidad de movilizar nuestras energías para satisfacer o superar las expectativas. Todos los empleados deben respetar los compromisos que asumieron con los clientes y los socios, ya sean internos o externos, de acuerdo con los lineamientos éticos del Grupo.
3. Innovación. Somos un grupo dedicado a la alta tecnología y nuestra actitud innovadora y empresarial se aplica a todos los aspectos de nuestra actividad comercial: productos, servicios, funciones de soporte, etc., en todos los niveles de la empresa. Este valor dinámico requiere de los instintos creativos de todos y de la inspiración y satisfacción de vencer los desafíos.
4. Capacidad de respuesta. Resulta fundamental que preveamos los requerimientos del mercado y que brindemos una respuesta rápida en todos los casos. Brindar respuestas también significa ser ágil, asumir un compromiso proactivo en reformas necesarias y saber cómo adaptarse a los cambios.
5. El poder del trabajo en equipo. SAFRAN fomenta un espíritu de equipo, basado en la solidaridad y en el intercambio de conocimientos, tanto dentro del Grupo como con nuestros socios en Francia y en todo el mundo. El poder del trabajo en equipo es el lema que respalda nuestra iniciativa corporativa de mejora continua.
6. Desarrollo y reconocimiento de la gente. Este valor central implica brindar las condiciones para el éxito de todos y reconocer los resultados. El desempeño colectivo depende de la calidad de cada persona. Hacemos saber al mundo que cultivamos el desarrollo de nuestro potencial humano.
7. Equipo corporativo. Reconocido por la excelencia de sus productos y servicios, SAFRAN fomenta y comparte el progreso en todo lo que hace, cubriendo los aspectos económicos, sociales y culturales. Por ejemplo, hemos asumido el compromiso de desarrollar una cultura de prevención, de gestionar todos los riesgos en materia de salud, seguridad y medioambiente que conllevan nuestros negocios; realizamos un aporte proactivo a la

solidaridad e igualdad social mediante nuestra política de integrar a las personas marginadas y de fomentar la diversidad dentro de la empresa, tomado de la política de calidad de grupo SAFRAN rev. 3.

2.6 Compromisos

La cultura de SAFRAN se construye sobre la base de un equipo corporativo responsable, el desarrollo y el reconocimiento de las personas, el cumplimiento de nuestros compromisos y el poder del trabajo en equipo. Estos valores guían el compromiso con la sociedad en su conjunto.

El transporte aéreo acerca a las personas y, a su vez, apoya el desarrollo económico y social. En un mundo caracterizado por la incertidumbre, las personas necesitan soluciones que garanticen su seguridad física y material; SAFRAN cumple estos requisitos.

No obstante, una empresa no es un negocio financiero en sentido estricto y también debe convivir en armonía con el mundo que la rodea. SAFRAN, es consciente de que necesita elementos vitales del medioambiente que le rodea y, por lo tanto, debe respetarlo.

En otras palabras, asumir un compromiso con la sociedad es indispensable para el desarrollo sustentable del grupo. La responsabilidad social corporativa ha sido parte del ADN de la empresa durante muchos años, y se expresa en sus valores clave.

Esta filosofía se refleja en compromisos en muchos niveles:

- Luchar contra el calentamiento global diseñando productos que generen menos polución y fabricándolos en plantas menos perjudiciales para el medioambiente.

- Facilitar la integración y la continuidad en el empleo de las personas discapacitadas.
- Ayudar a jóvenes talentosos apoyando su capacitación y su desarrollo profesional.
- Patrocinar un equipo de navegación a vela en mar abierto que refleje los valores corporativos.

Sobre todo, apoya este enfoque unificando todas sus acciones, aumentando las oportunidades de conjugar estas acciones entre sí y permitiendo que sus empleados participen en ellas.

Cómo consecuencia se han administrado los riesgos para proteger a las personas trabajando en reducir la huella de carbono de sus instalaciones de producción en un 15% para 2012.

Apoyo de la integración social y la igualdad de oportunidades. La Fundación SAFRAN ha apoyado 29 proyectos importantes de integración desde que fue fundada. Tomado de la política de calidad de grupo SAFRAN rev. 3.

2.7 Razón social

El atributo legal de MBD-Q es: “MESSIER-DOWTY MEXICO S.A. DE C.V.” Refiriéndose S.A. a una sociedad mercantil cuyos titulares lo son en virtud de una participación en el capital social a través de títulos o acciones. Las acciones se diferencian entre sí por su distinto valor nominal o por los diferentes privilegios vinculados a éstas, como por ejemplo la percepción a un dividendo mínimo. Los accionistas no responden con su patrimonio personal de las deudas de la sociedad, sino únicamente hasta la cantidad máxima del capital aportado.

2.8 Objetivos de la empresa

2.8.1 General

El objetivo general de MBD-Q parte de una directriz del corporativo de Messier-Bugatti-Dowty donde cita su objetivo como “Anticipar la demanda a una mayor oferta integrada por un portafolio de fabricantes globales de sistemas de aterrizaje y de todos los servicios relacionados”. Objetivo totalmente centralizado, que ha permitido posicionar a Messier-Bugatti-Dowty como uno de los mejores proveedores del ciclo completo de trenes de aterrizaje.

2.8.2 Específico

Los objetivos específicos, parten a su vez de los objetivos establecidos en el corporativo de Messier-Bugatti-Dowty los cuales se citan a continuación.

- Mantener la rentabilidad a largo plazo
- Entregar las expectativas del cliente
- Implementar innovadores soluciones para los ciclos de vida del negocio
- Mejorar la excelencia tecnológica
- Fomentar el desarrollo profesional y organizacional

Estos objetivos han sido directrices fundamentales para Messier-Bugatti-Dowty ya que permite que todas sus divisiones y plantas tengan un enfoque total de mejora continua y de servicio al cumplimiento de las expectativas del cliente. MBD-Q se rige por estos objetivos, ya que su ejecución impacta directamente en el corporativo.

2.9 Caracterización de la empresa

2.9.1 Productos

MBD-Q máquina tres diferentes trenes de aterrizaje para tres diferentes aviones. Slider 787 y 320 para el avión Boeing 787. Bogie Beam 330 para el avión Airbus 330. Main Fitting 320 y 321 para el avión Airbus 320. El tren de aterrizaje es la pieza que sostiene el avión mientras está en tierra. Su Principal función ser el soporte del avión en el despegue y el aterrizaje. Una pieza compuesta por titanio y otros compuestos, con la necesidad de ser lo bastante ligero mientras el vuelo pero a su vez, lo suficientemente fuerte para resistir el peso del avión en un despegue y aterrizaje, ver **Figura 2.2**.



Figura 2.2. Tren de aterrizaje
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

2.9.2 Clientes

Como clientes directos según la pieza que se fabrica: Slider se envía a Messier-Bugatti-Dowty Bidos en Francia, Bogie Beam se envía a Messier-Bugatti-Dowty Gloucester en Inglaterra y Main Fitting se envía a Messier-Bugatti-Dowty Gloucester en Inglaterra. Sin embargo los clientes finales de Messier-Bugatti-Dowty son Airbus y Boeing. Clientes que auditan y certifican para validar a MBD-Q como un proveedor de calidad.

2.9.3 Giro o actividad

MBD-Q, está categorizada dentro del sector secundario, industrial, manufacturero. El sector secundario es el conjunto de actividades que implican la transformación de alimentos y materias primas a través de los más variados procesos productivos, normalmente se incluyen en este sector: siderurgia, las industrias mecánicas, la química, la textil, la producción de bienes de consumo, el hardware informático, las industrias de base etc..

La construcción, suele contabilizarse aparte, pues su importancia le confiere entidad propia. Industriales a su vez la actividad primordial de este tipo de empresas es la producción de bienes mediante la transformación de la materia o extracción de materias primas; manufactureras, son empresas que transforman la materia prima en productos terminados de producción, éstas satisfacen a las de consumo final. Ejemplo: maquinaria ligera, productos químicos, etc..

2.9.4 Sector

MBD-Q se encuentra clasificada dentro de una empresa del sector aeronáutico. El sector aeronáutico tiene una serie de características muy singulares, que le diferencian claramente de otros sectores industriales, y que le confieren una dimensión marcadamente global.

2.9.5 Operaciones

Messier-Bugatti-Dowty cuenta con sedes operativas en todo el mundo, los sitios están ubicados en Asia (Singapur, Suzhou), Europa (Vélizy, Bidos, Gloucester), Canadá (Toronto, Montreal), México (Querétaro) y Estados Unidos (Seattle). La sede principal está ubicada en Vélizy, en las afueras de París. Cada

sitio es responsable de ciertos aspectos de tren de aterrizaje diseño, fabricación y soporte.

- **Bidos.** Responsables de la producción de piezas de gran tamaño (bogies, accesorios principales, ejes integrales) para comerciales de gran tamaño, los negocios, aviones de transporte y helicópteros engranajes.
- **Gloucester.** Diseño, investigación e integración de sistemas con capacidad de fabricación, este sitio se centra en la fabricación de complejos componentes estructurales, tales como accesorios y bogies para aviones comerciales de gran tamaño junto con los accesorios y componentes principales grandes para plataformas de aviones militares y de cercanías.

El sitio de Gloucester es también el hogar de una de las mayores instalaciones de prueba del mecanismo de aterrizaje en el mundo occidental, capaces de las pruebas estructurales y los sistemas de grandes trenes de aterrizaje comerciales.

- **Montreal.** Fabricación, tratamiento térmico, tratamiento especial y equipos de montaje
- **Querétaro.** Fabricación de los principales componentes del tren de aterrizaje para: A320 montaje del tren de aterrizaje principal, A330 principal del tren de aterrizaje bogie viga y B787 de aterrizaje de nariz cilindro engranaje interior.
- **Toronto.** Diseño y desarrollo de sistemas totalmente integrados del tren de aterrizaje. También se centra en los sistemas auxiliares, como el control de la dirección, el control del tren de aterrizaje y la indicación, control de emergencia, control de frenos, llantas, frenos, llantas, puertas y mecanismos de arneses eléctricos; éste sitio es el área de montaje final, donde los sistemas de tren de aterrizaje para aeronaves muchos están completamente montado y probado antes de enviar al cliente cuenta con instalaciones de pruebas para el desarrollo y la certificación.

- **Seattle.** Ingeniería y lugar de fabricación, centrándose en el Boeing 787. La oficina ofrece apoyo de ingeniería y programas al programa 787, mientras que la planta de fabricación del último reúne los 787 Tren de aterrizaje principal.
- **Suzhou.** Fabricación de componentes del tren de aterrizaje de un tamaño medio de los programas de chorro de negocio y regional.
- **Singapur.** La contratación y la base de apoyo al cliente para la región de Asia Pacífico.

2.10 Organigrama

A continuación se describe de forma detallada cada una de las actividades realizadas dentro de cada puesto del organigrama, ver **Figura 2.3**.

- **Director general.** Es quien dirige, coordina, vigila y controla el funcionamiento de la empresa, así como el desarrollo de los programas y objetivos que se llevarán a cabo de la organización.
- **Asistente de comunicación.** Es el que se encarga de redactar y diseñar la revista interna de la empresa y/o boletines informativos, además de diseñar y mantener el Google site de Recursos humanos.
- **Gerente de finanzas.** Se encarga de planear con el fin de obtener y asignar los fondos de manera eficiente, proyectar fondos de flujo de caja y determinar el efecto más probable de esos flujos sobre la situación financiera de la empresa.
- **Director de recursos humanos.** Se ocupa de seleccionar, contratar, formar emplear a los colaboradores de una organización.
- **Gerente de calidad.** Se ocupa de administrar, coordinar y supervisar el Sistema de gestión de la calidad que se lleva dentro de la empresa.

- **Gerente de logística.** Se ocupa de coordinar el área de logística, con el objetivo de distribuir a los clientes los pedidos de mercancía en tiempo y forma.
- **Gerente de procesos especiales.** Se ocupa de coordinar el área de procesos especiales, con la finalidad de realizar correctamente cada actividad señalada y se realice bien el proceso en el área.
- **Gerente de ingeniería.** Se encarga de coordinar los cambios que existan en los procesos de ingeniería, además de cubrir los requerimientos de los clientes así como del sistema de calidad.
- **Gerente de producción.** Se ocupa de la medición del trabajo, de mejorar los métodos de trabajo, analizar y controlar los procesos de fabricación, etc.
- **Ingeniero de mejora.** Supervisa y verifica los tiempos estándar de las operaciones, coordina con producción el movimiento de personal, supervisa y valida las capacidades de producción, etc..

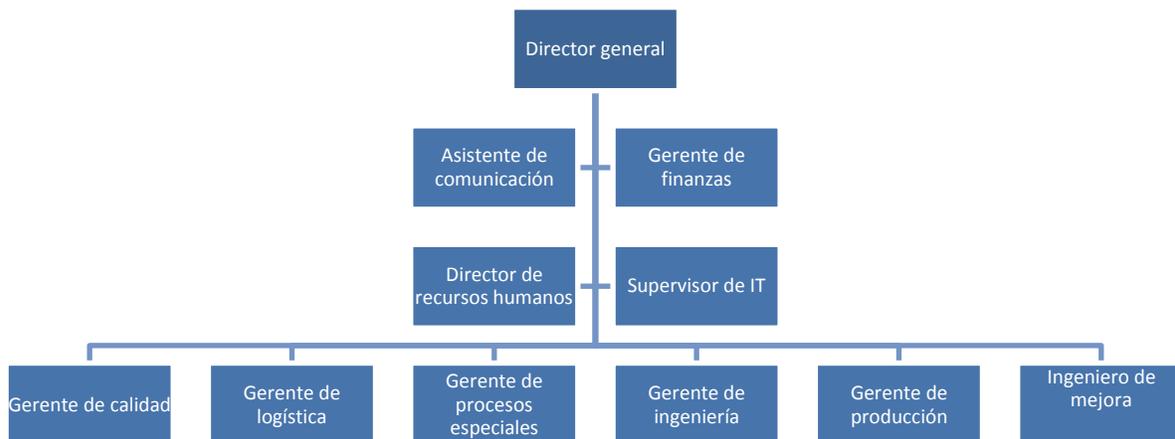


Figura 2.3 Organigrama organizacional de MBD-Q
Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty

Capítulo 3. Marco Teórico

3.1 Antecedentes de Seis Sigma

Seis Sigma es una evolución de las teorías sobre calidad de más éxito desarrollada después de la segunda guerra mundial, especialmente pueden considerarse precursoras directas:

- TQM, Total Quality Management o Sistema de Calidad Total
- SPC, Statistical Process Control o Control Estadístico de Procesos

Brue (2003), indica que la metodología Seis Sigma fue introducida por primera vez en la década de los 80's (1987) en Motorola por un equipo de directivos encabezados por Bob Galvin, presidente de la compañía, con el propósito de reducir los defectos de productos electrónicos, desde entonces ésta ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por un gran número de compañías.

Posteriormente, el Dr. Mikel Harry, fundador del instituto de investigación Seis Sigma de Motorola, pulió la metodología para no sólo eliminar las pérdidas en los procesos, sino también convertirla en moneda de crecimiento, sin importar el tipo específico de servicio, producto o sector de mercado.

En esencia, la metodología Seis Sigma mide y refleja estadísticamente la capacidad real de los procesos, correlacionándolos con características como los defectos por unidad y la probabilidad de éxito o de fallo.

Las organizaciones que se han comprometido de manera ejemplar con la implementación de Seis Sigma, y que han alcanzado éxitos sorprendentes se mencionan a continuación.

- **Allied Signal** está diversificada en áreas como la aeroespacial, automotriz y materiales; tiene más de 70 mil empleados y sus ingresos anuales rondan los 25 mil millones de dólares, inició su programa de implementación en 1994, ahorrando más de 2 000 millones de dólares entre 1994 y 1999.

- **GE (General Electric)** es una compañía reconocida a nivel mundial, tiene más de 300 mil empleados y su capital supera los 450 mil millones de dólares. Inició el programa seis sigma en 1995, y tiene diversas tareas como es: aeroespacio, entretenimiento, equipo médico, etc., alcanzó más de 2 250 millones de dólares en ahorros en los años de 1998-1999.
- **Motorola** es una compañía reconocida a nivel mundial y logró aproximadamente 1 000 millones de dólares en ahorros durante tres años.
- **Mabe** es una empresa de prestigio en electrodomésticos que ha logrado conformar uno de los programas Seis Sigma más exitoso.

Escalante (1998), comenta que la compañía Motorola ganó el premio Malcolm Baldrige (Premio Nacional de Calidad de Estados Unidos) durante la primera generación de dicho evento. El esfuerzo que realizó Motorola estuvo basado en el objetivo de lograr la “satisfacción total del cliente” (STC) como estrategia de negocio desde (Smith, 1993).

Los elementos de STC son: calidad Seis Sigma, reducción del tiempo de ciclo, y el proceso de administración participativa.

El inicio del compromiso de Motorola empezó desde 1981 con el objetivo de mejorar 10 veces en todos los esfuerzos para satisfacer al cliente, en un periodo de 5 años. Sin embargo, en 1986 se dieron cuenta de que esa meta no era suficiente para continuar en el competitivo mercado de la electrónica.

Así, en 1987 Bob Galvin, director general de Motorola, fijó como objetivo “mejorar la calidad y los servicios 10 veces más para 1989, y duplicar 100 veces para 1991, y alcanzar el nivel seis sigma en 1992. Para alcanzar la satisfacción total del cliente el objetivo final es cero defectos en todo lo que se haga” (Penzer, 1989).

3.2 Evolución de Seis Sigma

Seis Sigma es una herencia de las filosofías de Edwar Deming y Joseph Juran, tiene como principal objetivo la satisfacción total del cliente, y consiste en ofrecer productos de alta calidad a un bajo costo y aun menor tiempo de servicio.

Seis Sigma es un concepto estadístico que mide un proceso en términos de defectos, en un nivel seis sigma solo existen 3.4 defectos por millón de oportunidades. También es una filosofía de gestión que enfoca su atención en eliminar los defectos a través de prácticas que enfatizan la comprensión, la medida y la mejora de los procesos.

Sigma es un término utilizado en estadística para representar la desviación estándar, un indicador del grado de variación en un conjunto de medidas o en un proceso.

Un defecto es una característica medible del proceso o de la salida de un producto/servicio que no está dentro de los límites aceptables para el cliente, es decir, que no está conforme a las especificaciones (Greg Brue, 2003).

Para Escalante (1998), Seis Sigma es representada desde tres diferentes enfoques “una métrica, una filosofía de trabajo y una meta” sin importar a cuál de ellos se haga referencia.

Como métrica, Seis Sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de producto/servicios fuera de especificación.

Como Filosofía de Trabajo, Seis Sigma significa mejoramiento continuo de procesos/productos apoyados en la aplicación de esta metodología, la cual incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas, entre otras herramientas de apoyo.

Y como meta, un proceso con nivel de calidad Seis Sigma significa estadísticamente tener un nivel de clase mundial, al no producir servicios/productos defectuosos y por consiguiente ser una compañía competitiva en el mercado en la **Tabla 3.1** se muestra la evolución de Seis Sigma.

Tabla 3.1. Evolución de Seis Sigma
(Fuente: Snee (2001))

Sigma	PPM	Costo de Calidad	Clasificación	No. De palabras equivocadas
6	3.4	<10% ventas		1 en una pequeña librería
5	233	10-15% ventas	Clase mundial	1 en varios libros
4	6 210	15-20% ventas		1 en 31 páginas
3	66 807	20-30% ventas	Promedio	1.35 por página
2	308 537	30-40% ventas		23 por página
1	690 000		No. competitivo	159 por página

De acuerdo con Snee (2001), Seis Sigma significa: “Mejorar procesos por medio de la resolución de problemas”.

Seis Sigma se basa en el mejoramiento continuo del desempeño de un proceso productivo mediante el uso de diferentes herramientas estadísticas; entre otras para reducir el número de productos resultantes (productos o servicios) fuera de especificación, todo en la búsqueda de un nivel de calidad de clase mundial.

3.3 Seis Sigma apoyada en una metodología Robusta

Escalante (2008), comenta que los datos por sí solos no resuelven los problemas de la organización y por consiguiente el de los clientes, por lo que es necesario la implementación de una metodología.

Seis Sigma se apoya de la metodología DMAIC que es una herramienta de calidad enfocada a la mejora continua de procesos existentes y se fundamenta en la estadística, ésta le da mucha importancia a la recolección de datos y a la variedad de estos como base de una mejora.

Por sus siglas en inglés DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) significa: Definir, Medir, Alcanzar, Implementar y Controlar.

Cada etapa de esta metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error, ver **Figura 3.1**.

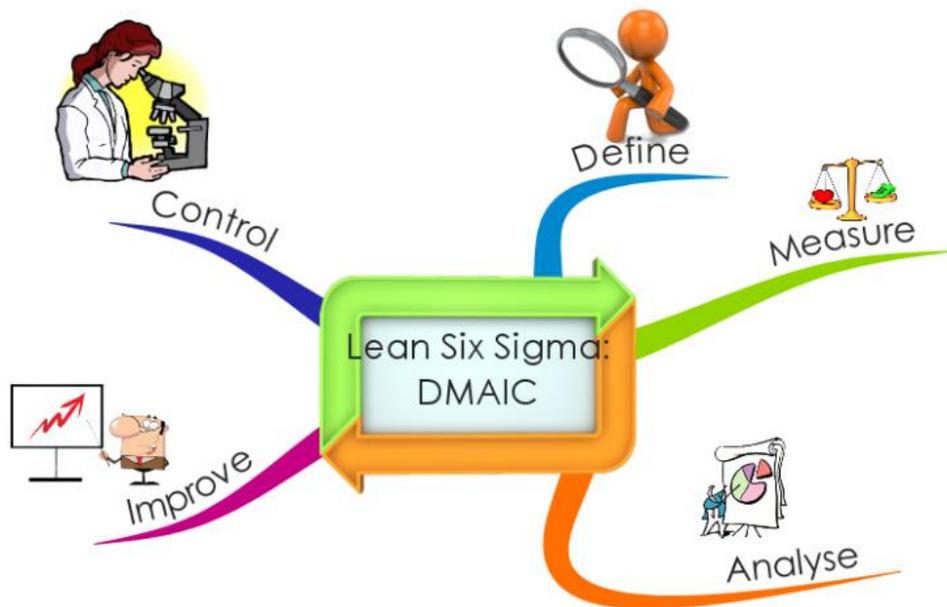


Figura 3.1. Etapas DMAIC
(Fuente: Escalante (2008))

Para saber cuándo se debe utilizar esta herramienta hay dos indicadores a tomar en cuentas, estos son:

- **El problema sea complejo.** En problemas complejos, las causas y las soluciones no son obvias, puede que se tenga que recaudar diferentes datos antes de conocer una causa. Por ello, para llegar a la raíz de un

problema complejo, se necesita reunir a personas de diferentes áreas, conocimientos y experiencias.

De lo contrario en un problema sencillo, una persona con los conocimientos y la experiencia necesaria puede reunir, analizar los datos y encontrar la solución del problema sin pasar por todas las etapas de la metodología DMAIC.

- **La solución de los riesgos son altos.** Una parte clave de la metodología DMAIC es desarrollar, probar y refinar las ideas de solución antes de implementarlas a los lugares de trabajo.

Por lo tanto se debe usar esta metodología en situaciones en que los riesgos de ejecución son muy elevados, aunque se considere que las soluciones son obvias.

3.4 Antecedentes de la metodología DMAIC

La metodología DMAIC data desde los años 80's, esto surgió en Motorola Company, cuando el Ing. Mikel Harry comienza una influencia con los demás trabajadores en el estudio de variación de los procesos, esto logra mejorar los mismos y obtener una calidad con base en el análisis Deming. Esta fue la base en la cual se fundamentó la calidad de Motorola en esos tiempos, con el empuje que se tuvo en el análisis de la variación se obtuvo la entrada a lo que ahora se le llama mejora continua (Gaspersz, 2007).

En este tipo de aplicaciones donde se involucradas diferentes variables, se debían tener diferentes herramientas estadísticas debido a que esto se lograba que se eliminara la variabilidad en los procesos, logrando alcanzar las metas con el posible mínimo de defectos, bajo costos y completa satisfacción de los clientes.

En toda metodología se buscó un resultado y esto se generó con base en un estándar que se tenía en Motorola, ya que esto dependía de cada uno de los factores que afectan el correcto funcionamiento de la misma, mediante DMAIC se buscaba aproximarse a obtener un ideal de cero defectos, al manejar un 99.97 % en la calidad del producto o servicio que se creaba.

Este estándar fue muy difícil de cumplir en las industrias de manufactura, procesos que impliquen importaciones y exportaciones, así como en empresas comerciales.

Los efectos secundarios que logró DMAIC son:

- Reducción en los tiempos de ciclo
- Reducción de los costos
- Alta satisfacción de los clientes
- Efecto de alto desempeño financiero en la organización
- Efecto de alto desempeño financiero en la organización

La calidad era muy importante en esos días ya que de ahí depende la existencia de la misma compañía, ya que si no se cuida se pueden considerar daños considerables a la empresa, clientes y producto final. Por lo que ahora en nuestros tiempos el obtener una meta tan ambiciosa como lo es obtener una condición cero defectos es muy complicado pero ésta metodología provee herramientas estadísticas y criterios para la resolución de un problema, es una herramienta de la metodología Seis Sigma (Six Sigma), enfocada a la mejora de los procesos existentes (Gaspersz, 2007).

La herramienta es una estrategia de calidad, basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la variedad de los datos como base de una mejora, cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error.

3.5 Desarrollo de la metodología Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente, la meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente (Escalante,2008).

Dentro de los beneficios que se obtienen del Seis Sigma está la mejora de la rentabilidad y la productividad.

La metodología Seis Sigma se desarrolla con el seguimiento y la implementación de cinco pasos, a continuación se especifica cada uno de ellos:

- **Definir**

- Definir el problema/seleccionar el proyecto
- Describir el efecto provocado por una situación desfavorable, o el proyecto de mejora que desea realizar, con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos necesarios. (Seleccionar el equipo, preferentemente un equipo interfuncional, con un objetivo definido de manera clara y completa)

- **Medir**

- Definir y describir el proceso
- Definir los elementos del proceso, sus pasos, entradas, salidas y características
- Evaluar los sistemas de medición
- Evaluar la capacidad y estabilidad de los sistemas de medición por medio de estudios de repetitividad, reproducibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad

- **Analizar**

- Determinar las variables significativas
- Las variables del proceso definidas deben ser confirmadas por medio de diseño de experimentos y/o estudios Multivary, para medir la contribución de esos factores en la variación del proceso. Las pruebas de hipótesis e intervalos de confianza también son útiles para el análisis del proceso
- Evaluar la estabilidad y la capacidad del proceso
- Determinar la habilidad del proceso para producir dentro de especificaciones por medio de estudios de capacidad largos y cortos, a la vez que se evalúa la parte defectuosa

- **Mejorar**

- Optimizar y robustecer el proceso
- Si el proceso no es capaz, se deberá optimizar para reducir su variación. Se recomienda usar diseño de experimentos, análisis de regresión y superficies de respuesta
- Validar la mejora
- Realizar estudios de capacidad

- **Controlar**

- Controlar y dar seguimientos al proceso
- Monitorear y mantener en control al proceso
- Mejorar continuamente
- Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que conduzcan a un mejor desempeño del proceso (Escalante, 2008)

En la **Figura 3.2** se muestra el diagrama de flujo de los pasos anteriormente explicados.

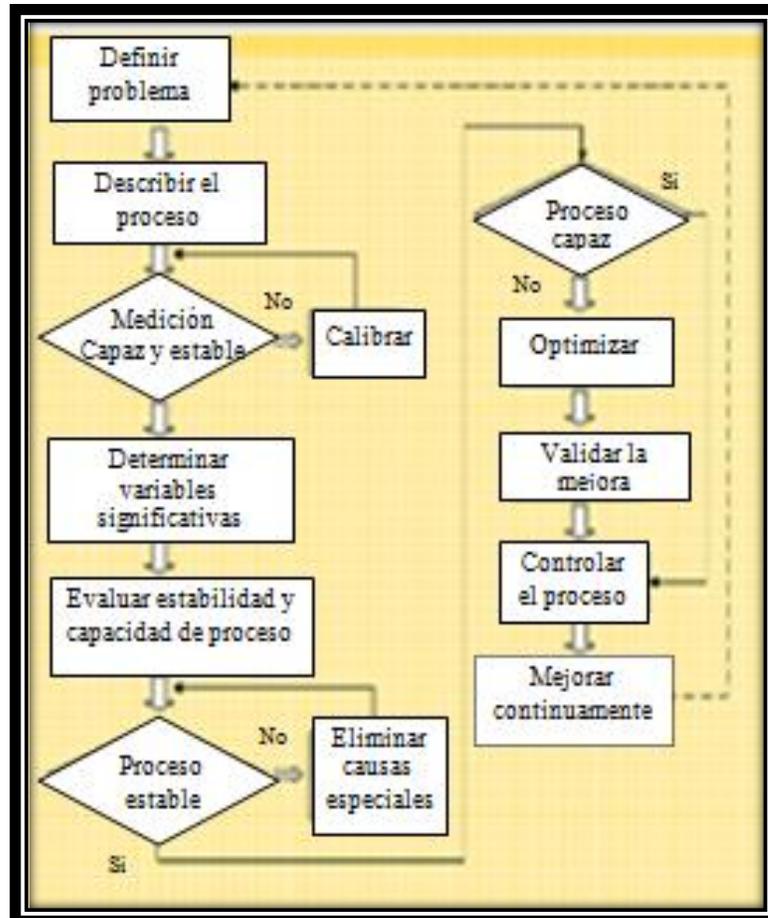


Figura 3.2. Flujo de la metodología Seis Sigma
(Fuente: Escalante (2008))

3.6 Desarrollo de las etapas de la metodología Seis Sigma

En esta sección se explicará más a detalle las cinco etapas que conforman la metodología DMAIC y que se aplica en un proyecto de mejora Seis Sigma.

Para el desarrollo de las etapas de la metodología Seis Sigma existe un modelo que consiste en 5 etapas, ver **Figura 3.3** (Gaspersz, 2007).



Figura 3.3. Fundamentos para la Metodología DMAIC
(Fuente: (Gaspersz, 2007))

Los elementos clave que soportan la metodología y que aseguran una adecuada aplicación de la misma, así como el éxito de esta iniciativa como estrategia de negocios son: (Gaspersz, 2007).

- Identificación de los elementos críticos para la calidad (CTQ's), de los clientes externos e internos
- Análisis de los modos y efectos de fallas (FMEA)
- Utilización del diseño de experimentos (DoE), para la identificación de las variables críticas
- Hacer Benchmarking permanente

3.6.1 Definir

Se refiere a definir los requerimientos del cliente y entender los procesos importantes afectados y es donde se tienen los mayores problemas. Este paso se encarga de definir quién es el cliente, así como sus requerimientos y expectativas, además se determina el alcance del proyecto: las fronteras que determinaran el

inicio y el final del proceso que se busca mejorar, En esta etapa se elabora un mapa de flujo de proceso.

Para identificar lo que es importante para el cliente, se formulan las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el proceso que será mejorado?, ¿Quién son los clientes (internos o externos)?, ¿Quiénes son los grupos primarios de personas que reciben, usan o dependen de los comprobables del producto/proceso?, ¿Qué es lo que interesa a los clientes?, ¿Cuáles son las características críticas (críticas en la calidad, e el costo, en la entrega) de los comprobables del producto/proceso que más le interesan al cliente?, ¿Cuáles características deben seleccionarse para mejorar?, ¿Cuáles no estamos proporcionando en el nivel correcto?

Para empezar dicha etapa se tiene que formalizar cada una de las semi-etapas que tiene esta fase en algún proyecto es:

- **Definir el problema mediante una relación de alto nivel.** Aquí se lleva a cabo el análisis y la definición del problema, se identifican las posibles causas que los provocan para así poder determinar que fuentes de medición podemos elegir o bien con cuales contamos, una vez identificado el problema se debe analizar que atributos, comportamiento actual relativo y cómo afecta este problema al cliente, la declaración del problema debe ser específica y descriptiva delimitando ubicaciones, rangos de afectación y alcance del mismo.
- **Identificar los clientes claramente, el proceso o producto.** Mediante la utilización de un diagrama de proceso actual se determina quienes son los clientes internos y externos del proceso que se está estudiando, ver **Figura 3.4.**

En la siguiente lista se define de forma breve el momento en que deben utilizarse cada concepto de la identificación de los clientes internos y externos del proceso.

- **Proveedor.** El que proporciona entrada al proceso, se aplica a la persona que provee o abastece a otra persona para un fin determinado.
- **Entrada.** Materiales, recursos e información requerida para ejecutar el proceso.
- **Salidas.** Los productos o servicios tangibles que resultan del proceso.
- **Cliente.** El que recibe las salidas del proceso-interno o externo.

Mediante el análisis preliminar podemos localizar todas las actividades implicadas en el mismo quien realiza cada actividad y como se interrelacionan cada una de las mismas, que nos ayudan a dar un enfoque real paso a paso del proceso y darnos cuenta de cómo está actualmente alineada la organización, empresa o servicio.

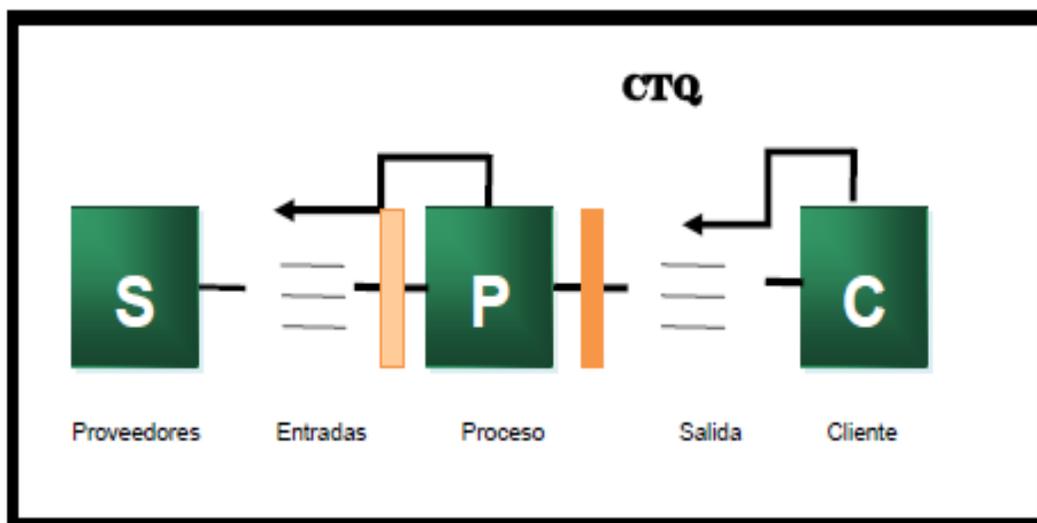


Figura 3.4. Identificación de clientes internos y externos del proceso
(Fuente: Gaspersz, (2007))

Definición operacional de CTQ's del cliente. Se deben conocer claramente las expectativas de los clientes para asegurar una correcta interpretación del problema y la medible a observar. Una CTQ es cualquier factor

que el cliente considere e identifique un producto de los demás. Pero existe un problema de donde podemos conocer las expectativas que los clientes tiene hacia un producto especial, esto se hace mediante el escuchar a las personas que se interrelacionan con el proceso como se muestra en la siguiente **Figura 3.5**.

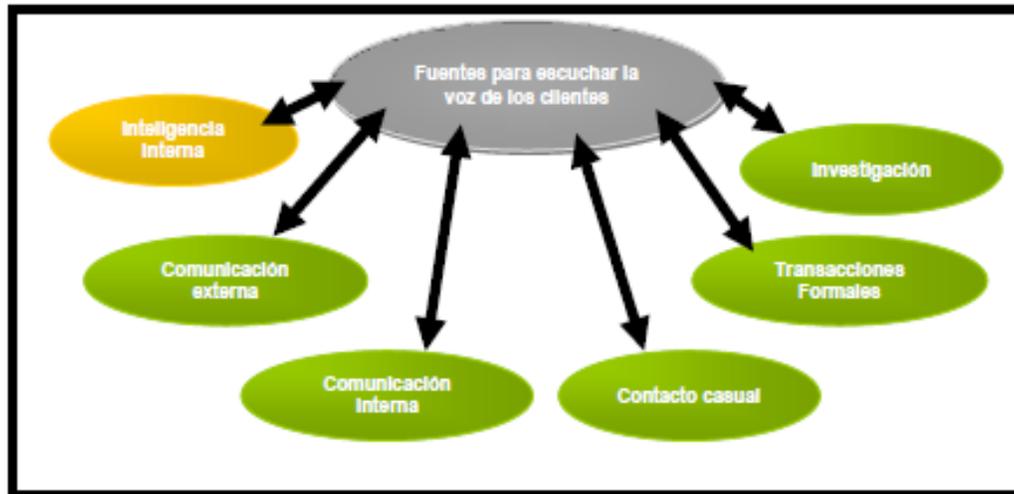


Figura 3.5. Fuentes para la creación de CTQ's
(Fuente: Gaspersz, (2007))

Una vez que se tiene los CTQ's se deben registrar para determinar la ponderación que daremos a cada unos de los factores que ha determinado el cliente. Las CTQ's que se pueden encontrar son los siguientes:

- Requisitos obligados (absolutamente requeridos para la satisfacción)
- Requisitos de desempeño (entre mejor es mejor es el cliente)
- Para complacer (no se esperan pueden incrementar la satisfacción)

Definir el alcance del proyecto. Por último y no menos importante es realizar el análisis de hasta dónde se va a llevar a cabo el trabajo, que variables se medirán, analizarán y en qué factores se debe enfocar la persona que realiza el estudio para mejorar el proceso que tiene problemas ó mejorar problema.

Salidas de la etapa de definir

- **Proyecto de alta prioridad**
Proceso que será mejorado
- **Definición del proyecto**
Planteamiento del problema
Objetivo del proyecto
Alcance y entidades
Datos de apoyo
Miembros del equipo
Dueños del proceso
- **Plan del proyecto**
Tiempo
Recurso
Costo

3.6.2 Medir

El objetivo de esta etapa es recabar datos que se obtienen del comportamiento del proceso que se está estudiando; y posteriormente se lleva a cabo el análisis de dicha información con la que cuenta la empresa, con el fin de determinar el desempeño actual del proceso el cual se busca mejorar, se utilizan los requisitos del cliente para determinar los indicadores y tipos de defectos que se utilizarán durante el proyecto, Posteriormente se diseña el plan de recolección de datos, se identifican las fuentes de los mismos y se lleva a cabo la recolección de distintas fuentes.

Por último se modifican los resultados actuales con los requerimientos del cliente, se identifican y validan sus causas de variación.

- **Identificar la Medición y la Variación.** Lo medible es la cantidad, capacidad o desempeño de un proceso o servicio la cual se contribuye a base de datos observables. Su función principal es aislar las fuentes de variación, detectar zonas de oportunidad y localizar el desempeño o servicio en el desempeño actual. En la medición existen fluctuaciones en los valores arrojados en cada una de ellas, lo que genera que se localice la variación del fenómeno. En la variación existen dos tipos comunes (esperadas, predecibles, normales) y especiales (inesperada, impredecible, anormal). Si la variación causa que los resultados sean por debajo de lo que espera el cliente se dice que el proceso se encuentra en modo de falla.
- **Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).** En este se puede apreciar mejor los efectos que tiene la variación sobre una parte del proceso o macroproceso. La función principal es reconocer y evaluar las fallas, así como identificar las posibles acciones que se pueden eliminar o reducir; se implementa cuando se requiere documentar el proceso.
- **Determinar el tipo de información.** Realizar una medición es un trabajo sumamente importante, debido a que se debe identificar qué tipo de variable se estudia y qué información podemos obtener de ésta, existen dos casos muy claros como son: Por atributos (pasa – no pasa) y por variables (datos históricos).
- **Desarrollar un plan de recolección de información.** Una vez que se determinó que información necesitamos se procede a recabar todos los datos o histórico que tenga el proceso.

Para determinar que medir y validar en el sistema de medición se formulan las siguientes preguntas:

- ¿Qué es exactamente lo que se tiene que medir?, ¿Qué información se encuentra disponible para valorar el desempeño actual?, ¿Es adecuado el sistema de medición? De no ser así ¿Cómo se puede mejorar?, ¿Cuáles son las oportunidades y defectos en cada uno de los pasos del proceso en

cuestión?, ¿Cuál es el desempeño actual (Cpk, PPM, nivel sigma)?, ¿Cuál es la meta estimada de mejora? Una vez que han contestado todas estas preguntas debemos ver la cantidad de elementos suficientes, o se debe generar un plan de creación y recolección para empezar a formar el histórico del proceso.

Las herramientas que se pueden utilizar para la recolección son conocidas como lista de verificación; en la cual se obtiene claramente y se formaliza lo que está pasando en algún momento específico del proceso.

- **Realizar análisis del sistema de medición.** El propósito de realizar un análisis del sistema de medición es asegurar que la información recolectada sea una representación real de lo que está ocurriendo en el proceso.
- **Realizar la recolección de la información.** Al realizar esta actividad se logra acumular suficiente información para identificar la posible causa raíz del problema. Para esto es necesario tener una supervisión adecuada a la hora de recolectar la información, así como la capacitación al personal que está llevando a cabo la misma.
- **Realizar el análisis de capacidad.** El análisis de capacidad es el estudio de que también un proceso satisface las expectativas de los clientes o mejor conocidos en este momento como CTQ's. antes de aprender a calcular la capacidad de proceso es importante comprender algunos términos clave como: unidad (N), defecto (D), oportunidad (O), DPNO (defectos por millón de oportunidades). Estos son los pasos para determinar la capacidad por atributos:
 - Primer paso definir unidad, defecto, número de unidades para generar defecto por unidad.
 - Segundo paso es calcular la DPMO y se realiza mediante la ecuación:

$$DPMO = \frac{No. total de defectos (1'000,000)}{(Unidades totales)(Oportunidad por unidad)}$$

- El paso final es convertir el valor DPMO a un valor sigma utilizando la tabla de conversión del valor Z.

Salidas de la etapa de medir:

- Actualización del planteamiento del problema/objetivo del proyecto
- Alcance delimitado del proyecto
- Validación del análisis del sistema de medición
- Datos base para calcular el desempeño del proceso/producto (Cpk, PPM, nivel sigma)
- Meta estimada de mejora

Las herramientas que se utilizan en esta etapa son los Diagramas de Pareto, Histogramas, Diagramas de Dispersión, etc..

3.6.3 Analizar

En esta etapa se realiza un análisis de la información que se tiene sobre el problema, esto ayudará a identificar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora y poder verificarlas con el uso de datos y hechos.

Los objetivos son: identificar en la línea las anormalidades que individualmente tengan una pequeña influencia, pero alto impacto juntas, enlistar las anormalidades encontradas y separarlas de la siguiente manera:

- **Anormalidades de fácil solución.** Poner marcas y resolverlas, implementar acciones lo antes posible-Hacerlo ya.
- **Anormalidades de difícil solución.** Aplicar el análisis de los 5 Porqués. Establecer un seguimiento riguroso del plan de acción, cambiar la mentalidad: no tolerar pequeños problemas.

En esta etapa se llega a utilizar diferentes herramientas como lo son 5W1H, 5W, los Diagramas Ishikawa, y otras herramientas que se mencionan más adelante.

3.6.4 Mejorar

Los objetivos de esta etapa es proponer soluciones al problema, comprobar el efecto de cada medida/acción en el logro de cada resultado deseado e identificar los efectos secundarios (deseables o indeseables) relacionados a cada medida elaborando planes de acción.

Los planes de acción son documentos que definen las tareas y responsabilidades de las soluciones a implementar. Brindan orientación de varias actividades que deben ser implementadas mediante una serie de preguntas, previniendo la desviación en la ejecución y asegurando buenos resultados.

Con la finalidad de darle seguimiento a los planes de acción el líder de proyecto debe reunirse con su equipo de forma regular, basado en el seguimiento de acciones.

El seguimiento debe incluir los siguientes temas:

- Implementación actual del plan de acción-plan de término)
- Resultados obtenidos a la fecha
- Desviaciones en la ejecución del plan

A pesar de que el proceso resultante tenga un excelente nivel de calidad en cuanto a cualquier elemento se refiere, es conveniente seguir analizando el proyecto con el fin de reducir el número de errores y otros defectos que aparezcan.

De acuerdo con Breyfogie III (1999), un experto SS, o Black Belt, podría realizar cuatro proyectos por año y producir un mínimo de 500 mil dólares de beneficios.

Se diseñan soluciones que ataquen el problema raíz y lleve los resultados hacia las expectativas del cliente. También se desarrolla plan de implementación proporcionando evidencia estadística que compruebe que la solución funciona.

Esta etapa es la más importante de todas debido que aquí se desarrollan y se plasman todas las ideas que ha ido analizando desde la primera fase.

Para esta de mejora se formulan las siguientes preguntas: Por cada causa verificada, ¿Cuáles son las posibles formas de contrarrestar la causa?, de estas posibles soluciones, ¿Cuáles se piensa que son las más efectivas?, antes de su implementación total, ¿Cómo se puede realizar una verificación basada en datos de cada solución?, ¿nos permitirán estas soluciones alcanzar nuestra meta de mejora?, de no ser así, ¿Qué causas ó soluciones hemos pasado por alto?, ¿Cuál es el impacto previsto para la variación o defecto?, ¿Cómo podemos implementar todas las soluciones en su totalidad) (¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Cómo?, ¿Quién?).

Para definir mejor esta etapa, así como los factores que se deben analizar se deben seguir los siguientes pasos, esto no quiere decir que es forzoso cumplir con todos ellos, esto depende de cada proceso o servicio que se esté analizando.

1. **Generar alternativas de mejora.** Esto es que se deben de definir los criterios que se utilizarán para realizar la mejora, aportar ideas nuevas y frescas de mejora y por ultimo evaluar cada una de estas ideas contra los criterios elegidos y determinar cuál es la más viable para realizar.

- Los criterios de mejora deben ser clasificados de dos formas obligados (requisitos absolutos que se deben utilizar para eliminar alternativas inaceptables) y deseables (criterios de comparación que se pueden utilizar como características para comprar una solución con otra). Al elegir una forma se debe dar un valor aleatorio para cada uno de los criterios, con la finalidad de establecer importancia del criterio.
 - Para la formulación de ideas nuevas y frescas podemos realizar una lluvia de ideas en la que los participantes sea gente que esté directamente involucrada en el proceso, con esto se asegura que las ideas aportadas son realmente efectivas, con lo que se obtenga realizar una matriz y detectar cuales son los puntos más sobresalientes de la misma.
 - Por último se deben evaluar estas alternativas a fin de determinar si las cuales son correctas, cuales inaceptables y poder realizar una toma de decisiones adecuada. Para esto se puede ponderar cada una de las opciones mediante la calificación que se haya otorgado a cada criterio.
1. **Piloto.** Es una prueba de la aplicación de una mejora propuesta, realizada a pequeña escala bajo la observación constante, al realizar esta prueba se genera una certeza de cómo se llevaría el proyecto debido a que se determinaría cual es la mejor manera de aplicarlo, así como predecir costos, disminución de riesgo de falla y la confirmación de resultados que se esperan, para que un piloto funcione correctamente y hacer conciencia de que es un experimento y por los tanto puede ser que no se logren los resultados esperados.
 2. **Evaluar mejoras.** Para realizar la medición debemos utilizar los componentes que se determinaron en la etapa 3 mediciones para que nuestro objetivo y resultados no tengan variación.
 3. **Crear el Mapa de Proceso de “Como debe ser”.** En caso dado de que no se cuente con un mapeo de proceso se debe realizar un diagrama de la situación actual del proceso, sin mover nada ni detectar nada de los que se propone, teniendo esto y las propuestas de mejora se pueden identificar

tareas y actividades a eliminar las cuales no le agregan valor al proceso, así como tareas que se pueden combinar o bien cambiar de secuencia las mismas, con el fin de minimizar operaciones.

Una vez que se realice este proceso podemos formular un mapeo de proceso con todas las mejoras propuestas y observar el recorrido que se tiene en todo el proceso.

4. **Actualizar el AMEF.** Un AMEF¹ nuevo debe ser creado a veces porque el proceso ha cambiado. Como todos los procesos siempre tienen cambios éstos se deben reflejar en el AMEF todas estas modificaciones deben ser creadas por los expertos, este debe incluir el producto, el semi-producto, y todos los componentes, para los servicios será lo mismo.
5. **Realizar el análisis de costo beneficio.** Este tipo de análisis es un proceso estructurado para determinar las ventajas y desventajas de los costos de aplicación y los beneficios anticipados de las posibles mejoras, el análisis se realiza para asegurar que una mejora en especial es la mejora más eficiente de entre un grupo de posibles mejoras. Para la presentación de resultados se crean tablas de resultados donde se indique cada uno de los conceptos o mediante una grafica de costo beneficio.

3.6.5 Controlar

Los principales objetivos de esta etapa son: verificar la efectividad de las soluciones con datos, crear un nuevo estándar o actualizar los existentes, transferencia de conocimientos a los afectados, definir posibles cambios a la estrategia de entrenamiento y formación, revisar la mejora financiera, identificar las acciones correctivas al plan de acción y responsabilidades, y detectar la posibilidad de réplica en otras líneas.

¹ Análisis de Modo y Efecto de Fallas

Tras validar que las soluciones funcionan, es necesario implementar controles que aseguren que el proceso se mantendrá en su nuevo rumbo.

Para prevenir que la solución sea temporal, se documenta el nuevo proceso y su plan de monitoreo al ser la última etapa de la metodología se debe aclarar que para futuras mejoras esta etapa es crucial ya que de aquí se desencadena el inicio de un nuevo ciclo, lo cual determina el inicio, mediciones y controles que servirán para el siguiente estudio, para esta etapa de control se formulan las siguientes preguntas:

Específicamente, ¿Cómo podemos controlar cada variable clave de entrada del proceso por largo tiempo?, ¿Cuáles son los nuevos procedimientos operativos estándar?, ¿Qué sistema de recolección de datos debemos instalar para controlar las causas y monitorear las variables o defectos, ¿Son adecuados los sistemas de medición?, ¿Cómo se compara el nuevo nivel de desempeño con nuestra meta de mejora?, ¿Somos capaces de mantener el nuevo nivel de desempeño?, ¿Cuáles son otras mejoras que necesitan realizarse?, ¿Cómo podemos aplicar lo que aprendemos para lograr mejoras en otras áreas? Si esto es factible, ¿ya está listo el plan para desplegar las mejoras a otras áreas?

- **Desarrollar una Estrategia de control.** Es un medio de sostener la mejora ya sea eliminando la oportunidad de defecto monitoreando el proceso de mejora utilizando un sistema de retroalimentación, existen varios tipos de control como son los siguientes:
 - La prevención mediante la realización de la prueba y error es un método muy fácil de emplear, debido a que el operador no necesita de una capacitación rigurosa y con el tiempo se vuelve experto, un ejemplo de este tipo son los códigos de barras, contadores mensajes de error. Esto logra que detectemos en qué fase del proceso se tienen los mayores errores
 - Las pantallas visuales son aquellas que comunican la información importante, pero no controlan lo que hacen las pantallas o máquinas.

- Los controladores visuales son los encargados de comunicar información y/o construyen ayudas al proceso para que las actividades se lleven a cabo de acuerdo a las normas.
- Los controladores que se utilizan para mantener un proceso a través del tiempo, estos son conocidos como gráficos de control, se pueden definir como representaciones graficas de las variaciones de un proceso a través de tiempo, este tipo de graficas es muy sencillo de interpretar debido a que cada proceso mediante estadísticos muestra como se desplaza a través del tiempo y los resultados pueden ser procesos en control o fuera de él.
- **Desarrollar un Pla de Control.** Todo tipo de planes que se desarrollan en el proyecto deben estar sustentados y formalizados por escrito para asegurar que las estrategias se les pueden realizar mejoras en cualquier momento. El proceso de desarrollar un plan es hacia donde se dirige la implementación de cierto control logrando mantener los procesos centrados, con un acceso fácil para la detección del problema y sumado a eso mantener la calidad y retroalimentación en todo proceso.

Todo éste desarrollo se puede llevar a cabo mediante la creación de un plan de reacción en el cual se observa las diferentes causas de error. Este tipo de gráficas genera información y datos lo que nos hace facilita la detección de un problema, quién está realizando la operación, qué acciones deben seguirse para corregirlo y cómo se debe verificar el proceso.

- **Actualizar el SOP² y el Plan de Entrenamiento.** Como última subetapa tenemos la actualización de los procedimientos estándar de la operación y los planes de entrenamiento el cual en su gran mayoría es la práctica común de revisar la información de los procesos existentes con el fin de que las mejoras que se tienen en el mismo sean visibles. Con esto llegamos al punto de inicio, debido a que de aquí parte ya las nuevas actualizaciones o mejoras que se pueden realizar en un proceso, es decir, recordemos que todo en esta metodología es un ciclo DMAIC.

² Procedimiento Estándar de la Operación

- **Salidas de la etapa de control.** Nuevos procedimientos operativos estándar y controles ya instalados.
 - Datos de la nueva capacidad del proceso
 - Comparación del nuevo nivel de desempeño con la meta
 - Documentación del proyecto
 - Oportunidades de trasladar las mejoras a otras áreas (Plan de despliegue)

3.7 Lean Six Sigma

Lean y Seis Sigma son metodologías que comparten una misma filosofía y objetivo, pero han tenido un desarrollo diferente. Las herramientas y el enfoque también han sido diferentes.

Lean busca, ante todo, eliminar desperdicio de los procesos y reestructurarlos para hacerlos más eficientes, rápidos y ágiles a la hora de responder a las necesidades de los clientes.

Seis Sigma persigue también la mejora de los procesos aunque en un sentido más amplio y menos definido a priori: calidad, eficiencia, niveles de servicio. Metodológicamente está más ordenado, y hace uso extensivo de los datos para entender el comportamiento de los procesos e identificar mejoras, Lean Seis Sigma combina la estructura metodológica y herramientas de análisis de datos de Seis Sigma con las herramientas de proceso y principios de Lean.

El Lean Six Sigma, una disciplina de rendimiento comprobado en las últimas décadas, ofrece la manera más eficaz para construir estas capacidades. Este enfoque combina dos de los motores de mejoras más poderosos: Lean, que ofrece mecanismos para reducir rápidamente y de manera drástica los tiempos y el desperdicio en cualquier proceso de cualquier parte de una organización, y Six Sigma, que proporciona las herramientas y las pautas organizativas que

establecen unos cimientos basados en datos para una mejora prolongada en objetivos clave relacionados con los clientes.

3.7.1 Las siete caras del desperdicio

Todo empieza con el desperdicio, aunque las empresas a menudo buscan mejoras incrementales en los pasos que agregan valor, los mayores ahorros se pueden encontrar atendiendo primero el desperdicio en sus procesos, (Planta Safran Messier Bugaty Dowty, 2011).

La experiencia con los clientes ha identificado los siete tipos de desperdicio más comunes, a continuación se describen cada una de ellas.

- **Transporte.** Trabajar en muchos proyectos, demasiadas validaciones para un documento.
- **Inventarios.** Información excesiva/ emails, equipos, mesas de prueba, prototipos innecesarios, demasiados archivos almacenados.
- **Movimiento.** Trasladarse a través de múltiples oficinas, la falta de acceso a la información, búsqueda de la información apropiada.
- **Tiempo de espera.** Esperando datos, respuestas, especificaciones, pre-requisitos, validación, resultado de ensayos, mesas de pruebas, decisiones, revisiones, etc..
- **Sobre proceso.** Especificaciones inapropiadas, software, herramientas, ingenieros de perfeccionismo, especificaciones y habilidades iniciales inadecuadas, tiempo a realizar innecesario, etc..
- **Exceso de producción.** Actualización innecesaria de datos en sistema, tareas redundantes, no se reutilizan datos y conocimiento fiables, tamaño inapropiado de los archivos adjuntos en emails, etc..
- **Retrabajos.** Evoluciones de CAD, transmisión o recepción de información de mala calidad o incompleta.

3.7.2 Estrategias de Lean Six Sigma

Las organizaciones Lean Six Sigma se vuelven “organizaciones en permanente aprendizaje”, retando sus paradigmas y superando sus faltas de habilidades para entender, tratar, reconocer y desarrollar nuevas oportunidades.

La estrategia Lean Six Sigma se orienta a las necesidades del negocio y ofrece:

- Un enfoque definido para lograr las metas estratégicas con recursos adecuados en las áreas críticas para el éxito del negocio, ligando los esfuerzos de la calidad, a lo realmente importante para el negocio.
- Un mapa de ruta claro para combinar la sabiduría de la organización y los datos y transformarla en conocimiento que conduzcan a nuevas oportunidades de mejoramientos.
- Una estrategia de largo plazo enfocada al proceso, facilita a las compañías el definir y entender el proceso e lugar del producto, volviéndose no sólo más productivas sino que también más proactiva.

3.8 Herramientas de la metodología Lean Six Sigma

3.8.1 Diagrama SIPOC

Por sus siglas en inglés SIPOC significa: proveedores del proceso (SUPPLIERS), entradas (INPUTS), secuencia de operaciones del proceso (PROCESS), salidas (OUTPUTS), y los clientes que reciben salidas del proceso (CUSTOMERS).

Esta herramienta ayuda a definir un proyecto complejo, en el que el problema no está bien enfocado. A continuación se explican cada una de las partes que la conforman:

- **Proveedores.** Entidades que proveen entradas al proceso tales como materiales, información y recursos. Las entradas del proceso tienen como utilidad identificar a los proveedores del proceso.
- **Entradas.** Todos los materiales, información y soporte (tangibles o intangibles) que se necesitan para apoyar el proceso. Una buena manera de decidir si es necesario agregar una entrada al proceso o no, es observar detalles como si es medible o qué pasaría si se omitiera dicha entrada.
- **Proceso.** Estas son las actividades o acciones necesarias para convertir las entradas en salidas; un proceso debe ser una acción.
- **Salidas.** Son los resultados tangibles de un proceso. Cada salida del proceso debe tener medida o ser medible.

La herramienta SIPOC es particularmente útil cuando no están claro ciertos aspectos como son:

- ¿Quién provee entradas al proceso?
- ¿Qué especificaciones se ponen en las entradas?
- ¿Quiénes son los clientes verdaderos del proceso?
- ¿Cuáles son los requerimientos de los clientes?

3.8.2 Diagrama CTQ

De igual manera es importante definir los requerimientos del cliente para tener una idea más clara de los procesos importantes afectados. Estos requerimientos del cliente se denominan CTQ's (**Critical to Quality**).

Esta herramienta se encarga de definir quién es el cliente, así como sus requerimientos y expectativas. Además se determina el alcance del proyecto: las fronteras que delimitarán el inicio y el final del proceso que se busca mejorar.

Es una herramienta rápida, simple y útil cuando los requisitos del cliente no son específicos, amplios o difíciles de medir.

Esta herramienta es muy usual en proyectos DMAIC y generalmente se usa cerca del principio de un proyecto, con el propósito de descubrir requisitos mensurables (medibles) de lo crítico a la calidad, y no completamente de explorar las causas que influyen esas medidas.

El propósito de la representación de los factores consiste en convertir las necesidades/expectativas de los clientes en factores medibles para poner en práctica.

3.8.3 Histogramas

Es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos, su construcción ayuda a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores. Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución. El histograma es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos.

Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidos por el mismo. En este caso mediante el histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos

resultados y hasta que puntos existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones, ver **Figura 3.6** (Grant, 2005).

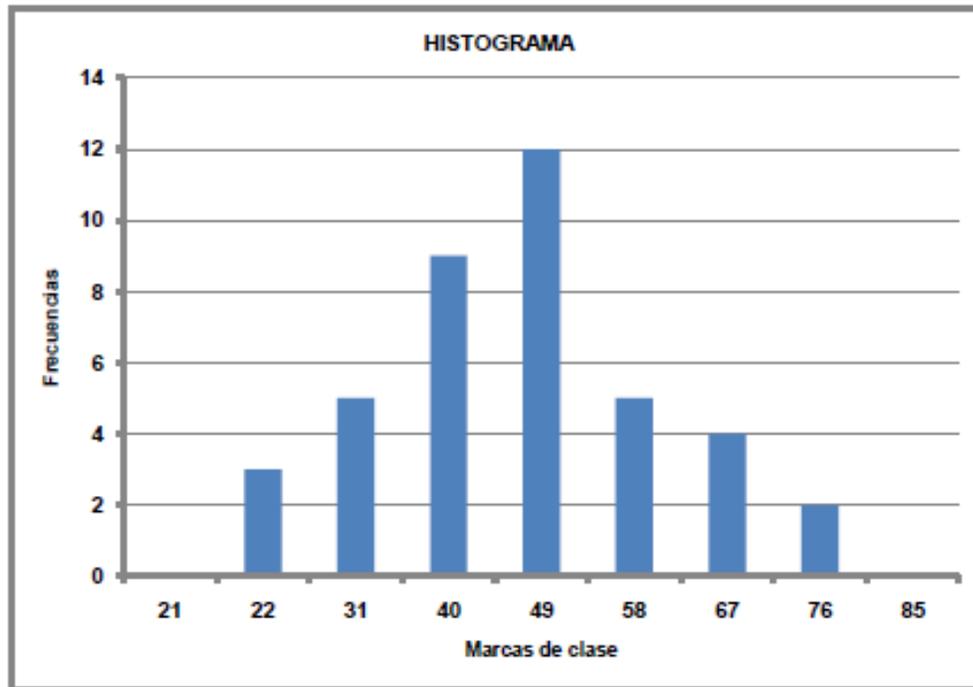


Figura 3.6. Modelo de un Histograma
(Fuente: (Grant, 2005))

3.8.4 Hoja de verificación

Una hoja de verificación (también llamada de control o de chequeo) es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos.

Esta técnica de recopilación de datos se prepara de manera que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro (Grant, 2005).

Supone un método que proporciona datos fáciles de comprender y que son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que se aplica a cualquier área de la organización, las hojas de verificación se reflejan rápidamente en las tendencias y patrones subyacentes en los datos, y se utilizan como punto de partida para la elaboración de otras herramientas, por ejemplo las gráficas de control (Grant, 2005).

Así mismo las hojas de verificación se utilizan para observar la frecuencia de las características analizadas y construir gráficas o diagramas a partir de ellas, informar del estado de las operaciones, evaluar la tendencia, evaluar la dispersión de la producción y comprobar características de la calidad (durante el proceso o producto terminado).

Las hojas de verificación se necesitan para identificar las causas reales de un problema, es decir, “se analizan hechos, no opiniones”, además sus principales ventajas son:

- Supone un método que proporciona datos fáciles de comprender y que son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser aplicado a cualquier área de la organización.
- Las Hojas de Verificación reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.

A continuación se presenta algunas aplicaciones sencillas de hojas de verificación ver **Tabla 3.2**.

Tabla 3.2. Ejemplo de una hoja de verificación
(Fuente: (Grant, 2005))

Concepto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Falta de uniforme	III	II I	II	I	II II
Falta de zapatos boleados	II II II II	I	II	III	I
Falta de libros	III	II	III	I	II
Falta de tarea	II	I	II	III	I

3.8.5 Diagrama de Pareto

El Principio de Pareto nos sirve para determinar las pocas causas o efectos vitales en la solución de un problema, discriminarlos de los muchos triviales, y así empezar atacando los de mayor rentabilidad. (Grant, 2005).

Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas, proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.

El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización, evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarlas.

Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras y ser resueltas. Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras. Su utilidad es determinar cuál es la clase clave de un problema, separándole de otras presentes pero menos importantes ya que es fácil comunicar a los diferentes miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costos, ver **Figura 3.7.**

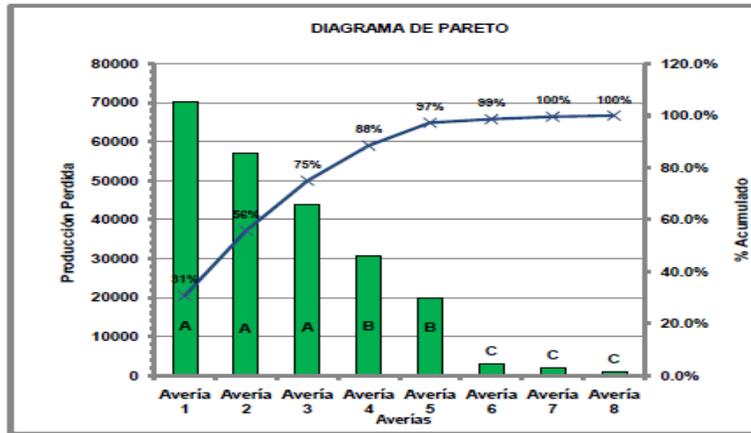


Figura 3.7. Diagrama de Pareto
(Fuente: (Grant, 2005))

3.8.6 Diagrama de dispersión

A veces interesa saber si existe algún tipo de relación entre dos variables. Por ejemplo, al ocurrir que dos variables estén relacionadas de manera que al aumentar el valor de una, se incrementa en otra; en este caso la existencia de una correlación positiva, también llega a ocurrir que al producirse una en un sentido, la otra derive en el sentido contrario, por ejemplo, al aumentar el valor de la variable x, se reduzca el de la variable y. Entonces, se estaría ante una correlación negativa, si los valores de ambas variables se revelan independientemente entre sí, se afirmarían que no existe correlación (Grant, 2005).

Se trata de una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar las posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables.

Suministra los datos para confirmar hipótesis acerca de si dos variables están relacionadas, proporciona un medio visual para probar la fuerza de una posible relación., ver **Figura 3.8.**

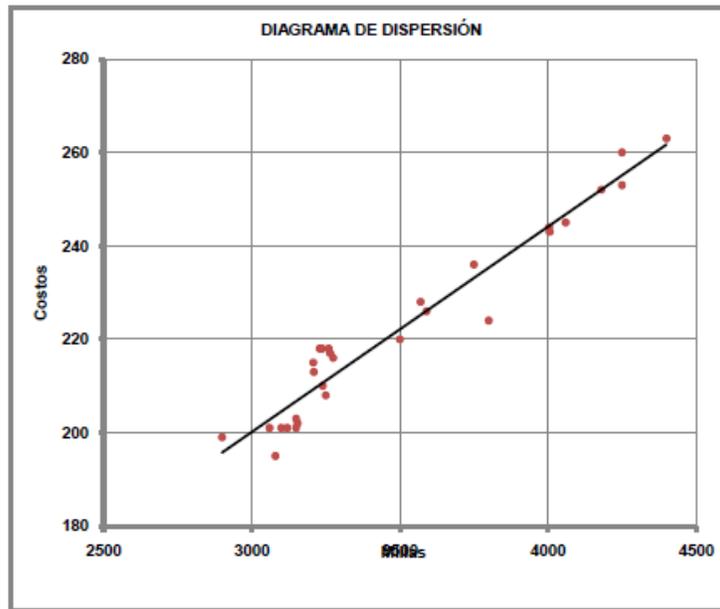


Figura 3.8. Diagrama de Dispersión
(Fuente: (Grant, 2005))

3.8.7 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa o diagrama Causa-Efecto, ver **Figura 3.9** es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar, y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado.

Permite que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del problema ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.

Ayuda a determinar las causas principales de un problema, o las causas de las características de calidad, utilizando para ello un enfoque estructurado; estimula la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así

aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso (Grant, 2005).

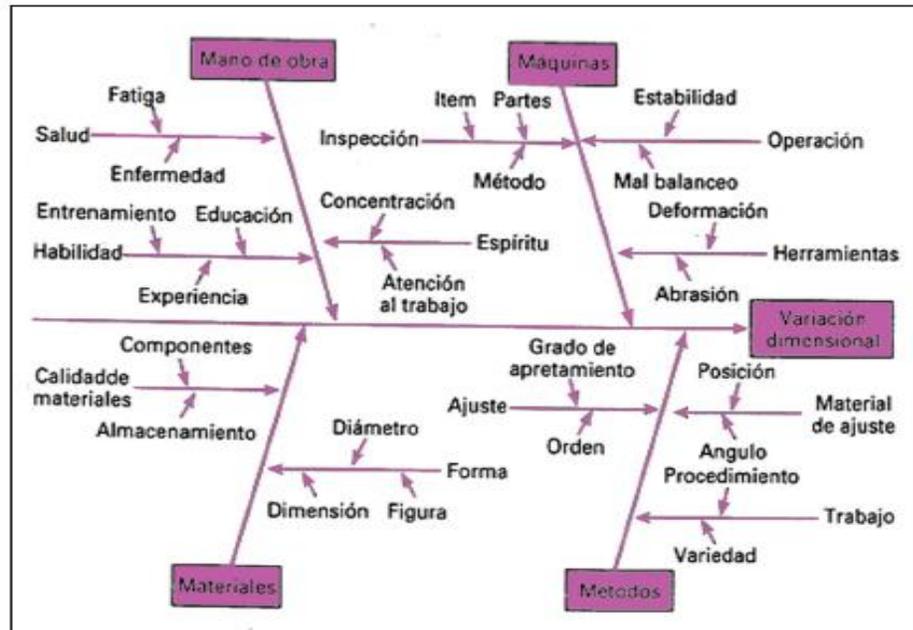


Figura 3.9. Diagrama Causa-Efecto
(Fuente: (Grant, (2005))

3.7.8 Estratificación

Es un método que consiste en clasificar los datos disponibles por grupos similares características, a cada grupo se le denomina estrato, los estratos a definir lo serán en función de la situación particular de que se trate, pudiendo establecerse estratificaciones atendiendo a personal, materiales, maquinaria y equipo, áreas de gestión, tiempo, entorno, localización geográfica u otros.

Permite aislar la causa de un problema, identificando el grado de influencia de ciertos factores el resultado de un proceso.

La estratificación puede apoyarse y servir de base de distintas herramientas de calidad, ver **Figura 3.10** (Grant, 2005).

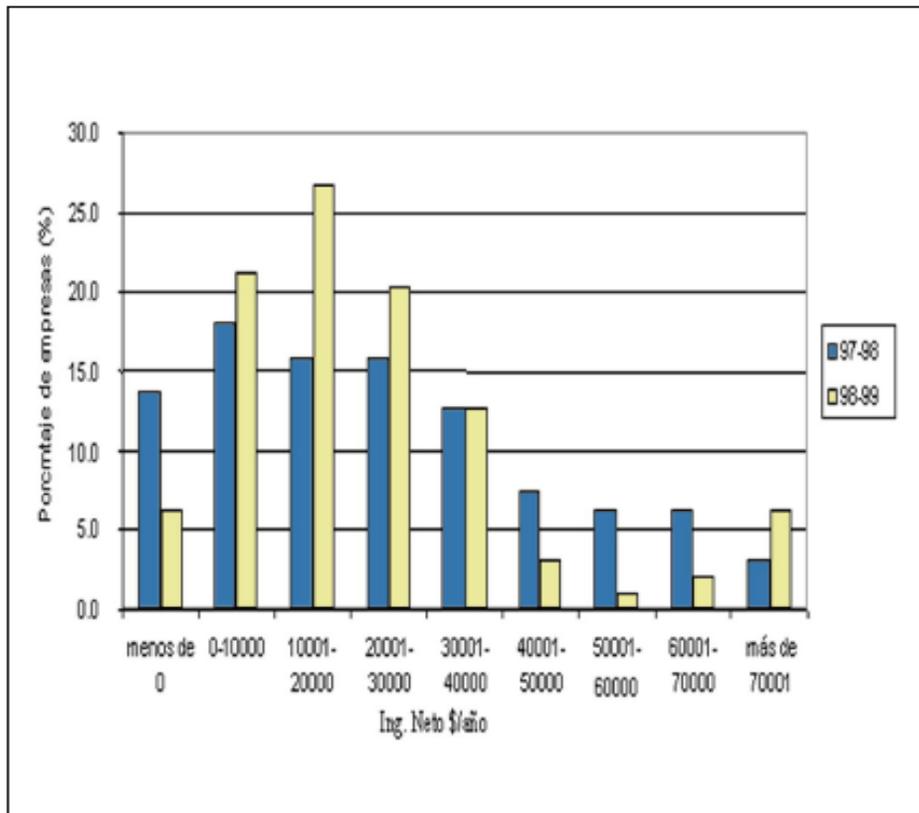


Figura 3.10. Diagrama Estratificación
(Fuente: (Grant, 2005))

3.8.9 Gráficos de control

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso, permite distinguir entre las causas de variación.

Los gráficos de control permiten distinguir entre causas aleatorias y específicas de variación de los procesos, como guía de adecuación de la dirección y son útiles para vigilar la variación de un proceso, como guía de adecuación de la dirección y son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas, así como para estimar la capacidad del proceso, ver **Figura 3.11** (Grant, 2005).

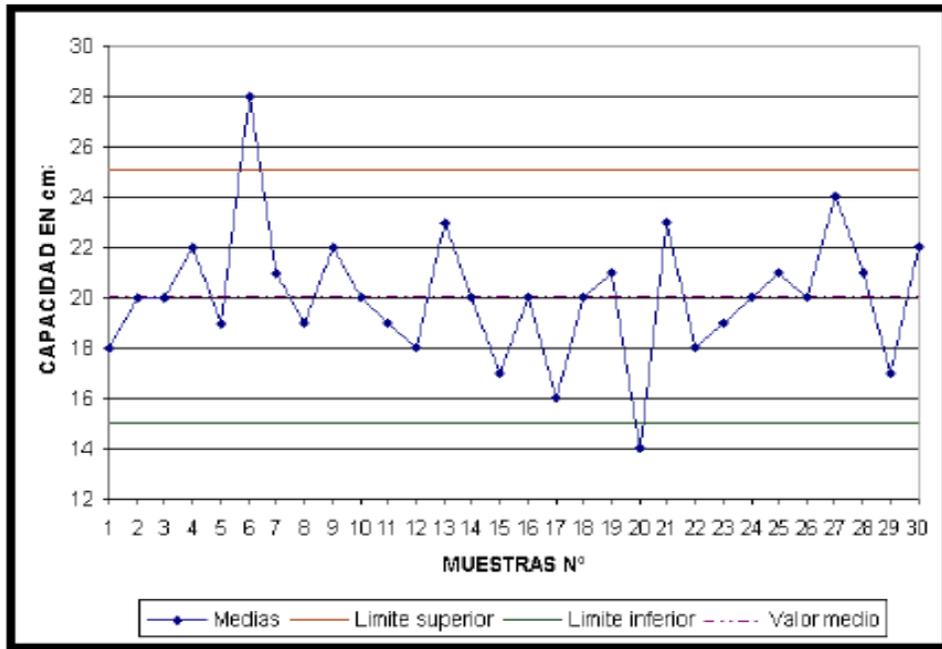


Figura 3.11 Gráfico de control
(Fuente: (Grant, 2005))

3.8.10 Gráfica de Gantt

Es una herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. El diagrama de Gantt, sin embargo, resulta útil para la relación entre tiempo y carga de trabajo (Grant, 2005).

Básicamente el diagrama está compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas, ver **Figura 3.12**.

ACTIVIDAD	ene	feb	mar	abr	may	jun
Inicio del proyecto	■					
Desarrollo del tema		■				
Avance del primer capítulo		■				
Desarrollo de gráficos			■			
Avance del segundo capítulo				■		
Tema tentativo				■		
Termino del segundo capítulo					■	
Desarrollo del tercer capítulo					■	
Terminación de tema						■
Conclusiones						■

Figura 3.12. Gráfica de Gantt
(Fuente: (Grant, 2005))

3.8.11 Tormenta de ideas

La tormenta de ideas es una técnica que, utilizando la interacción de un grupo de personas, sirve para generar una gran cantidad de ideas en un corto lapso de tiempo (Escalante, 2008).

A continuación se exponen algunos puntos que ayudan a poder ver para que utilizar esta herramienta:

- Para producir muchas ideas diferentes en un corto espacio de tiempo
- Para generar ideas creativas
- Para aumentar el involucramiento y el trabajo en equipo
- Para estimular y obtener ideas multidisciplinarias
- Para crear una cultura de participación
- Para forjar valores como el respeto, compañerismo, humildad, honestidad, etc.

Los siguientes puntos a identificar y a identificar cuando utilizar dicha herramienta:

- En la identificación de oportunidades de mejora
- En la identificación de causas cuando se construye un diagrama de Ishikawa
- En la identificación de los clientes y suministradores de un proceso
- En la identificación de áreas con problemas en un proceso
- En la identificación de fuentes de variación

3.8.12 5 Why's (Porqués)

La técnica fue desarrollada originalmente por Sakichi Toyota y fue utilizado en el Toyota Motor Corporation durante la evolución de los métodos de fabricación. Es un componente esencial de la formación de resolución de problemas, entregada como parte de la inducción en el Sistema de Producción Toyota . El arquitecto del sistema de producción de Toyota, Taiichi Ohno, describió el método 5 porqués como "la base del enfoque científico de Toyota, porque repetir cinco veces la naturaleza del problema, su solución se vuelve clara" (Bodek, 1998).

Es una herramienta que tiene la finalidad de buscar la causa raíz del problema. Ésta consiste en realizar 5 veces la pregunta ¿Por qué? De manera que se vayan despejando las causas del problema y se llegue a la causa raíz del mismo.

5W es muy útil, y fácil de manejar, de manera que cualquier persona que desea utilizar puede hacerlo sin problema (Escalante, 2008).

3.8.13 Mapeo de procesos

El mapeo de un proceso es una representación gráfica de un proceso en la que se ilustra en forma detallada todos los pasos del proceso, tanto los que agregan valor como los que no; también se identifican las variables claves del proceso, tanto de entrada como las de salida (Escalante, 2008).

El propósito de un mapeo de proceso es identificar los sistemas de medición que requieren ser analizados, establecer las variables críticas para la calidad que es necesario estudiar su capacidad, identificar oportunidades para simplificar el proceso, ya sea eliminando pasos o identificando cuellos de botella.

Los mapeos de procesos se clasifican en niveles y se pueden realizar de acuerdo a ellos, a continuación se hace mención de ellos:

- Macro (toda una organización)
- Nivel Local (todo un proceso)
- Nivel micro (un subproceso en particular)

En la **Figura 3.13** se muestran los símbolos utilizados para realizar el mapeo de proceso. A continuación se enumeran los pasos a seguir para la realización de un mapeo de procesos.

1. Listar los pasos en general y las principales variable de salida que son claves para el cliente.
2. Identificar los pasos que agregan valor y los que no agregan valor en el proceso.
3. Mostrar las características críticas de calidad de cada paso del proceso o producto.

4. Listar y clasificar las entradas claves en cada paso del proceso. La clasificación se puede hacer con los siguientes criterios: crítico (*), controlable (o) y de ruido (/).
5. Añadir las especificaciones de operaciones actuales y los objetivos de proceso para las entradas controlables y críticas.

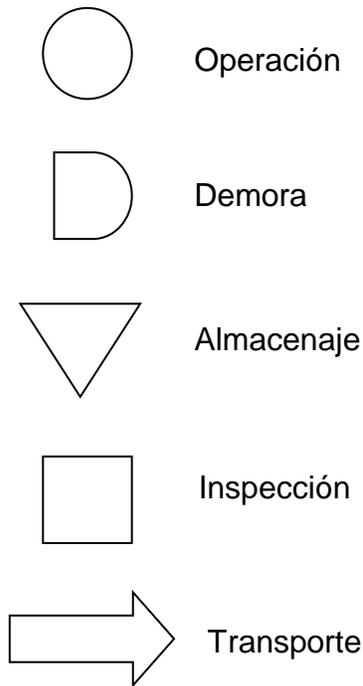


Figura 3.13. Simbología para un mapeo de procesos
(Fuente: (Escalante, 2008))

3.8.14 Transporte y diagrama de Spaghetti

El diagrama spaghetti es una herramienta sencilla que ayuda a identificar los movimientos de los operarios, de una forma muy visual; se trata de un esquema en el que aparece una distribución de la planta de la zona a analizar, y sobre él se dibujan todos los recorridos que realizan los operarios, o uno en concreto, dependiendo de lo que interese. Una vez los recorridos están dibujados se puede ver dónde se generan más despilfarros de transporte, qué puntos son conflictivos porque se cruzan muchos caminos, etc..

Es útil para mejorar la distribución física de un espacio (oficina, fábrica, almacén) o una forma de trabajo, ver **Figura 3.14**.

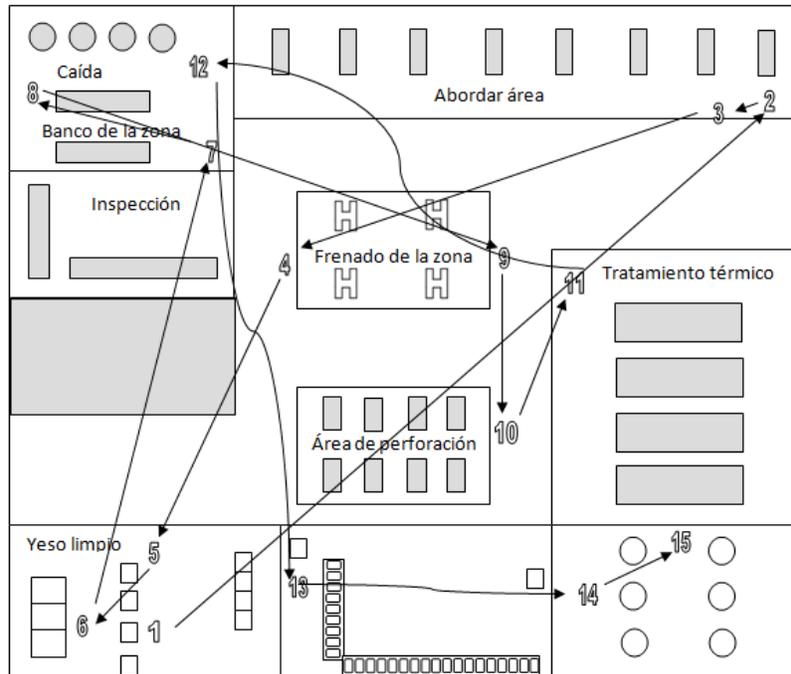


Figura 3.14 Diagrama de Spaghetti
(Fuente: (Escalante, 2008))

Para crear un diagrama de flujo de trabajo se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Encontrar o realizar un diagrama del espacio de trabajo
- Realizar una lista de pasos o etapas del proceso
- Marcar, el primer paso del proceso, dibujar una flecha desde el lugar donde ocurre el segundo paso, etc.. Se continuará hasta haber asignado todos los pasos del proceso
- Discutir el esquema final con un objetivo para mejorar el flujo de trabajo
- Para el encruzamiento de líneas, experimentar con arreglos de espacios de trabajo para crear un flujo más limpio

- Si las líneas en varias ocasiones vuelven hacia el mismo lugar, observar y analizar si el trabajo realizado no se puede combinar o realizar al mismo tiempo

Algunos tips a tomar en cuenta al utilizar este tipo de herramienta son las siguientes:

- Los diagramas de Spaghetti se pueden utilizar para describir el flujo de información, materiales o personas
- Transferencias en un retraso significativo y los tiempos de cola
- Al observar líneas entrecruzadas, investigar formas de reducir transferencias y simplificar el diseño de la misma

3.9 Evaluación de riesgos

Evaluación de riesgos, es la valuación científica de los efectos perjudiciales conocidos o potenciales que derivan de la exposición a los peligros identificados, esta fase tan importante es un proceso sistemático y científico de documentar peligros potenciales y caracterizar el riesgo de acontecimientos perjudiciales relacionados con peligros potenciales, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo. Cuantificación del riesgo y consecuencia inherentes. Requiere que se defina una escala de valoración, ver **Figura 3.15** (Grant, 2005).

- Cualitativa: alto. Moderado, bajo
- Cuantitativa: escala numérica
- Semicuantitativa: asigna rangos numéricos a las características alto, moderado, bajo

La valoración se puede hacer mediante el uso de históricos para los métodos cuantitativos utilizando la formula: **riesgo-impacto**.

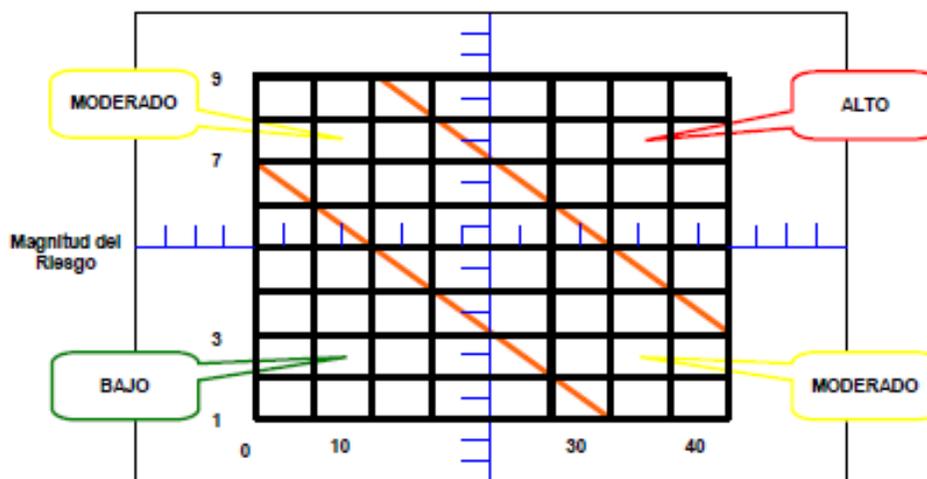


Figura 3.15 Evaluación de riesgos
(Fuente: (Grant, 2005))

Capítulo 4. Metodología Propuesta

4.1 Etapas contempladas en la propuesta

La metodología propuesta para el desarrollo del proyecto en el área de ensamble de Main Fitting en Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty está formada por seis etapas, como son: Diagnóstico, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar; como se aprecia, la propuesta es una adecuación de la metodología DMAIC.

Cada una de ellas se basa en diferentes herramientas básicas relacionadas con la estadística, es importante tener en cuenta que es lo que se busca en cada una de las etapas, en la **Figura 4.1** se presenta la metodología contemplada para el desarrollo del proyecto, mencionando las 5 etapas explicadas anteriormente en el punto 3.6.1 en adelante del marco teórico, del autor (Escalante, 2008), así también se contempla la etapa de Diagnóstico para tener un análisis previo de la empresa e iniciar con la metodología DMAIC.



Figura 4.1. Metodología propuesta DMAIC
Fuente: Elaboración propia

En las secciones siguientes se explica a detalle cada una de las etapas que constituyen la metodología establecida.

4.2 Diagnóstico

Esta etapa, se tienen varios aspectos importantes como el objeto de acercarse a la problemática que existe en el área de ensamble MF con el fin de analizar y captar los problemas que para la empresa son más significativos.

Para llevar a cabo esta etapa es necesario realizar las siguientes actividades:

- 1. Analizar los datos históricos.** En este paso se analiza todo tipo de información que la empresa tenga (registro de tiempo de cada proceso, manuales de procedimientos, etc.), relacionado con el área de ensamble MF para conocer el trasfondo de cómo ha ido evolucionando cada uno de los procesos que se lleva a cabo y como se encuentra actualmente.
- 2. Analizar el funcionamiento del área de estudio.** Permite que a través de la información obtenida se pueda tener una idea clara de cómo funciona cada proceso, el tiempo, herramientas, equipos, etc.
- 3. Interpretar la información recolectada.** En esta etapa se procede a comparar todos los datos históricos obtenidos e interpretar cada una de ellos para detectar problemas o fallas que estén surgiendo en el área y enfocarse a buscar algún área de oportunidad.
- 4. Identificar los elementos que causan los problemas y determinan la situación actual.** En esta etapa se identifican los factores posibles que estén afectando el área de ensamble MF, así como las áreas de oportunidades donde se permita implementar la metodología DMAIC.
- 5. Identificar las variables de oportunidades.** De acuerdo a la etapa anterior, en este punto se tiene como objetivo conocer todas las áreas de oportunidad para mejorar cada una de ellas.

4.3 Definir

Durante esta etapa se definen varios aspectos importantes que se implementarán en el proyecto, tomando en cuenta un orden prioritario.

Los pasos a seguir se mencionan a continuación:

1. **Definir el nombre del proyecto.** En este paso se analiza y se define la problemática que se desea resolver y se formula el nombre del proyecto a realizar.
2. **Delimitar la duración del proyecto.** De acuerdo al proyecto a realizar se delimita la duración del proyecto.
3. **Definir el alcance del proyecto.** Se define el alcance que tendrá el proyecto a realizar y tener una idea más clara de éste.
4. **Definir el objetivo del proyecto.** Se definen objetivos que tendrá el proyecto de manera clara y específica.
5. **Especificar los beneficios que se desean alcanzar.** Se enlistan los diversos beneficios que tendrá la compañía con la implementación de la metodología.
6. **Definir el equipo de trabajo.** Se definen los participantes del proyecto, quienes aportarán sus conocimientos para resolver los problemas que se presenten. Esto es con base en los problemas que se quieran resolver, buscando el perfil adecuado.
7. **Realizar el Diagrama SIPOC.** Con la aplicación de esta herramienta se busca realizar un análisis más profundo del proceso y así detectar las variables que intervienen en él, y comprender diferentes agentes como son las entradas del proceso, proveedores, el proceso en sí, las salidas y los clientes del mismo.
8. **Realizar el Diagrama CTQ.** Este diagrama nos ayuda analizar y definir los atributos que se requieren medir más adelante, así como las unidades de

medidas de los mismos, y por consiguiente detectar los problemas que se presentan y no dejan tener un mejor resultado en el proceso de producción.

9. Describir el proceso actual. En este punto se realiza una descripción del funcionamiento del proceso que se está analizando actualmente, de manera que se tenga una visión más clara de su funcionamiento, y de esta forma detectar las anomalías más frecuentes, atacar y proporcionar mejoras más adelante.

10. Realizar un Layout del proceso. Este punto es muy importante ya que se puede complementar con toda la información que hemos recabado anteriormente. Aquí se puede observar cómo opera la herramienta hombre-máquina, como está conformado el proceso, etc..

4.4 Medir

Esta etapa estudia los efectos más que las causas del problema. Para ello se requiere realizar gráficos que representen los datos del funcionamiento del proceso actual, esto analizando diferentes herramientas como son: diagramas de Pareto, Histogramas, diagramas de Dispersión, etc..

Todo esto para medir el estado actual del proceso y realizar un análisis de los factores que están ocasionando diferentes problemas en el área que se están presentando y requieren de una solución.

Para esta etapa es muy importante contar con antecedentes del funcionamiento del proceso, y después interpretarlo con gráficas, la secuencia de actividades necesarias en esta etapa es:

a) Identificar las variables que regulan el funcionamiento del proceso. Se define el método para recoger datos sobre el funcionamiento actual del proceso.

- b) Se deberán tomar fotografías de la situación y estado actual de la empresa.** En esta actividad se pretende tener antecedentes pasados y actuales del proceso con el fin de conocer bien el estado de la empresa.
- c) Se realiza el levantamiento de datos (tiempos y movimientos).** Consiste en tomar tiempos con cronómetros de cada uno de los procesos de la pieza MF y registrarlos para después analizarlos.
- d) Determinar el tipo de información.** Se debe identificar qué tipo de variable se estudia y qué información se puede obtener de ésta. Existen dos casos muy claros que se podría llegar a utilizar: por atributos (paso o no pasa) y por variables (datos históricos).
- e) Desarrollar el plan de recolección de datos.** Una vez que se determinó que información necesitamos se procede a recabar todos los datos que tenga el proceso.

4.5 Analizar

En esta etapa se analizan los datos que fueron recabados durante la etapa de medir, es importante mirar el proceso desde un punto de vista crítico en el sentido de detectar los pasos que realmente añaden valor desde el punto de vista del cliente.

El seguimiento que se lleva a cabo en el análisis es el siguiente:

- 1. Analizar los datos obtenidos sobre el funcionamiento del proceso.** En esta etapa actividad se realiza un análisis del procesos, generando gráficos y estadísticas para poder identificar la causas o causas raíz que está afectando nuestro proyecto.
- 2. Realizar un diagrama de Análisis de Árbol.** Un diagrama de árbol es un método gráfico para identificar todas las partes necesarias para alcanzar algún objetivo final.

3. **Realizar un Diagrama de priorización.** Este diagrama ayuda a priorizar los problemas detectados anteriormente y así tratar de dar solución de acuerdo a las prioridades analizadas y concluidas.
4. **Utilizar las herramientas de las 5Why's (Porqués).** Esta herramienta permite realizar un análisis más profundo de los problemas presentados y detectar la causa de los problemas.

4.6 Mejorar

En esta etapa se realizaron acciones y mediciones de los resultados, la meta es desarrollar, probar e implementar soluciones dirigidas a las causas raíces determinadas, usando datos para evaluar las soluciones implementadas.

En esta etapa se implementan soluciones de mejora ya analizadas con anterioridad y se esperan resultados, basándose en lo anterior se realizaron las siguientes actividades:

- a) **Propuestas de mejora.** Se presentaron las propuestas de mejora y un comparativo del antes y después de los cambios que se realizaron en los procesos.
- b) **Evaluación de mejoras.** Se evaluaron las mejoras y se tomaron nuevos tiempos de los procesos y se registraron.
- c) **Crear el mapa de proceso de "Como debe ser".** Identificar tareas y actividades a eliminar las cuales no le agregan valor al proceso, así como tareas que se pueden combinar o bien cambiar de secuencia las mismas, con el fin de minimizar las operaciones.

4.7 Controlar

Para controlar las acciones establecidas con anterioridad primero es necesario verificar que se haya alcanzado el objetivo deseado, comparando los indicadores del proyecto antes y después de implementar las acciones.

Usando los datos recolectados antes y después de la implementación se verifica la efectividad de las acciones y la reducción de los resultados indeseados.

Después de haber diagnosticado, definido, medido, analizando y aplicado mejoras se está viendo la manera de controlar los cambios y de fomentar una cultura de calidad en los operarios del Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty.

Capítulo 5. Aplicación de la Metodología

5.1 Implementación de la metodología DMAIC en el área de ensamble de Main Fitting.

Siguiendo las seis etapas de la metodología propuesta e implementándola en el área de ensamble de Main Fitting se obtuvo la siguiente información:

5.2 Etapa Diagnóstico

A continuación se muestra la metodología que se aplicará en el proyecto, definiendo de manera más específica cada una de las etapas ver **Figura 5.1**.

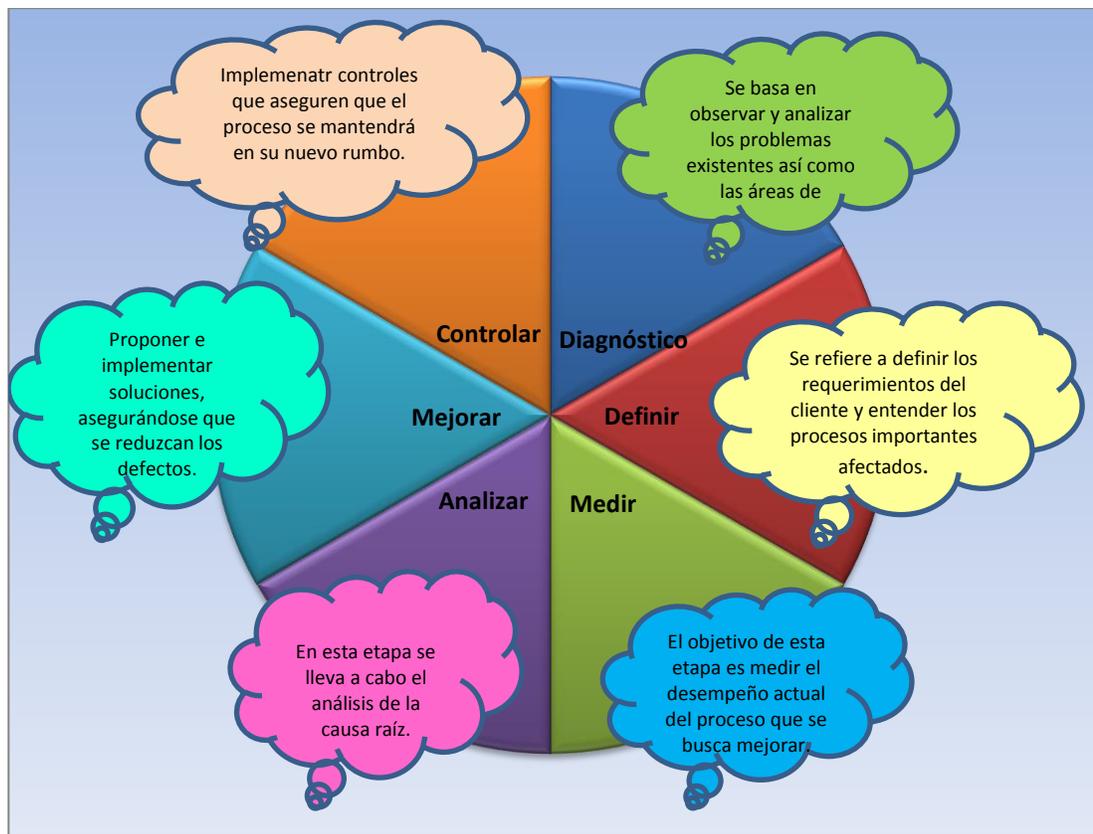


Figura 5.1. DMAIC
(Fuente: Elaboración propia)

5.2.1 Análisis de la información del área de ensamble MF

En el Grupo Safran Planta Messier Bugatty Dowty se presentan diversos problemas, para ello, se llevó a cabo un análisis de los procesos del área de ensamble de la pieza Main Fitting denominado diagnóstico y con ello definir los problemas con los que cuenta actualmente la empresa.

El propósito de realizar la etapa de diagnóstico tiene como finalidad analizar toda la información con la que cuenta la empresa y que sea útil para llevar a cabo el proyecto DMAIC y conocer la situación actual de la empresa así como las posibles áreas de oportunidades que se pueden mejorar.

El diagnóstico permite analizar todos los datos históricos del área de ensamble, así como conocer el funcionamiento de cada proceso de la pieza MF, la redistribución del área, los tiempos de cada proceso, equipos y herramientas que se utilizan, etc.

Grupo Safran Planta Messier Bugatty Dowty, tiene un área de ensamble para la pieza MF que cuenta con 4 procesos: Ensamble, Maquinado, Rimado y Sellado, ver **Figura 5.2**.

5.2.2. Definición de cada proceso MF

- **Maquinado:** Consiste en enmascarar con cinta la pieza alrededor del buje para protegerlo al momento de lijar y quitar el exceso de material para dejar en dimensiones especificadas, ver **Figura 5.2** señalado con **a**.
- **Ensamble:** Se refiere al ensamble de bujes en cada barreno de la pieza, es decir, antes de ensamblar es importante colocarlos en la tina de nitrógeno aproximadamente 15 minutos para mayor facilidad al momento de realizar el ensamblado, ver **Figura 5.2** señalado con **b**.

- **Rimado:** El rimado es una herramienta que se denomina rimas de un inserto que su fin es quitar todo el exceso de material del barreno de la pieza para dejar en dimensión de acuerdo a las hojas de registro que tiene cada pieza MF, ver **Figura 5.2** señalado con **c**.
- **Sellado:** Se refiere a la aplicación de Sealant a cada buje ensamblado para proteger y sellar perfectamente los bujes de la pieza MF, ver **Figura 5.2** señalado con **d**.



a) Ensamble



b) Maquinado



c) Rimado



d) Sellado

Figura 5.2 Procesos de la pieza MF
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugatty Dowty)

Con el previo análisis que se realizó con la información obtenida de la empresa y el recorrido para observar de manera propia cada uno de los procesos, se concluyó que uno de los problemas principales que se presenta es la falta de

cumplimiento de entregas a tiempo de piezas a los clientes, y como factor observado es el tiempo demás que utilizan para realizar cada uno de los procesos de la pieza MF, aunado a esto se observó la falta de herramientas, movimientos y tiempos innecesarios, exceso de tiempo de operación, falta de experiencia, etc., ver **Figura 5.3**.

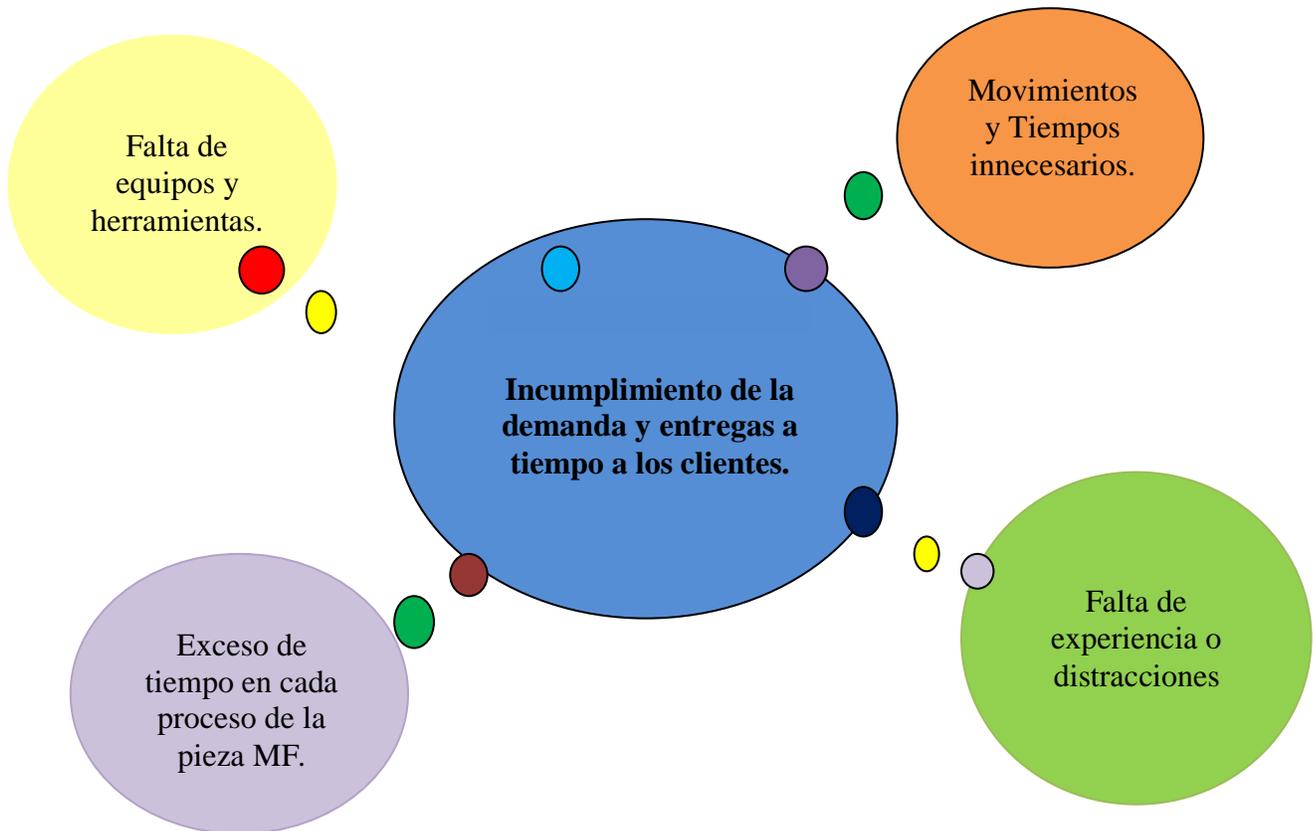


Figura 5.3 Mapa mental
(Fuente: Elaboración propia)

El análisis que se obtuvo se corroboró aplicando un pequeño cuestionario a operarios y supervisores.

5.2.3 Datos del cuestionario aplicado en Grupo Safran Planta Messier

Se diseñó un cuestionario de 23 preguntas. Contiene en su totalidad preguntas de opción múltiple, expresadas en cuatro opciones de respuesta que van de saber, no saber ó más ó menos que es enfocado al problema y a la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), con la finalidad de obtener datos fáciles de procesar, tabular y analizar.

Para recabar la información pertinente sobre la empresa, se aplicaron cuestionarios divididos de la siguiente forma:

- Para el nivel táctico: con el objeto de obtener datos acerca de la situación actual de la empresa referente al problema de entregas a tiempo al cliente se aplican a supervisores y personal de mantenimiento.
- Para el nivel operativo: con la ausencia de adquirir datos acerca de su situación referente a la importancia de la situación actual y como afecta a todos y cada uno de ellos, a nivel departamental.

Se aplicó el cuestionario a las personas que se involucran directa e indirectamente con el departamento de producción, obteniendo los siguientes datos, ver **Tabla 5.1**.

Tabla 5.1. Datos del cuestionario
(Fuente: Elaboración propia)

Factor	Datos	Comentarios
Maquinaria	Área de ensamble de Main Fitting	Se refiere a la maquinaria que se utiliza para realizar el ensamble de bujes o quitar el exceso de material en los bujes.
Operación	Área de producción ensamble Main Fitting	Errores operativos: negligencia, distracción.
Capacitación	Área de producción ensamble Main Fitting	Baja la eficiencia, retrabajos, tiempos y movimientos innecesarios.
Herramientas	Área de producción ensamble Main Fitting	Falta de herramientas para realizar el ensamble de bujes en la pieza MF.
Movimientos y Tiempos innecesarios	Área de producción ensamble Main Fitting	Se realizan movimientos que no son necesarios en los procesos.

De acuerdo a los resultados de los cuestionarios aplicados se realizó una tabla de frecuencia que muestra la siguiente la información, ver **Tabla 5.2**.

Tabla 5.2. Factores de incumplimiento
(Fuente: Elaboración propia)

Factor	Frecuencia	F%	FA%
Proceso de Rimado	4	25%	25%
Proceso de Sellado	3	20%	45%
Proceso de Ensamble	2	15%	60%
Proceso de maquinado	2	10%	70%
Movimientos y Tiempos innecesarios	5	10%	80%
Falta de herramientas	2	10%	90%
Retrabajo	2	10%	100%
	20	100%	

Para conocer el factor de mayor prioridad que está siendo motivo de la falta de cumplimiento de la demanda y entregas a los clientes se realiza un Diagrama de Pareto, ver **Figura 5.4** teniendo como prioridad los movimientos y tiempos innecesarios.

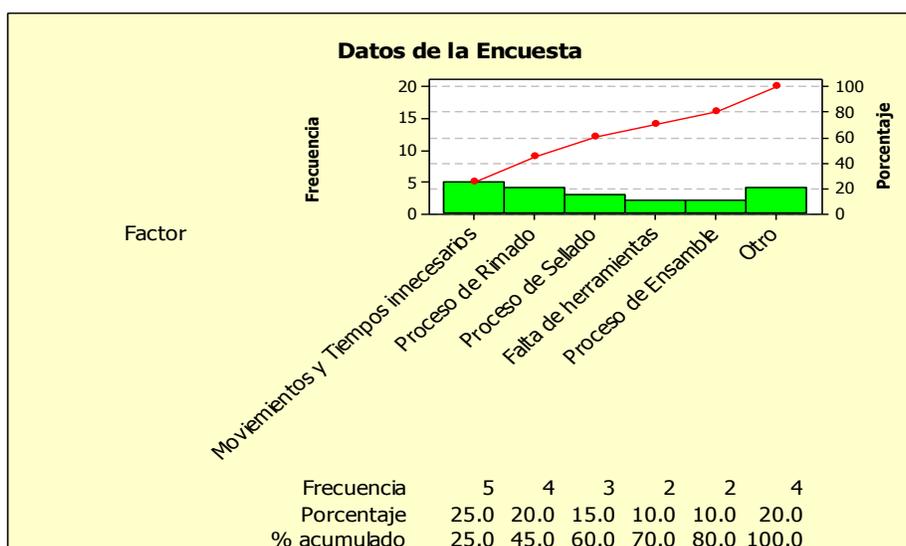


Figura 5.4. Diagrama de Pareto
(Fuente: Elaboración propia)

5.2.4 Áreas de oportunidad

Cabe mencionar, que después de utilizar una de las herramientas como lo son los cuestionarios, a través de los datos obtenidos e información pasada que se revisó se encontraron factores que afectan el proceso de ensamble y como consecuencia no se logra realizar las entregas a tiempo de las piezas con los clientes, se visualiza claramente en el diagrama de Pareto que se mostró anteriormente.

Así mismo algunas áreas de oportunidad que pueden detectarse en el área son:

- Cambio y compra de herramientas
- Realizar una redistribución Layout del área de ensamble
- Reducir los tiempos y movimientos innecesarios
- Actualización de datos de los procesos (MTS)
- Capacitaciones para los operarios

5.3 Etapa Definir

5.3.1 Definición y Duración del proyecto

En la primer etapa del DMAIC se definió el nombre del proyecto a realizar, “Mejora de proceso en el área de ensamble de Main Fitting, en el Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty usando la metodología Lean Six Sigma” teniendo un lapso de tiempo de 4 meses para desarrollar el proyecto, comenzando el 20 de Agosto al 21 de Diciembre del 2012.

5.3.2 Alcance del Proyecto

El alcance que tiene el proyecto incluye todo el área de ensamble MF, carros herramientas, rimas, prensas, dispositivos go.notgo, instrumentos de medición, herramientas, sellador, etc.

5.3.3 Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto DMAIC es establecer estrategias de mejora para el área de ensamble de la pieza Main Fitting, enfocada a incrementar su capacidad de producción asegurando la calidad del producto y entregas al cliente en tiempo y forma.

El problema por el cual no se ha podido incrementar la capacidad de producción y entregas al cliente en tiempo y forma es por la existencia de cuellos de botella como es el tiempo excesivo en los procesos y aunado a esto los retrabajos, pérdida de tiempo, etc.

5.3.4 Beneficios del Proyecto

Los beneficios que busca el proyecto aplicando la metodología DMAIC es la reducción de tiempo en cada uno de los procesos de la pieza, reducción de retrabajos, reducción de errores, reducción de movimientos innecesarios. Incremento de la capacidad de producción, entregas a tiempo de piezas MF.

5.3.5 Equipo DMAIC

El equipo DMAIC con el que se cuenta para la aplicación de la metodología en el área de ensamble de Main Fitting, está conformado por 2 Ingenieros de Procesos Especiales, 1 Ingeniero de Calidad, 2 Líder de producción, 1 Practicante de Procesos Especiales y 2 Operarios del área de ensamble, como se muestra en la **Figura 5.5**.



Figura 5.5 Equipo DMAIC

5.3.6 Diagrama SIPOC

Realizando un análisis del proceso del área de ensamble de MF, se obtuvo el diagrama SIPOC, donde se muestran las variables que intervienen en el proceso de la pieza Main Fitting, el diagrama SIPOC muestra los Suppliers (proveedores),

Input (entradas), Process (proceso), Output (salida), Customer (clientes), ver **Figura 5.6.**

Suppliers (Fournisseurs)	Input (Entrées)	Process (Processus)	Output (Livrables)	Customers (Clients)
Canada	Bujes	1 Maquinado de bujes	Bujes maquinados	Ensamble de bujes
	M Fitting	2 Ensamble de bujes	M Fitting ensamblado	Sellado de bujes
EEUU	Sellador M Fitting con bujes ensamblados	3 Sellado de bujes	M Fitting con buje sellado	Rimado de bujes
	M Fitting con bujes sellados	4 Rimado de bujes	M Fitting con bujes rimados	Calidad
	M Fitting con bujes rimados	5 Inspeccion de MF & BB	Main Fitting terminados	MBD Gloucester

Figura 5.6. Diagrama SIPOC
(Fuente: Grupo Safran Messier Bugaty Dowty)

Los bujes que se ensamblan en la pieza MF, son fabricados en Canadá, ellos lo envían a la planta Grupo Safran y posteriormente esos bujes son maquinados logrando de esta manera obtener las especificaciones correctas para no tener ningún problemas al momento de ensamblarlos en la pieza MF.

Para el ensamble de bujes, consiste en colocarlos en la tina de nitrógeno a una temperatura de $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 minutos aprox. y posteriormente sacar uno por uno para ensamblarlos en cada barreno respectivamente de la pieza MF.

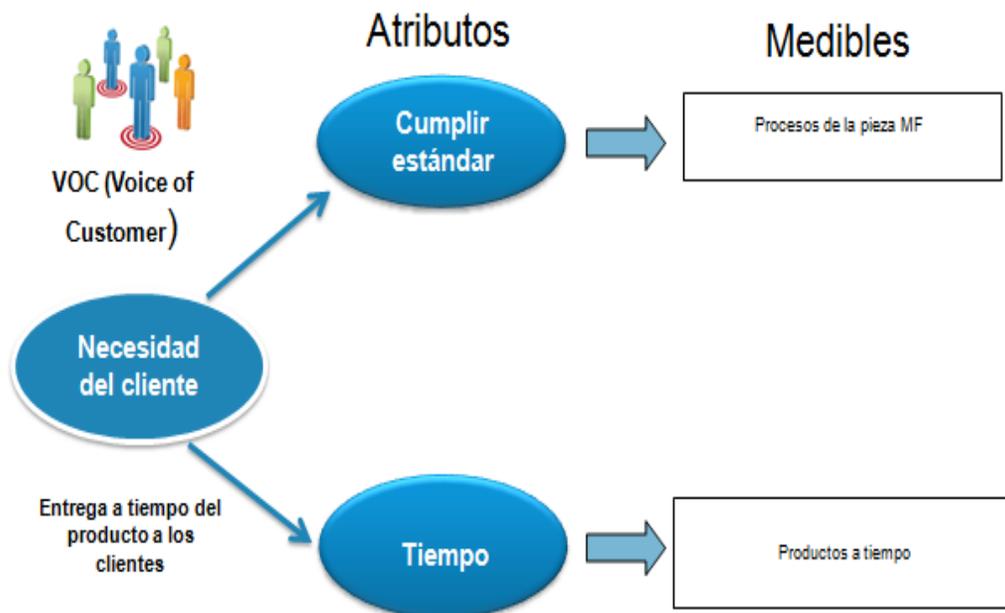
Después que todos los bujes han sido ensamblados se procede a la siguiente etapa que es el sellado y consiste en aplicar un Sellador (Sealant) alrededor del ensamble de buje para proteger el ensamblado que se realizó en la pieza.

Y por último se realiza el rimado, que consiste en retirar el exceso de material de cada barreno de la pieza para dejar en medida y en especificación correcta, una vez realizado este proceso, se limpia minuciosamente la pieza para quitar cualquier exceso de grasa, se inspecciona y se empaqueta para finalmente ser enviado a los clientes que es la planta de MBD Gloucester.

5.3.7 Diagrama de Requerimiento del cliente

En este Diagrama de CTQ³ se puede observar que hay tres atributos a medir en el área de ensamble de la pieza Main Fitting los cuales son: cumplir los estándares, tiempo y forma de la pieza.

Más adelante se evaluará cada uno de los atributos que se encuentran en el Diagrama CTQ, con el fin de encontrar soluciones a los problemas existentes y ver un cambio en los resultados que arrojan las gráficas. El diagrama CTQ de las entregas a tiempo de la piezas Main Fitting se muestra en la **Figura 5.7**.



³ Diagrama de Requerimiento del Cliente

Figura 5.7. Voz del Cliente
(Fuente: Basado en la experiencia de Grupo Safran)

5.3.8 Diagrama de la Voz del Negocio

En esta etapa de la metodología, así como se da a conocer la Voz del cliente, es importante mencionar la Voz del negocio, que está dispuesto a incrementar la satisfacción del cliente pero no a cualquier precio.

El negocio expresa su voz (VOB)⁴ en términos de: dinero, flujo de dinero, etc.

Para el grupo Safran planta Messier Bugaty Dowty la Voz del negocio se ha identificado de la siguiente manera, ver **Figura 5.8**.

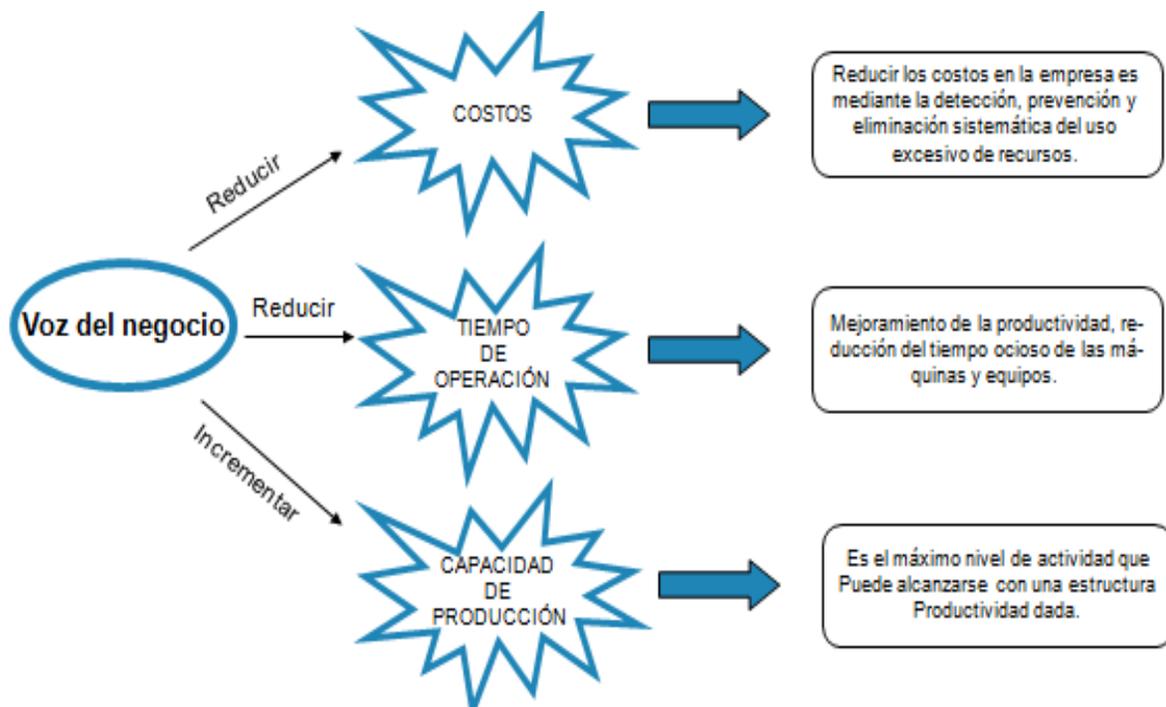


Figura 5.8 Diagrama de la Voz del negocio (VOB)
(Fuente: Basado en la experiencia de Grupo Safran)

⁴ Voz del Negocio

5.3.9 Proceso de ensamble de la pieza Main Fitting

Primero cada operador del área se coloca su equipo de protección como regla de seguridad.

Después se realiza la manipulación del nitrógeno y consiste en conectar las válvulas a la tina directa para lograr que el nitrógeno alcance la temperatura -168.5 C .

Después se inicia el proceso de ensamble en la pieza MF que consiste en llenar la tina de nitrógeno y esperar a que alcance la temperatura de -168.5 ° C , una vez que el nitrógeno ha alcanzado esa temperatura se lleva al área de ensamble y se deja por un momento mientras la pieza se saca del horno caliente (esto es para que los barrenos se expandan y sea más fácil ensamblar los bujes), traída la pieza al área de ensamble se aplica molycote a todos los barrenos y con una toalla limpia se quita el exceso y después se empiezan a ensamblar los bujes uno por uno en cada barreno de la pieza.

Existen bujes que son fáciles de ensamblar y se ensamblan manualmente, pero hay algunos bujes que requieren ser ensamblados con ayuda de los dispositivos go-notgo que consiste en colocar sobre el buje y golpear con el martillo hasta que el buje queda totalmente ensamblado.

Para el ensamble de vulcanos se requiere utilizar una prensa, realizar el mismo procedimiento que se lleva con lo demás bujes de no ser así simplemente quedaría mal.

Después de haber ensamblado todos los bujes, se ensambla un buje especial llamado buje LS este buje se le rocía un líquido llamado Loctite 7471 y se

instala manualmente, para terminar con el ensamble de todos los bujes se le pasa una lina de 0.05 mm para comprobar que no quedó ningún espacio entre buje y barrenos, en caso que pasara la lina se ensambla con la prensa para dejar seguro el ensamble.

Después de ensamblar se mide la conductividad de cada buje con un equipo Megger para saber si la conductividad de los bujes son los correctos y registrarlos en el formato que se lleva de control.

Después se da inicio al rimado, este proceso consiste en rimar todos los bujes con el fin de quitar el exceso de material de cada barrenos y dejarlo en dimensión y dentro de especificación, para el rimado se utiliza un tensor que se conecta con la rima y se programa con un tensor para iniciar el rimado.

Al momento de estar rimando es necesario aplicar aceite y un líquido llamado Acuacut, sirve para que la rima no pierda el ritmo de giro y el acabado sea mejor; para el rimado de los vulcanos no se utilizan las rimas, se utiliza una herramienta llamada honeadora.

Después del rimado se miden los diámetros de los bujes con equipos de medición como es el súbito, para dejarlos en las dimensiones correctas.

Finalizado el rimado se inicia con el sellado, que consiste en premezclar el Sealant durante 7 minutos aproximadamente y una vez lista la mezcla se prosigue a aplicar el sellado con un cartucho en cada buje de la pieza.

Después de aplicar el sellador, con un pincel se aplica un líquido llamado Mek, que ayudará a quitar el exceso de Sealant y permitirá limpiar la pieza.

Finalmente es llevado al horno para calentarse a unos 50°C y para acelerar el curado aprox. 2 horas; después de sacar la pieza es inspeccionado por

5.4.1 Tiempos y movimientos del área de ensamble pieza MF

En la **Tabla 5.3** se muestra el dato del tiempo recabado en el mes de Julio respecto al proceso de ensamble de la pieza MF y se puede observar gráficamente, los datos que aparecen en la tabla fueron proporcionados por el Grupo Safran, ver **Gráfica 5.10**.

Tabla 5.3. Tiempo MF
(Fuente: Elaboración propia)

Main Fitting mes de Julio	Tiempo Actual Hrs.	16.25
	Tiempo Objetivo Hsr	5.5

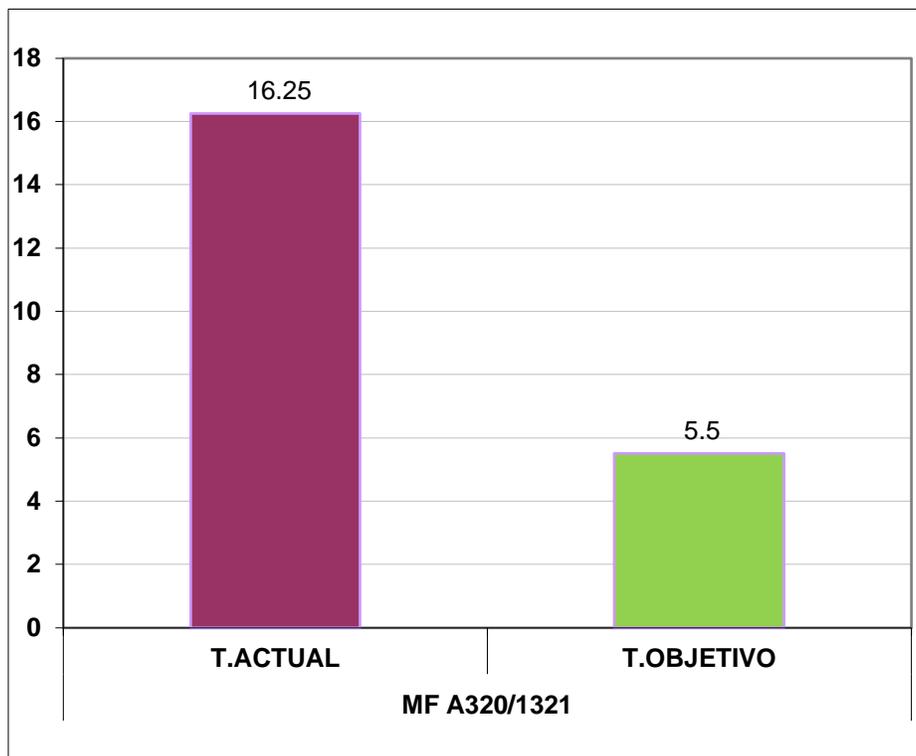


Figura 5.10. Gráfica de tiempo actual MF
(Fuente: Elaboración propia)

A continuación se muestra la gráfica del tiempo actual, estándar y objetivo de la pieza Main Fitting con el fin de dar a conocer cada uno de los tiempos validados actualmente y con las propuestas de mejoras llegue a cumplirse con el tiempo objetivo que se tiene establecido, ver **Figura 5.11**.

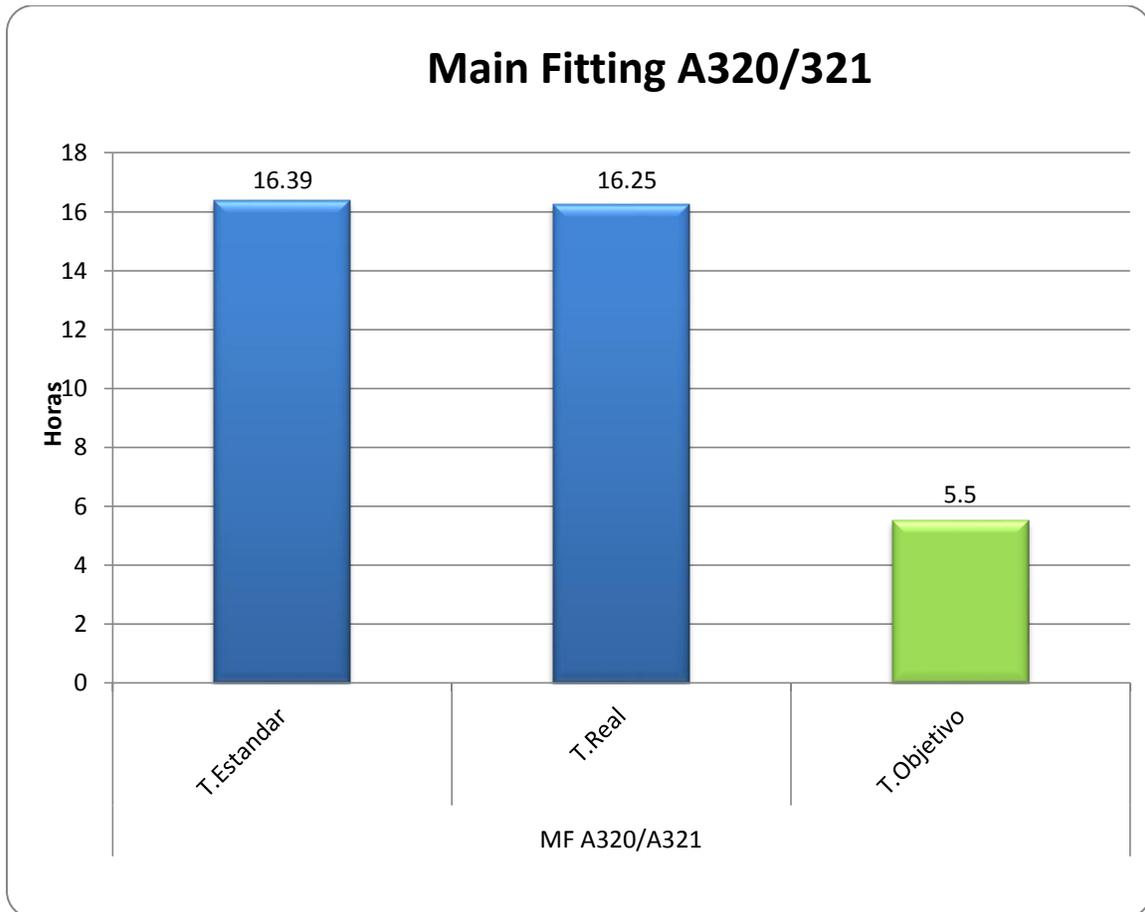


Figura 5.11. Tiempos de la pieza Main Fitting
(Fuente: Elaboración propia)

También se realizó la toma de movimientos y tiempos del proceso de la pieza AMAE000332 Main Fitting, tiene como objetivo conocer y registrar el tiempo actual que se llevan los operarios al realizar todo el proceso, se registró un tiempo de 16.35 horas.

El objetivo de realizar el mapeo del proceso actual de la pieza MF es estudiar los tiempos en cada proceso, observar los movimientos del operario, determinar el tiempo más alto y mejorar el tiempo de producción, ver **Figura 5.12**.

PROCESS MAPPING SHEET							Date :	5-Sep-12
COMPANY : MESSIER-DOWTY							Page	1 De 2
PART NUMBER / PROCESS : Ensamble Main Fitting AMAE000332 Op. 200-400								
No	PROCESS STEP	Operation ○	Inspection □	Transport ⇒	Delay D	Storage ▽	Time (Min)	Distance (M)
1	Ir por pieza Main Fitting						2.36	
2	Desengrasar pieza y bujes con mek						2.10	
3	Aplicar molycote a cada buje						1.38	
4	Retirar exceso con toalla limpia						1.36	
5	Ir por tina de nitrogeno						1.59	
6	Sumerger bujes en nitrogeno						5.38	
7	Maquinar bujes AB, AD, AC, RL, RR, U, V, OB, IB						84.00	
8	Ir por dispositivo de ensamble						0.59	
9	Enmascarar dispositivo con cinta						1.21	
10	Ensamble de bujes						40.12	
11	Ir por la prensa de ensamble						0.56	
12	Ensamble de volcanos RL, RR, IC, IL, IR						20.09	
13	Rociar Loctite 7441 y Loctite 263 al buje LS						0.36	
14	Instalar buje LS						3.46	
15	Inspeccion de ensamble con lana						2.36	
16	Ensamble de grasera						3.36	
17	Enmascarado de bujes						3.12	
18	Medir distancia cara-cara						87.00	
19	Realizar chaflan (quitar filos)						6.35	
20	Medir conductividad entre bujes						5.10	
21	Realizar registro de mediciones						1.20	
22	Ir por herramienta de rimado						1.02	
23	Ensamble de bastago con rima						0.53	
24	Encender tensor						0.16	
25	Colocar dispositivo de rimado						0.14	
26	Inicio de rimado						280.00	
27	Aplicar aceite a los bujes de rimado						0.16	
28	Ir por dispositivo queso para volcanos						1.56	
29	Ir por maneral de honeadora manual						1.32	
30	Colocar e inicio de rimado de volcanos						60.00	
31	Aplicar acuacut durante el rimado						0.15	
32	Medir diametro de volcanos						5.36	
33	Ir por machuelo						0.26	
34	Realizar operacion con el machuelo						2.35	
35	Dimensionar bujes IC,IR,IL,RR Y RL						6.31	
36	Verificar medidas con dispositivos go-notgo						4.64	
37	Ir y realizar el mezclado de sellado						12.35	
38	Limpiar zonas a sellar con mek						1.42	
39	Aplicar Primer PR1826						2.34	
40	Iniciar sellado						200.00	
41	Limpiar exceso de Sealant						1.59	
42	Inpeccion que no exista poros						3.27	
43	Limpiar pieza de residuos de sealant						1.46	
44	Llevar pieza a horno						1.57	
45	Programar graficadora del horno						0.38	
46	Introducir pieza al horno						120.00	
Total No		695.37	115.24	23.34	147.44	0	981.39	0
Grand Total No				981.39				

Figura 5.12. Mapeo del tiempo de la pieza MF
(Fuente: Elaboración propia)

5.4.2 Tiempos de cada proceso de la pieza MF

En la **Tabla 5.4** se muestra el tiempo actual y objetivo de cada proceso utilizado para la fabricación de la pieza MF; en esta tabla se observa cuál de todos los procesos requiere más tiempo y se debe analizar primero. Los tiempos actual y objetivo de cada proceso se muestran en la **Figura 5.13**.

Tabla 5.4. Tiempo de cada proceso MF
(Fuente: Elaboración propia)

	Maquinado	Ensamble	Sellado	Rimado
Tiempo actual	3.5	3.5	4.5	4.75
Tiempo Objetivo	1.4	1	1.1	2

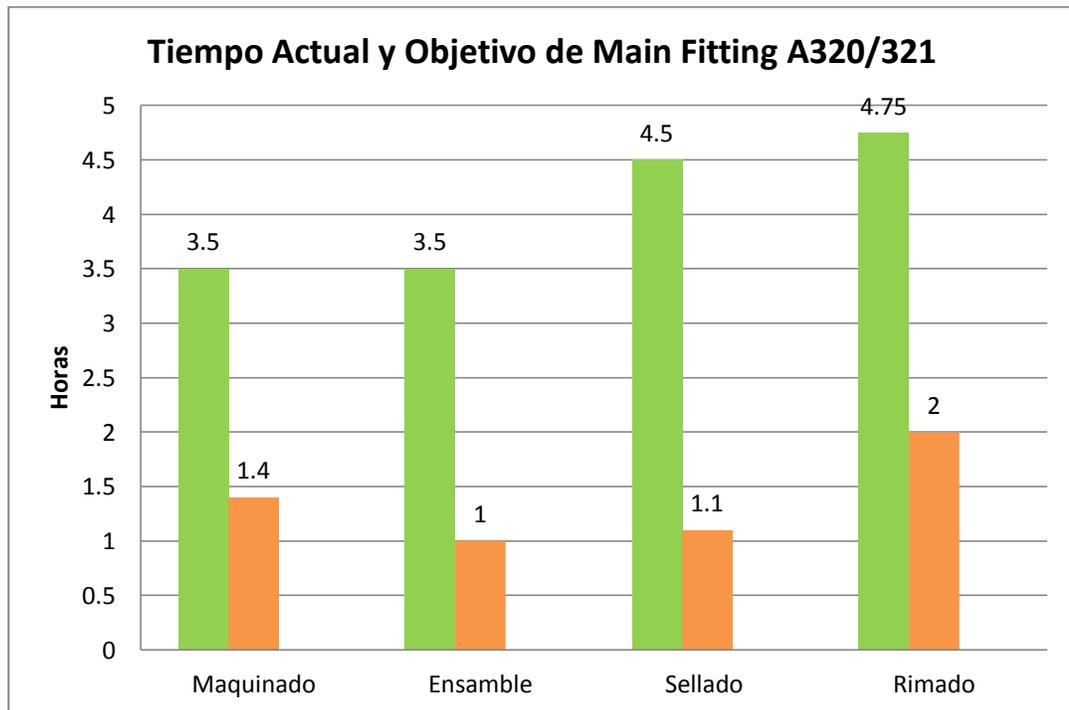


Figura 5.13. Gráfica de los tiempos de cada proceso
(Fuente: Elaboración propia)

5.4.3 Diagrama de Pareto de los Procesos Main Fitting

En este punto se desglosa cada operación realizada en el área de ensamble para la pieza MF, con el fin de conocer el tiempo exacto que se lleva cada operación (Maquinado, Ensamble, Rimado, Sellado), y con los datos obtenidos se optó por utilizar la herramienta de Diagrama de Pareto para saber qué factor es el que se analizará primero y se tratará de buscar solución.

De todas las operaciones que se realizan el de mayor tiempo es el proceso de Rimado con 4.75 horas, lo que significa buscar primero solución al elevado tiempo que presenta el proceso de Rimado, ver **Figura 5.14**.

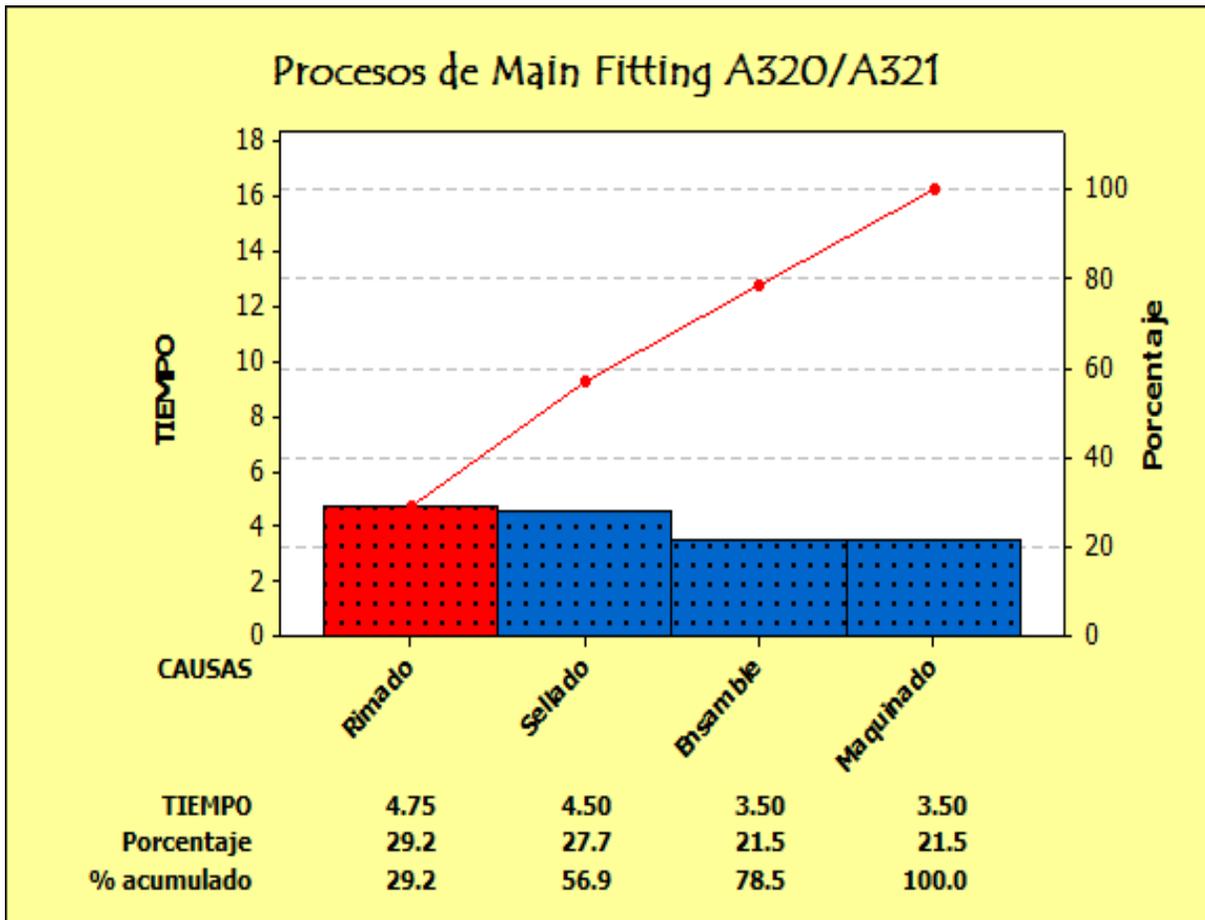


Figura 5.14. Proceso de Main Fitting
Fuente: Elaboración propia

El Diagrama de Pareto indica que el primer factor que debe mejorarse es el Rimado, porque se encuentra por debajo del 80/20 y tiene mayor tiempo.

Después de haber identificado qué proceso es el que requiere inicialmente ser mejorado, se realizó un segundo diagrama de Pareto para ver las etapas del proceso de Rimado y cuál deberá ser la primera en analizarla, ver **Figura 5.15**.

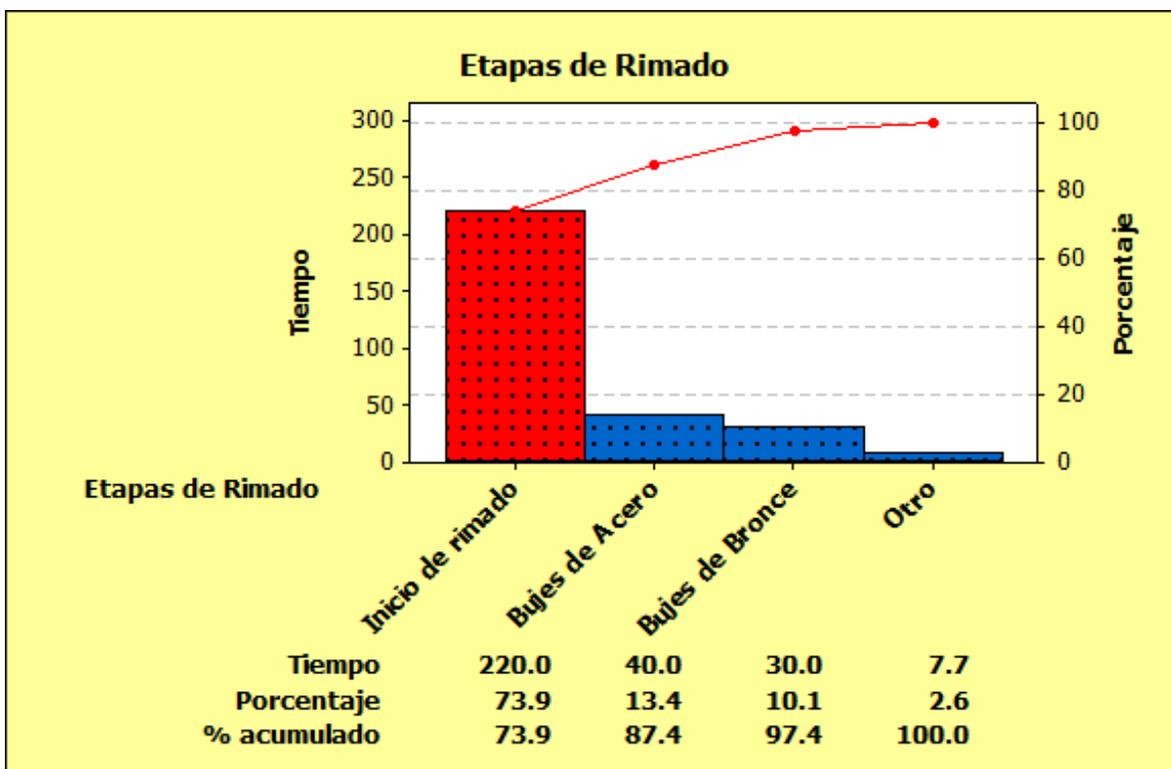


Figura 5.15. Diagrama de Pareto etapas de Rimado
(Fuente: Elaboración propia)

Con este diagrama se observa claramente que de todas las etapas del proceso de Rimado el de mayor tiempo y al que se debe de atacar para buscar solución es el inicio de Rimado.

El siguiente proceso a medir es el de Sellado, ya que es el segundo factor que está por debajo del tiempo del proceso de Rimado, a continuación se

desglosa cada etapa del proceso de Sellado para saber cuál de ellas será analizada para buscar solución y reducir tiempos de operación, ver **Figura 5.16**.

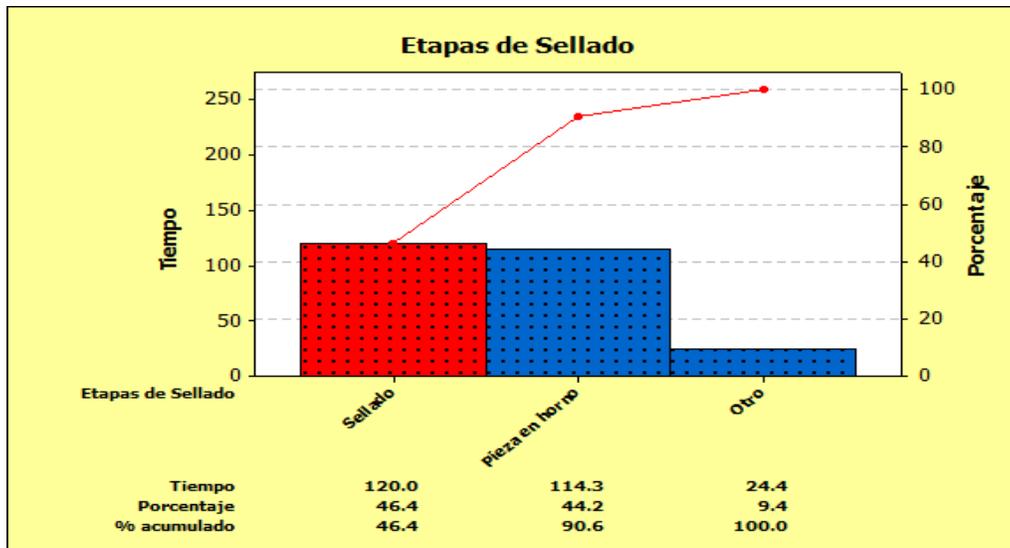


Figura 5.16. Etapas de Sellado
(Fuente: Elaboración propia)

El tercer factor a estudiar es el de Ensamble, ver **Figura 5.17**.

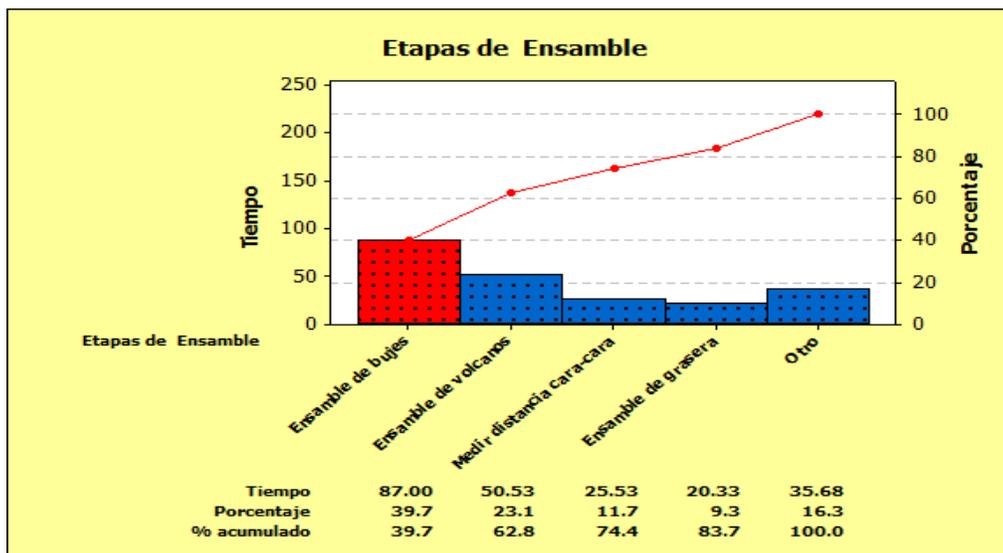


Figura 5.17. Diagrama de Pareto etapas de Ensamble
(Fuente: Elaboración propia)

Y por último, el factor a medir es el Maquinado, es importante conocer cada una de las etapas que conforma este proceso y posteriormente analizarla

para buscar posibles soluciones y reducir tiempo que es uno de los objetivos que se te

tiene,
ver
Figura 5.18.

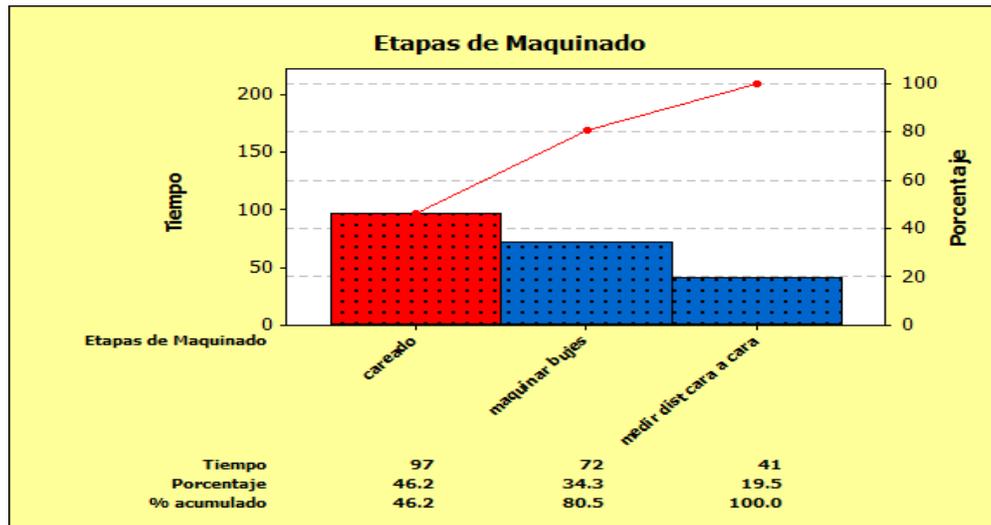


Figura 5.18. Diagrama de Pareto etapas de Maquinado
(Fuente: Elaboración propia)

5.5 Etapa Analizar

5.5.1 Factor de Análisis de Árbol de Problemas

Se realizó tres diagramas de Factor de Análisis de Árbol de Problemas, para observar cual eran los problemas que se presentaban en el área de ensamble Main Fitting.

5.5.2 Factor de Análisis de Árbol para el Proceso de Ensamble y Maquinado

En la siguiente figura se muestra el análisis de cada factor en el proceso de Maquinado y Ensamble destacando 5 posibles causas que están afectando el proceso, ver **Tabla 5.5**.

- Tiempo de maquinado de bujes
- Dispositivos de ensamble
- Tiempo de ensamble de bujes
- Careado de bujes
- Habilidad y experiencia

Tabla 5.5. Factor de Análisis Maquinado y Ensamble
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

MÉTODO	FACTOR	PUNTO DE CONTROL	ESTÁNDAR	PARTES OK	PARTES MAL	CRITERIO			COMENTARIO
						ST D O K	ME ET ST D	DI RE CT L I N K	
	Maquinado de bujes	Bujes maquinados dentro de especificación	Ficha técnica de maquinado de bujes	Bujes OK	N/A	Y	Y	N	
	Tiempo de maquinado de bujes	Tiempo de maquinado	1.0 hrs.	N/A	3.5 hrs.	Y	N	Y	Tiempo de maquinado por encima del estándar
	Aplicación de molycote	Aplicar molycote a cada barreno de la pieza MF	MTS aplicación de molycote	Aplicación OK	N/A	Y	Y	N	
	Ensamble de bujes	Bujes ensamblados en su respectivo barreno	MTS de ensamble y ayuda visual pieza MF	Ensamble Ok	N/A	Y	Y	N	
	Tiempo de ensamble de	Tiempo de Ensamble	1.0 Hrs.	N/A	3.5 Hrs.	Y	N	Y	Tiempo de ensamble de bujes por

	bujes								encima del Estándar.
--	-------	--	--	--	--	--	--	--	----------------------

Tabla 5.5. Factor de Análisis Maquinado y Ensamble
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

	FACTOR	PUNTO DE CONTROL	ESTÁNDAR	PARTES OK	PARTES MAL				COMENTARIO
Material	Bujes de acero y bronce	3 bujes de acero y 21 de bronce ensamblados en pieza MF	Hoja de registro de tipos de bujes que lleva la pieza MF	Bujes Ok	N/A	Y	Y	N	
	Martillo de nylamid	Herramienta para el ensamble con dispositivo	MTS para ensamble de bujes	Bujes Ok	N/A	Y	Y	N	
	Insertos y mandriles	Realizar el corte correcto en cada buje maquinado	Ficha técnica de maquinado de bujes	Bujes Ok	N/A	Y	Y	N	
	Dispositivo de ensamble	Ensamble de bujes con dispositivo nylamid	MTS ensamble de bujes	N/A	Dispositivos sin nylamid lastima pieza al momento de ensamblar.	Y	N	Y	
	Prensa	Ensamblar bujes sin dejar espacio entre pieza y buje	MTS para ensamble de bujes	Bujes Ok	N/A	Y	Y	N	
Ambiente	Temperatura de nitrógeno	Conectar tina de nitrógeno con la retroalimentación de gas	Nitrógeno a 195.8° de temperatura	Bujes Ok	N/A	Y	Y	N	
	Temperatura de bujes	Sumergir bujes en nitrógeno antes de ensamble	Bujes 110° de temp. aprox. antes de ser ensamblados.	Bujes Ok	N/A	Y	Y	N	
Medició	Careado de bujes	Ajustar manualmente la dimensión de los bujes	MTS y hoja de registro	Bujes Ok	N/A	Y	N	Y	Lijar manualmente los bujes para dejar en dimensión raya los bujes y se lleva mas tiempo

	Equipo de medición	Medir bujes y registrar	MTS medición de bujes	Medición Ok	N/A	Y	Y	N	
Personal	Habilidad y experiencia	Tiempo que se llevan en realizar la operación.	1.0 Hrs	N/A	3.5 Hrs.	Y	N	Y	La falta de experiencia y habilidad en operarios influye a llevarse más del tiempo establecido

5.5.3 Factor de Análisis de Árbol para el Proceso de Sellado

El siguiente factor estudiado, es el proceso de Sellado teniendo tres causas principales de estudios: tiempo de sellado de bujes, tipo de aplicador que se utiliza para el sellado, y habilidad y experiencia, ver **Tabla 5.6** con la finalidad que con el análisis realizado se pueda detectar el problema que está causando uniformidades en el proceso de sellado.

Tabla 5.6. Factor de Análisis Sellado
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

OCURREN CIA	FACTOR	PUNTO DE CONTROL	ESTÁNDAR	PARTES OK	PARTES MAL	CRITERIO			COMENTARIO
						S T D O K	M E T E T S T D	D I R E C T L I N K	
Método	Sellado de Bujes	Bujes Sellados correctamente.	MTS sellado de bujes.	Sellado Ok	N/A	Y	Y	N	
	Tiempo de Sellado de Bujes	Tiempo se sellado	1.5 Hrs	N/A	4.5 Hrs.	Y	N	Y	Tiempo de sellado por encima del estándar.
Material	Tipo de Aplicador que se Utiliza	Aplicación de Sealant	MTS sellado de bujes	N/A	Exceso de sealant	Y	N	Y	Exceso de Sealant al momento de aplicar a cada

									buje.
Máquina	Habilidad y Experiencia	El tiempo que se llevan en realizar la operación.	1.0 Hrs.	N/A	3.5 Hrs.	Y	N	Y	La falta de experiencia y habilidad en operarios influye a llevarse más del tiempo establecido.

5.5.4 Factor de Análisis de Árbol para el Proceso de Rimado

En el proceso de Rimado al aplicar el factor de análisis tiene como finalidad detectar las causas que provocan las elevaciones en el tiempo de proceso de rimado, con el análisis se han detectado tres causas que están afectando el proceso: el tiempo de rimado de los bujes, los tipos de rimas (insertos) que son utilizados, y habilidad y experiencia en los operarios, ver **Tabla 5.7.**

Tabla 5.7. Factor de Análisis Rimado
Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty

OCURREN CIA	FACTOR	PUNTO DE CONTROL	ESTÁNDAR	PARTES OK	PARTES MAL	CRITERIO			COMENTARIO
						S T D O K	M E T S T D	D I R E C T L I N K	
Método	Rimado de Bujes	Bujes rimados dentro del diámetro especificado.	Ficha técnica de rimado de bujes.	Bujes Ok	N/A	Y	Y	N	
	Tiempo de Rimado de Bujes	Tiempo de Rimado de bujes.	2 Hrs.	N/A	4.75 Hrs.	Y	N	Y	Tiempo de Rimado por encima del tiempo estándar.

	Rimado de bujes con honeadora manual abrasiva.	Vulcanos rimados con honeadora.	MTS de rimado de bujes	Vulcanos Ok	N/A	Y	Y	N	
Material	Tipo de Rima (Insertos)	Rimar bujes y dejar en diámetro especificado.	Ficha técnica de rimado de bujes.	N/A	Insertos sin filo	Y	N	Y	Por el constante uso de rimas, los insertos quedan sin filo y no dejan bien los cortes.
	Tensores	Programa del tensor para el rimado.	Programa 4-6	Ok	N/A	Y	Y	N	
	Taladro con scoht	Rimar bujes	MTS de rimado de bujes.	Ok	N/A	Y	Y	N	
Medición	Equipos de medición	Medir diámetro después de rimado.	MTS equipo de medición correspondiente a cada buje.	Ok	N/A	Y	Y	N	Falta equipo de medición.

5.5.5 Estudio de los 5 Porqués del proceso de Sellado

Después de realizar el análisis de árbol del proceso de ensamble, se utilizó la herramienta de los 5 porqués que es una técnica sistemática de preguntas utilizadas durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema y así llegar a buscar la solución al problema que se esté presentando, ver **Tabla 5.8**.

Como conclusión se propuso cambiar la pistola aplicadora de Sealant, por una de inyección, el beneficio consiste en aplicar de manera rápida, sin necesidad de premezclar el producto y con una aplicación sin exceso de material.

Encontrar la causa raíz con 5 porqués de Ocurrencia proceso Sellado

Tabla 5.8. Estudio de los 5 Porqués del proceso de Sellado
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

Issue	¿Por qué?	Verificar
	Tiempo de desperdicio en mezclar	Estudio de tiempos
	¿Por qué?	Verificar
	El producto sealant no viene mezclado y no es el adecuado	Los productos que entregan los proveedores

Tiempo de aplicación del sellado	¿Por qué?	Verificar
	Existe desperdicio de producto al aplicar en bujes	Observar procedimiento para los MTS
	¿Por qué?	Verificar
	El aplicador no es el adecuado para sellar	Revisión de MTS
	¿Por qué?	Verificar
	Existe desperdicio y demoras al limpiar exceso	Toma de tiempos

5.5.6 Estudio de los 5 Porqués del proceso de Rimado

Con el estudio que se aplicó al proceso de Rimado podemos conocer y tener una idea más clara de las posibles causas que podrían estar generando los problemas mencionados en el Diagrama de Factor de Análisis, ver **Tabla 5.9**.

Y como previa conclusión a los datos analizados se llega al acuerdo de cambiar las rimas de 1 inserto por rimas de 8 insertos, esto beneficia a los operarios porque no tendrán que calibrar la rima y se ahorrarán tiempo.

Encontrar la causa raíz con 5 porqués de Ocurrencia proceso de Rimado

Tabla 5.9. Estudio de los 5 Porqués del procesos de Rimado
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

Issue	¿Por qué?	Verificar
	Los insertos que se ocupan para rimado están sin filo.	El rimado que se realiza sale mal y se observa en piso.
	¿Por qué?	Verificar
	Por el uso demasiado que se le da a los insertos con varias piezas.	Al realizar los MTS.
	¿Por qué?	Verificar

Tiempo de Rimado	Falta de insertos en el área	Inventario de insertos
	¿Por qué?	Verificar
	No realizan una previa revisión del estado en que se encuentran los insertos y no realizan pedidos.	No tienen registros de pedidos de insertos.
	¿Por qué?	Verificar
	Falta de compromiso a su trabajo	El almacenista está directo con los operarios y el informa de que no existen pedidos que ellos realicen.

5.5.7 Estudio de los 5 Porqués del proceso de Maquinado y Ensamble

A continuación se muestra en la **Tabla 5.10** el estudio de los 5 Porqués que se aplicó al proceso de ensamble, logrando de esta manera tener una idea del factor que está causando el problema.

Como conclusión se llega al acuerdo que se cambiará el método de enmascarado de la pieza MF por el premaquinado de bujes testigos, es decir se tendrá en el área de ensamble un kit de bujes de muestra los cuales se medirán antes de maquinar y tener la idea exacta de la cantidad de material que tiene que quitarse a cada buje que se ensamblará en la pieza.

Encontrar la causa raíz con 5 porqués de Ocurrencia proceso de Ensamble y Maquinado

Tabla 5.10. Estudio de los 5 Porqués del proceso de Maquinado y Ensamble (Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

Issue	¿Por qué?	Verificar
	Proceso de maquinado no controlado.	Variación de dimensiones en hoja de registro.
	¿Por qué?	Verificar
	La resolución de la maquina no es la	El MTS es muy general.

Tiempo de maquinado está por encima del tiempo estándar	adecuada para las tolerancias especificadas.	
	¿Por qué?	Verificar
	El manejo del torno es manual.	El torno se maneja en piso.
	¿Por qué?	Verificar
	No se considero al alcance un CNC.	Las fichas de registro.
	¿Por qué?	Verificar
	El manejo manual del torno permite que establezcamos la tolerancia que se necesita.	El maquinado de bujes.

5.6 Etapa Mejorar

5.6.1 Buscar soluciones fijas a las causas examinadas en los estudios anteriores.

En esta etapa se implementará y validará las alternativas de mejora que rectifican el proceso. Conociendo los factores más importantes que han provocado alterar el tiempo de los procesos y a causa de esto llegar a incumplir con la demanda de los clientes en cuanto al tiempo, se ha buscado establecer estrategias de mejora y son las que se mencionan a continuación:

- Compra de nuevas herramientas, esto con la finalidad de que el operario no tenga que esperar a su otro compañero que deje de usar la herramienta para que después pueda usarlo, esto permite un atraso de 20 min. Por cada herramienta que haga falta en el área.
- Se optó por el premaquinado de bujes testigos, que consiste en un juego de bujes muestra que se ensamblan previamente a la pieza y se determina la cantidad de material que se deberá quitar a cada buje, logrando un ahorro de tiempo.

- Se actualizaron los MTS de ensamble de bujes, para que los operarios puedan tener en piso la información actualizada de cada proceso y en cualquier duda que surja puedan acudir a éstos.
- Se eliminaron movimientos y tiempos innecesarios a través de una redistribución Layout que se hizo en el área de ensamble.
- Se eliminó el uso de prensas de ensamble de bujes en la pieza MF y se sustituyó por un dispositivo manual de ensamble.
- Se decidió cambiar las rimas actuales por una rima de 8 insertos, es decir, éste no necesita ser calibrado y tiene probabilidad que tarde más el filo de los insertos.
- Cambio de aplicador de sellador por uno de inyección, este ahorrará y evitará exceso de material al momento de aplicarlo a cada buje.

A continuación se muestran las evidencias de cada uno de las propuestas llevadas a cabo en el área de ensamble, teniendo como finalidad reducir tiempos e incrementar la capacidad de producción, ver **Figuras 5.19**.

Herramientas de medición nuevos



Figuras 5.19. Herramientas de medición
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.6.2 Premaquinado de bujes testigos

Anteriormente, para quitar el exceso de material en los bujes se realizaba un enmascarado a la pieza alrededor del buje para proteger la pieza de ralladuras al momento de lijar y dejar en correcta dimensión, ahora se ha optado por maquinar bujes testigos, con la finalidad de evitar dañar la pieza y dejar más cerca

el buje de la dimensión que se encuentra en las hojas de registro, ver **Figura 5.20** señalado con **a** y **5.20** señalado con **b**.

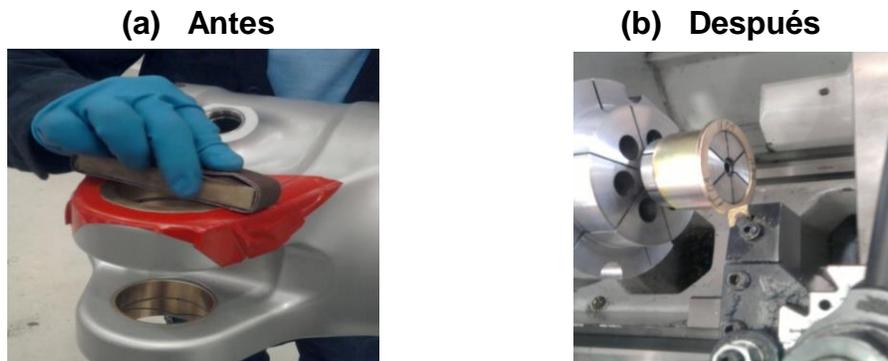


Figura 5.20. Premaquinado de bujes testigos
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.6.3 Actualización de MTS

Esta herramienta permite que los operarios tengan a la mano la información necesaria en caso de alguna duda y así evitar que se pierda más tiempo, ver **Figura 5.21**.

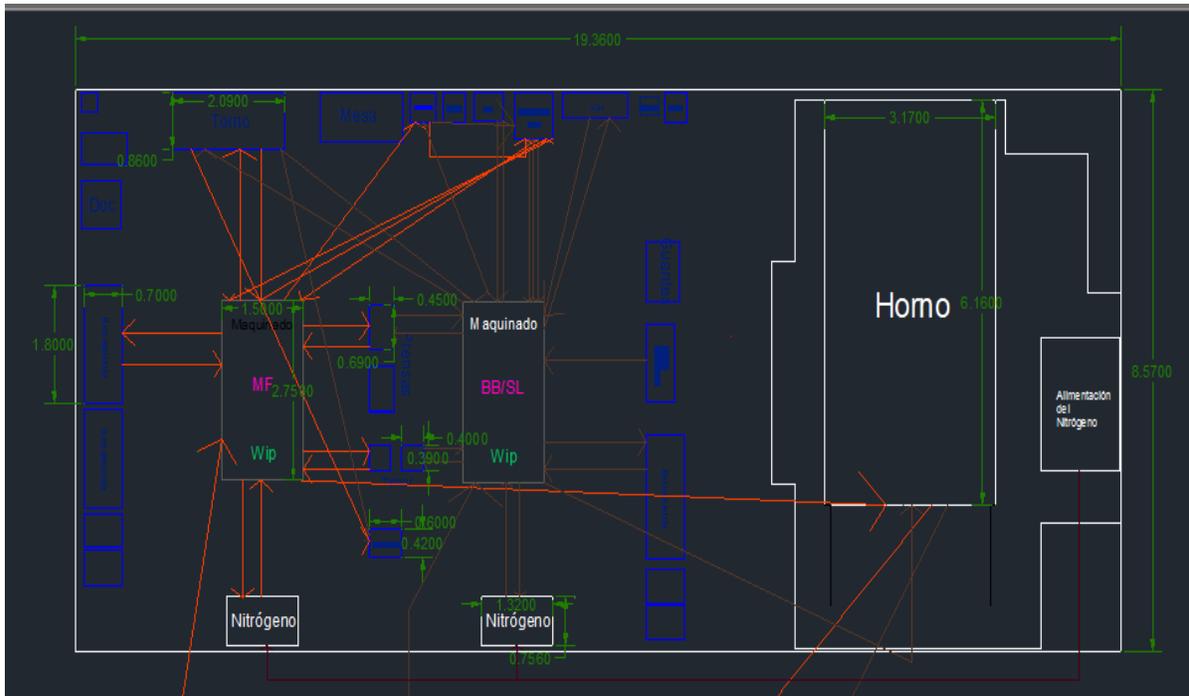


Figura 5.20. Actualización de MTS
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.6.4 Redistribución Layout

Se realizó una redistribución del área de ensamble, con el fin de reducir movimientos y ahorrar tiempo. La redistribución se realizó tomando en cuenta 4 celdas, Maquinado y Ensamble para Main Fitting/Bogie Beam, Rimado y Sellado para Main Fitting/Bogie Beam. Además se realizaron cambios de carros herramientas que consiste en buscar solución al movimiento innecesario que realiza cada operario al momento de ir por su herramienta de trabajo, ver **Figura 5.22** señalado con **a** y **5.22** señalado con **b**. donde se muestra la redistribución inicial del área de ensamble y la redistribución propuesta para la mejora del área.

(a) Antes



(b) Después

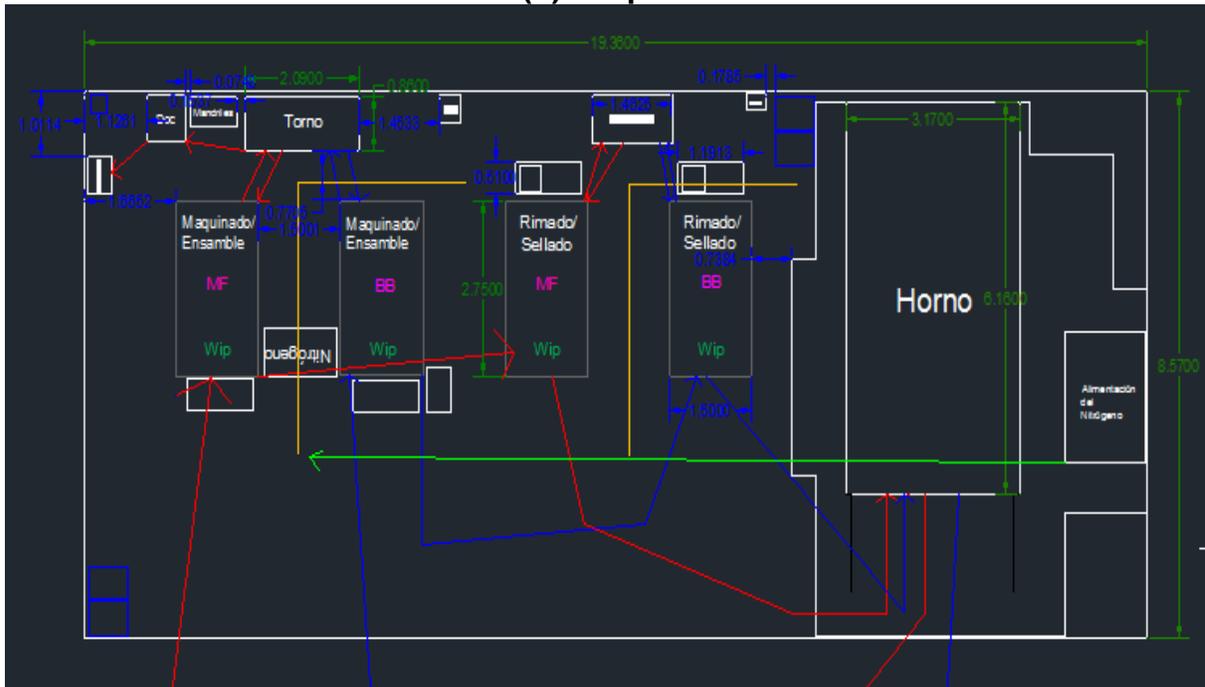


Figura 5.22. Redistribución Layout
(Fuente: Elaboración propia)

5.6.5 Uso de prensa

Con la finalidad de reducir el tiempo y hacer más rápido el ensamble de vulcanos se propone cambiar el ensamble de vulcanos con prensa por el ensamble de vulcanos con dispositivo manual, ver **Figura 5.23** señalado con **a** que es el uso actual de la prensa para el ensamble y **Figura 5.23** señalado con **b** que es la propuesta del nuevo dispositivo de ensamble manual.

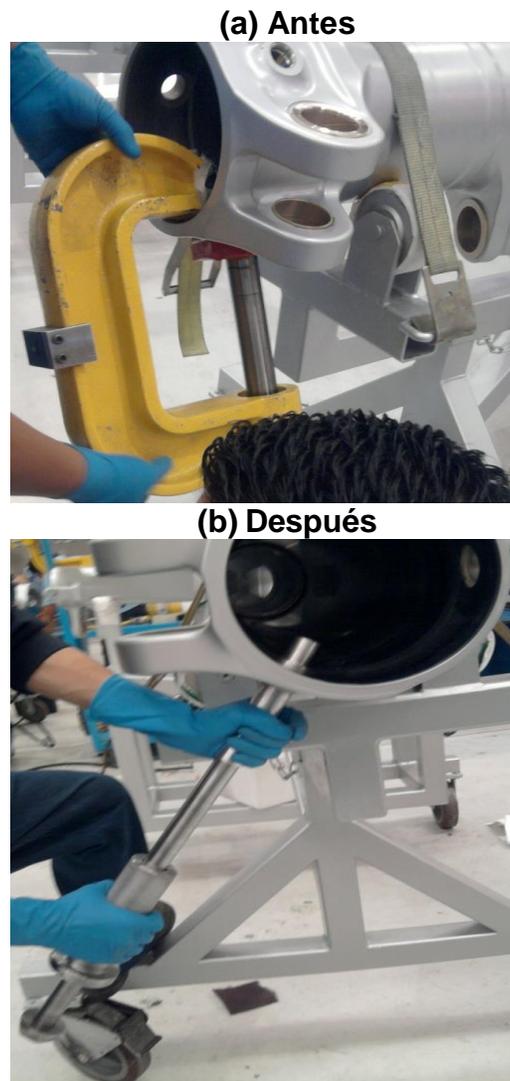


Figura 5.23. Ensamble de vulcanos con dispositivo manual
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.6.6 Cambio de Rimas

Otras de las mejoras que se ha propuesto realizar es el cambio de rimas, es decir, comprar rimas de 8 insertos que estén calibradas para ahorrar el tiempo que se utiliza para calibrar las rimas.

Para llevar a cabo el rimado es necesario calibrar la rima en 30 min. aprox., posteriormente se hace cambio de inserto para continuar con el proceso de rimado, cada inserto es para 7 piezas aproximadamente, lo que provoca una pérdida de tiempo.

Con el nuevo método de rimado, se propone ahorrar tiempo, ya que la rima utilizada cuenta con 8 insertos y prácticamente se encuentra calibrado, ver **Figura 5.24** señalado con **a** y **5.24** señalado con **b** del uso de la rima actual y propuesta para la mejora.

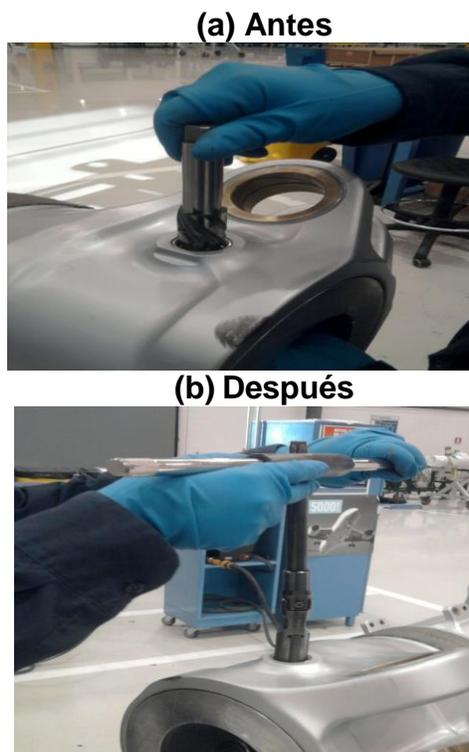


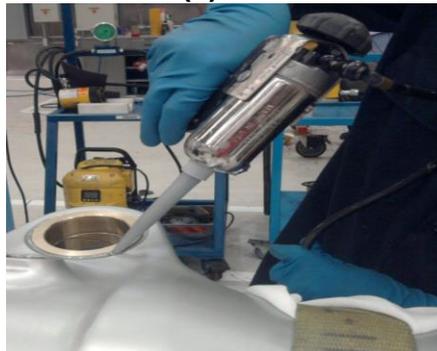
Figura 5.24. Cambio de rimas de 8 insertos
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.6.7 Cambio de aplicador de sellado

Para el proceso de sellado se ocupa 7 minutos para mezclar el producto, la pistola que se utiliza para este proceso nos origina un costo elevado y no ha sido la más adecuada ya que al momento de sellar tenemos exceso de producto en cada buje.

El nuevo método de sellado permite colocar en cada buje la cantidad exacta de sellado sin desperdiciar producto, este nuevo aplicador de sello es más económico y nos ahorra tiempo porque el producto ya viene mezclado, ver **Figura 5.25** señalado con **a** y **5.25** señalado con **b** donde muestra la pistola de sellado que se usa actualmente y el nuevo aplicador propuesto.

(a) Antes



(b) Después



Figura 5.25. Nuevo aplicador de Sellado
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.6.8 Cambio de carro herramental

Finalmente se hizo cambio del carro herramental de la pieza MF por unos carros más ergonómicos, para evitar que los operarios caminen demás y ellos puedan manipular el carro a donde vayan y tengan que realizar la operación a la pieza, ver **Figura 5.26** señalado con **a** y **5.26** señalado con **b** del carro herramental que se usaba anteriormente y el propuesto para la mejora.

(a) Antes



(b) Después



Figura 5.26. Carros ergonómicos
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.7 Etapa Control

5.7.1 Formatos de control

Es importante llevar a cabo la última fase de la adecuación de la metodología DMAIC (Controlar), ya que nos permitirá mantener a un ritmo las mejoras que se han implementado en el área de ensamble MF, logrando así sostener los beneficios y el cumplimiento de las entregas a tiempo de las piezas MF.

La fase de controlar permite ir analizando paso a paso los cambios que se realizaron, así como también visualizar que el proceso no se descontrole y se mantenga al ritmo de las mejoras implementadas.

A continuación se muestra un formato propuesto para llevar a cabo el control dentro del área de ensamble MF y de esta manera se pueda ver si el proceso sigue marchando bien o está teniendo nuevamente algunos puntos fuera de control, ver **Figura 5.27** algunos puntos mencionados en el formato de control son:

- Definición del problema
- Elaboró y revisó
- Fecha
- Desperdicios que se presenta en el área
- Objetivo
- Tipo de mejora
- Modelo
- Descripción de la operación
- Problema desde
- Donde se encuentra el problema, etc.

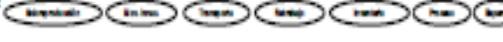
P L A N	FOCA 1.0 Definición del problema:		FOCA 2.1- Causa de peso		Descripción:	
	Elaboró: _____ Revisó (Cheó Sup.): _____		For (Just): _____		For (Just): _____	
	Fecha: _____ Referencia: _____ Área: _____		For (Just): _____		For (Just): _____	
	Dispersión: 		For (Just): _____		For (Just): _____	
	Descripción del Desperdicio:		For (Just): _____		For (Just): _____	
	Objetivo:		For (Just): _____		For (Just): _____	
	Tipo de Mejora: 		For (Just): _____		For (Just): _____	
	1.1- Modelo(s):		1.2 Descripción de Operación:		4.0 Plan de acciones correctivas a corto y largo plazo	
	1.2- Problema desde:		1.4- Donde se encuentra el defecto:		1.3- Punto de Ocurriencia:	
	1.3- Punto de Ocurriencia:		Responsable		Fecha	
2.0 Contención (Acción Correctiva Inmediata)		Responsable		Fecha		
2.0 Análisis Causa Raíz (La Causa Diagrama Fish)		Avance		Avance		
3.0 Conclusiones (Soluciones Adoptadas):		C H E C E O		5.0 Otras áreas donde se puede aplicar:		
Fecha de Auditoría: 60 días_ 90 días_ 120 días_ 180 días_ 360 días_		Nombre auditor:		Firma:		
5.0- Logros:		5.1 -/Visiones no medibles:		ANTES		
Método		Material		DEPUES		
Máquina		Medio Ambiente		A C T U A R		
Método		Material		Método		
Máquina		Medio Ambiente		Problemas:		
Método		Material		Método		
Máquina		Medio Ambiente		Material		
Método		Material		Medición		

Figura 5.27. Formato de control
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.7.2 Evidencia de mejora

El siguiente formato propuesto es de Evidencia de mejora, es decir en este formato se muestra el antes y después de un proceso, o los cambios de herramientas que se hacen dentro del área, ver **Figura 5.28**.

EVIDENCIA DE MEJORA				
Departamento (Nombre):	Máquina / Proceso Administrativo:	Objetivo de la mejora:	Fecha Kaizen #	MEJORA
Área: Ensamble	Operación / Actividad:			COMPLETIVA <input type="checkbox"/>
Fecha:	Fecha de Implementación:			IMPACTIVA <input type="checkbox"/>
Tipo de mejora: Proceso <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Higiene <input type="checkbox"/> Medio ambiente <input type="checkbox"/>				
ANTES <div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div> Descripción de la Situación Anterior		DESPUÉS <div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div> Descripción de la Situación Actual		
Beneficios obtenidos: Tiempo Ahorrado: _____ Descripción: _____		Tiempo Invertido: _____ Materiales, Herramientas, etc.: _____		
Nombre de Implementadores y/o Colaboradores: _____		Recursos Utilizados: _____		

Figura 5.28. Formato de evidencia de mejora
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

5.7.3 Formato Check List

Otro formato propuesto es el Check List, que permite que los operarios se involucren más en el proceso y de cierta forma estén revisando constantemente para alertar en cualquier descontrol que el proceso llegara a tener, o bien, seguir un control estable del proceso, ver **Figura 5.29**.

			20 de enero - 20 de febrero																	
PROCESO: ENSAMBLE																				
DESCRIPCION: ENSAMBLE DE BUJES																				
No. de act.	Actividad a realizar	Status	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
1er Turno	1 Revisar que la pieza lleve su hoja de ruta.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2 Revisar que este sellado del proceso previo.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3 Revisar que dentro de los documentos se encuentre la hoja de registro de la pieza.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4 Revisar el codigo de la hoja de registro.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5 Revisar que la pieza tenga una hoja de registro donde especifique cuales son buje PA.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2do. Turno	1 Revisar que la pieza lleve su hoja de ruta.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2 Revisar que este sellado del proceso previo.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3 Revisar que dentro de los documentos se encuentre la hoja de registro de la pieza.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4 Revisar el codigo de la hoja de registro.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5 Revisar que la hoja pieza una hoja de registro donde especifique cuales son buje PA. Revisar que la pieza lleve su hoja de ruta.	ok no ok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 5.29. Check List área de ensamble
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

Capítulo 6. Resultados

6.1 Resultado de la Metodología

Los resultados obtenidos del proyecto aplicando la adecuación de la metodología DMAIC se explica en el desarrollo de este capítulo.

Después de considerar todas las mejoras mencionadas anteriormente y haberlas implementado, se realizó nuevamente un estudio de tiempos, hojas de mapeo, evidencias de mejora y una gráfica de tendencia lineal que muestra los cambios de tiempo que surgieron al momento de implementar todos los cambios de mejora.

6.1.1 Registro de nuevo tiempo pieza AMBE1109

Primeramente se realizó el estudio de movimientos y tiempos a 4 piezas MF las cuales se registraron en las hojas de mapeo, con la finalidad de comparar y ver las disminuciones que se lograron en cuanto al tiempo. Cabe mencionar que en el primer registro de tiempos que se realizó implementados los cambios, se logró un tiempo de 10.31 horas con un ahorro de 6.04 horas con la pieza AMBE1109 lo que equivale al 37% de mejora, ver **Figura 6.1**.

6.1.2 Registro de nuevo tiempo pieza AMBE1143

El segundo registro de tiempos fue con la pieza AMBE1143 registrando un tiempo de 11.34 horas y un ahorro de 5.01 horas lo que equivale al 31% de mejora en el tiempo, ver **Figura 6.2**.

PROCESS MAPPING SHEET							Date :	02-Oct-12	
							Page	1 De 2	
COMPANY : MESSIER-DOWTY									
PART NUMBER / PROCESS : Ensemble Main Fitting AMBE1109 Op. 200-400									
No	PROCESS STEP	Operation ○	Inspection □	Transport ⇒	Delay D	Storage ▽	Time (Min)	Distance (M)	
1	Ir por pieza Main Fitting						2.18		
2	Desengrasar pieza y bujes con mek						2.10		
3	Aplicar molycote a cada buje						1.38		
4	Retirar exceso con toalla limpia						0.59		
5	Ir por tina de nitrogeno						1.55		
6	Sumerger bujes en nitrogeno						5.38		
7	Maquinar bujes AB, AD, AC, RL, RR, U, V, OB, IB						40.00		
8	Ir por dispositivo de ensamble						0.42		
9	Enmascarar dispositivo con cinta						1.21		
10	Ensamble de bujes						20.03		
11	Ensamble de volcanos RL, RR, IC, IL, IR						20.09		
13	Rociar Loctite 7441 y Loctite 263 al buje LS						0.23		
15	Instalar buje LS						2.52		
17	Inspeccion de ensamble con lana						2.36		
18	Ensamble de grasera						3.35		
19	realizar chaflan (quitar filos)						3.54		
20	Medir conductividad entre bujes						1.20		
21	Realizar registro de mediciones						0.52		
22	Ir por herramienta de rimado						0.57		
23	Ensamble de bastago con rima						0.53		
24	Encender tensor						0.16		
25	Colocar dispositivo de rimado						0.14		
26	Inicio de rimado						240.00		
27	Aplicar aceite a los bujes de rimado						0.16		
28	Ir por dispositivo queso para volcanos						0.59		
29	Ir por maneral de honeadora manual						0.54		
30	Colocar e inicio de rimado de volcanos						60.00		
31	Aplicar acuacut durante el rimado						0.15		
32	Medir diametro de volcanos						1.42		
33	Ir por machuelo						0.26		
34	Realizar operación con el machuelo						2.35		
35	Dimensionar bujes IC,IR,IL,RR Y RL						0.58		
36	Verificar medidas con dispositivos go-notgo						3.59		
37	Ir y realizar el mezclado de sellado						11.42		
38	Limpiar zonas a sellar con mek						1.42		
39	Aplicar Primer						2.34		
40	Iniciar sellado						87.00		
41	Limpiar exceso de Sealant						0.55		
42	Inspeccion que no exita poros						3.24		
43	Limpiar pieza de residuos de sealant						1.25		
44	Llevar pieza a horno						1.57		
45	Programar graficadora del horno						0.27		
46	Introducir pieza al horno						90.00		
Total No		476.14	11.81	7.84	122.96	0	618.75	0	
Grand Total No		618.75							

Figura 6.1. Mapeo de proceso AMBE1109 MF
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

PROCESS MAPPING SHEET							Date :	29-Oct-12	
							Page	1 De 2	
COMPANY : MESSIER-DOWTY									
PART NUMBER / PROCESS : Ensamble Main Fitting AMBE1143 Op. 200-400									
No	PROCESS STEP	Operation ○	Inspection □	Transport →	Delay D	Storage ▽	Time (Min)	Distance (M)	
1	Ir por pieza Main Fitting						2.37		
2	Desengrasar pieza y bujes con mek						2.33		
3	Aplicar molycote a cada buje						1.38		
4	Retirar exceso con toalla limpia						1.19		
5	Ir por tina de nitrogeno						1.58		
6	Sumerger bujes en nitrogeno						5.32		
7	Maquinar bujes AB, AD, AC, RL, RR, U, V, OB, IB						40.43		
8	Ir por dispositivo de ensamble						0.49		
9	Enmascarar dispositivo con cinta						1.21		
10	Ensamble de bujes						22.56		
11	Ensamble de volcanos RL, RR, IC, IL, IR						20.15		
13	Rociar Loctite 7441 y Loctite 263 al buje LS						0.43		
15	Instalar buje LS						2.52		
17	Inspeccion de ensamble con laina						2.38		
18	Ensamble de grasera						3.30		
19	realizar chafian (quitar filos)						3.58		
20	Medir conductividad entre bujes						1.25		
21	Realizar registro de mediciones						0.55		
22	Ir por herramienta de rimado						0.57		
23	Ensamble de bastago con rima						0.59		
24	Encender tensor						0.16		
25	Colocar dispositivo de rimado						0.14		
26	Inicio de rimado						243.07		
27	Aplicar aceite a los bujes de rimado						0.16		
28	Ir por dispositivo queso para volcanos						0.59		
29	Ir por maneral de honeadora manual						0.54		
30	Colocar e inicio de rimado de volcanos						65.54		
31	Aplicar acuacut durante el rimado						0.29		
32	Medir diametro de volcanos						1.40		
33	Ir por machuelo						0.30		
34	Realizar operaci3n con el machuelo						45.12		
35	Dimensionar bujes IC,IR,IL,RR Y RL						0.58		
36	Verificar medidas con dispositivos go-notgo						1.12		
37	Ir y realizar el mezclado de sellado						11.42		
38	Limpiar zonas a sellar con mek						1.47		
39	Aplicar Primer						2.37		
40	Iniciar sellado						95.00		
41	Limpiar exceso de Sealant						0.63		
42	Inspeccion que no exita poros						3.24		
43	Limpiar pieza de residuos de sealant						1.41		
44	Llevar pieza a horno						1.53		
45	Programar graficadora del horno						0.32		
46	Introducir pieza al horno						90.00		
Total No		538.60	9.39	8.13	124.46	0	680.58	0	
Grand Total No		680.58							

(Figura 6.2. Mapeo de proceso AMBE1143 MF)
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

6.1.3 Registro de nuevo tiempo pieza AMBEM00019

El tercer registro de tiempos fue con la pieza AMBEM00019 registrando un tiempo de 10.43 horas con un ahorro de 5.92 horas lo que equivale al 36% de mejora, ver **Figura 6.3.**

PROCESS MAPPING SHEET							Date :	30-Oct-12
							Page	1 De 2
COMPANY : MESSIER-DOWTY								
PART NUMBER / PROCESS : Ensamble Main Fitting AMBEM00019 Op. 200-400								
No	PROCESS STEP	Operation ○	Inspection □	Transport ⇒	Delay D	Storage ▽	Time (Min)	Distance (M)
1	Ir por pieza Main Fitting						2.23	
2	Desengrasar pieza y bujes con mek	●					2.15	
3	Aplicar molycote a cada buje	●					1.45	
4	Retirar exceso con toalla limpia	●					1.09	
5	Ir por tina de nitrogeno						1.58	
6	Sumerger bujes en nitrogeno	●					5.32	
7	Maquinar bujes AB, AD, AC, RL, RR, U, V, OB, IB	●					45.00	
8	Ir por dispositivo de ensamble						0.51	
9	Enmascarar dispositivo con cinta	●					2.41	
10	Ensamble de bujes	●					20.45	
11	Ensamble de volcanos RL, RR, IC, IL, IR	●					22.13	
13	Rociar Loctite 7441 y Loctite 263 al buje LS	●					0.43	
15	Instalar buje LS	●					3.59	
17	Inspeccion de ensamble con laina		●				2.38	
18	Ensamble de grasera	●					3.30	
19	Realizar chafan (quitar filos)	●					3.58	
20	Medir conductividad entre bujes		●				6.57	
21	Realizar registro de mediciones	●					0.53	
22	Ir por herramienta de rimado						0.57	
23	Ensamble de bastago con rima	●					0.55	
24	Encender tensor	●					0.17	
25	Colocar dispositivo de rimado	●					0.23	
26	Inicio de rimado	●					225.56	
27	Aplicar aceite a los bujes de rimado	●					0.16	
28	Ir por dispositivo queso para volcanos						0.59	
29	Ir por maneral de honeadora manual						0.54	
30	Colocar e inicio de rimado de volcanos	●					60.07	
31	Aplicar acuacut durante el rimado	●					0.29	
32	Medir diametro de volcanos		●				3.05	
33	Ir por machuelo						0.30	
34	Realizar operación con el machuelo	●					2.36	
35	Dimensionar bujes IC,IR,IL,RR Y RL	●					0.58	
36	Verificar medidas con dispositivos go-notgo		●				1.12	
37	Ir y realizar el mezclado de sellado	●					11.42	
38	Limpiar zonas a sellar con mek	●					1.47	
39	Aplicar Primer	●					2.37	
40	Iniciar sellado	●					93.00	
41	Limpiar exceso de Sealant	●					0.63	
42	Inspeccion que no exita poros		●				3.24	
43	Limpiar pieza de residuos de sealant	●					1.23	
44	Llevar pieza a horno						1.43	
45	Programar graficadora del horno	●					0.32	
Total No		476.33	16.36	7.92	125.34	0	625.95	0
Grand Total No				625.95				

Figura 6.3. Mapeo de proceso AMBEM00019 MF
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

6.1.4 Registro de nuevo tiempo pieza 11MBD4049

El cuarto registro de tiempos fue con la pieza 11MDM4049 registrando un tiempo de 10.57 horas y un ahorro de 5.78 horas lo que equivale al 35% de mejora, ver **Figura 6.4.**

PROCESS MAPPING SHEET							Date :	5-Nov-12
							Page	1 De 2
COMPANY : MESSIER-DOWTY								
PART NUMBER / PROCESS : Ensamble Main Fitting 11MDM4049 Op. 200-400								
No	PROCESS STEP	Operation ○	Inspection □	Transport ⇒	Delay D	Storage ▽	Time (Min)	Distance (M)
1	Ir por pieza Main Fitting						2.33	
2	Desengrasar pieza y bujes con mek						2.11	
3	Aplicar molycote a cada buje						1.52	
4	Retirar exceso con toalla limpia						3.21	
5	Ir por tina de nitrogeno						1.47	
6	Sumerger bujes en nitrogeno						5.35	
7	Maquinar bujes AB, AD, AC, RL, RR, U, V, OB, IB						46.05	
8	Ir por dispositivo de ensamble						0.51	
9	Enmascarar dispositivo con cinta						2.41	
10	Ensamble de bujes						21.06	
11	Ensamble de volcanos RL, RR, IC, IL, IR						22.32	
13	Rociar Loctite 7441 y Loctite 263 al buje LS						0.50	
15	Instalar buje LS						2.48	
17	Inspeccion de ensamble con lana						2.05	
18	Ensamble de grasera						3.42	
19	Realizar chaflan (quitar filos)						5.21	
20	Medir conductividad entre bujes						6.50	
21	Realizar registro de mediciones						0.42	
22	Ir por herramienta de rimado						0.47	
23	Ensamble de bastago con rima						0.55	
24	Encender tensor						0.19	
25	Colocar dispositivo de rimado						0.23	
26	Inicio de rimado						236.54	
27	Aplicar aceite a los bujes de rimado						0.18	
28	Ir por dispositivo queso para volcanos						0.58	
29	Ir por maneral de honeadora manual						0.57	
30	Colocar e inicio de rimado de volcanos						55.13	
31	Aplicar acuacut durante el rimado						0.21	
32	Medir diametro de volcanos						3.01	
33	Ir por machuelo						0.29	
34	Realizar operaci3n con el machuelo						2.36	
35	Dimensionar bujes IC,IR,IL,RR Y RL						0.58	
36	Verificar medidas con dispositivos go-notgo						1.12	
37	Ir y realizar el mezclado de sellado						11.42	
38	Limpiar zonas a sellar con mek						1.47	
39	Aplicar Primer						2.37	
40	Iniciar sellado						90.02	
41	Limpiar exceso de Sealant						0.58	
42	Inspeccion que no exita poros						4.52	
43	Limpiar pieza de residuos de sealant						1.35	
44	Llevar pieza a horno						1.43	
45	Programar graficadora del horno						0.32	
46	Introducir pieza al horno						90.00	
Total No		480.25	17.20	7.84	129.12	0	634.41	0
Grand Total No				634.41				

Figura 6.4. Mapeo de proceso 11MBD4049 MF
(Fuente: Grupo Safran Planta Messier Bugaty Dowty)

6.2 Gráfica de Tendencia Lineal

En la siguiente gráfica de tendencia lineal se muestra de manera más detallada como se ha mejorado el tiempo, la tendencia que se muestra a continuación del proceso de ensamble es a partir del mes de julio al mes de octubre, ver **Figura 6.5**.



Gráfica 6.5. Gráfica de Tendencia Lineal
(Fuente: Elaboración propia)

6.3 Tiempo Real, Mejorado y Objetivo MF

En la siguiente tabla se muestra los tiempos actuales de cada uno de los procesos del área de ensamble, tiempo actual del mes de octubre y el tiempo objetivo de la pieza MF, ver **Tabla 5.11**; los tiempos se observan gráficamente en la **Figura 6.6**.

Tabla 5.11. Datos del proceso mes Octubre
(Fuente: Elaboración propia)

	Maquinado	Ensamble	Sellado	Rimado
Tiempo actual	3.5	3.5	4.5	4.75
Tiempo actual mes Octubre	1.8	1.5	3	4.5
Objetivo	1.4	1	1.1	2

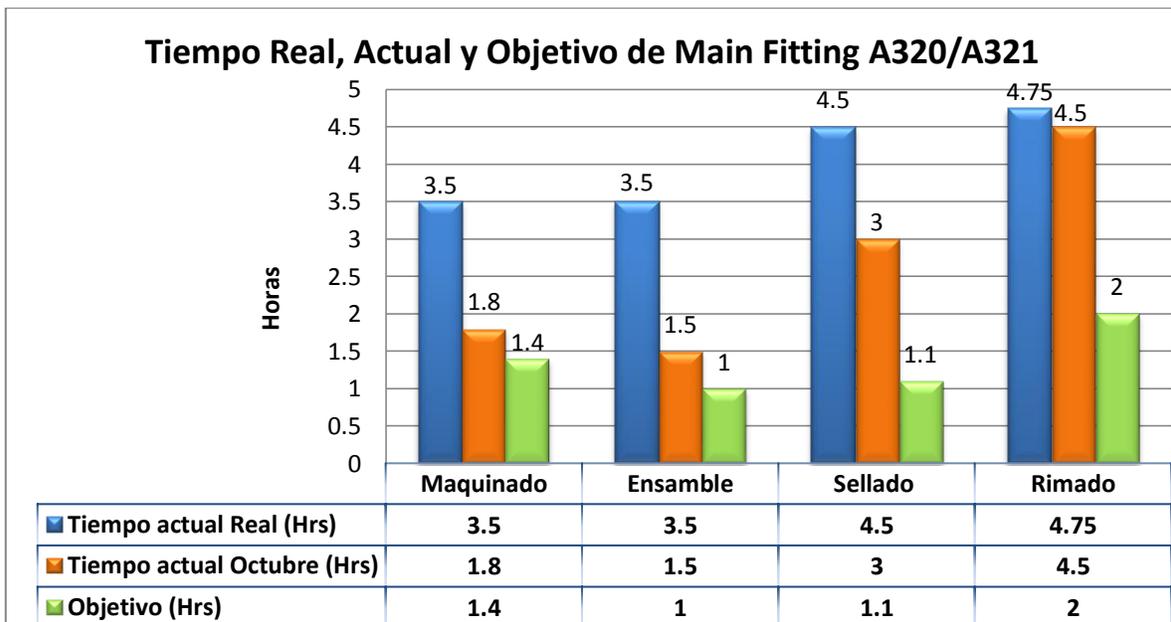


Figura 6.6. Tiempos de proceso mes de Octubre
(Fuente: Elaboración propia)

6.4 Estudio de movimientos y tiempos

En la **Figura 6.7** se muestra los tiempos de 4 piezas de MF que se tomaron para analizar el tiempo y ver si se logró alguna mejora y se concluye que hay una disminución del tiempo en el proceso en cada una de ellas, la pieza AMBE1143 con un tiempo de 11.34 el más alto y la pieza AMBEM00019 con un tiempo de 10.43 horas el más bajo, logrando así obtener un promedio de las 4 piezas de 10.78 horas lo que refleja un ahorro de 5.47 horas que equivale al 34% de mejora.

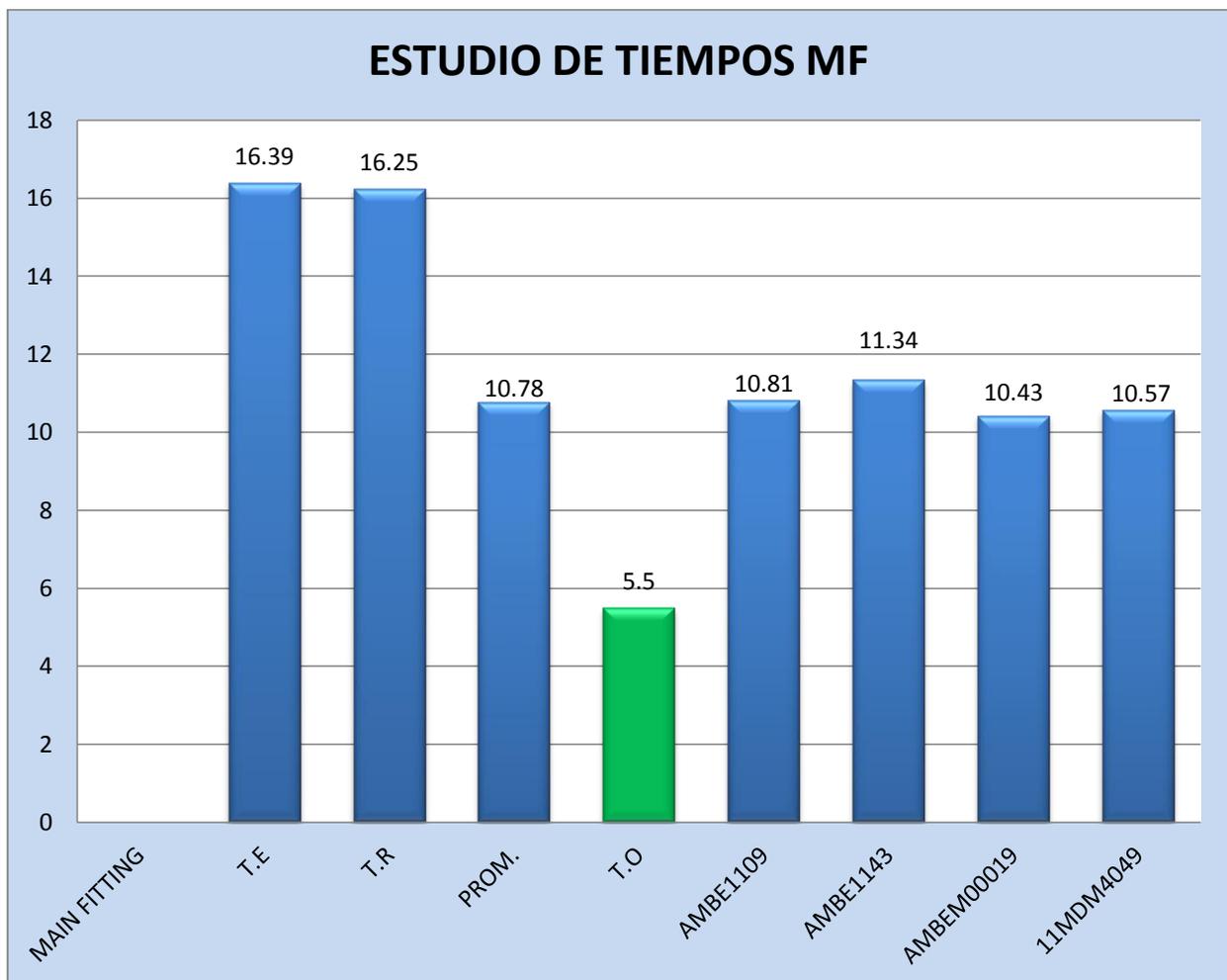


Figura 6.7. Gráfica de Estudios de tiempos MF
(Fuente: Elaboración propia)

Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

En la realización de este proyecto se logra apreciar el uso de la adecuación de la metodología DMAIC y cómo el control junto con la constancia por parte de los involucrados de un problema, pueden sacar buenos resultados trabajando en equipo.

Un paso clave en el desarrollo de este proyecto es el diagnóstico que permite determinar factores que son considerados la raíz del problema de la falta de cumplimiento en la entrega a tiempo de producto a los clientes.

Cada una de las actividades desarrolladas es producto de la metodología propuesta, que permite no solo resolver un problema, sino la posibilidad de retroalimentar el sistema del proceso y continuamente estar mejorando.

Las propuestas de mejora desarrolladas en el proyecto han permitido obtener resultados a beneficio económico de la empresa y mejoras en las entregas a tiempo de las piezas a los clientes.

Se ha logrado hacer cambios de equipos herramientales tales como la prensa de vulcanos que se cambio por un dispositivo manual, elaboración del MTS de bujes, premaquinado de bujes, nuevos carros herramientales, nuevo aplicador de sello, nuevas rimas de 8 insertos y una redistribución Layout.

Los cambios realizados en el área de ensamble en todos los procesos ha permitido lograr una disminución del tiempo de 16.25 horas a 10.43 horas, logrando un promedio de 10.48 horas que equivale al 36% de mejora en el área de ensamble MF.

Además ha permitido a los miembros del departamento del área de ensamble MF la situación real del proceso de la pieza MF y determinar cuáles son

las fallas que tienen mayor impacto en las actividades para tomar decisiones pertinentes.

Los ahorros obtenidos en el periodo en que las propuestas pudieron ser implementadas son relevantes a pesar de contar con limitantes de tiempo y colaboración por parte de algunos participantes.

7.2 Recomendaciones

Para mejorar el proyecto se deben tomar en cuenta algunas recomendaciones que permitirán obtener los resultados deseados.

Evaluar constantemente los resultados del área de ensamble MF, a través de todas las herramientas utilizadas anteriormente para mantener el nuevo rumbo de todos los procesos y de esta manera conseguir más disminución del tiempo.

Uno de los factores que determinarán la naturaleza de los resultados será la constancia y el compromiso por parte de los involucrados, pues sobre ellos recae la responsabilidad de la estabilidad del departamento.

El trabajo en equipo es otro factor muy importante tomar en cuenta ya que los mejores resultados se obtienen de esta manera, involucrar a todo el personal en las actividades que se pretenden realizar ayuda a los empleados a sentirse parte de lo que se quiere alcanzar, es importante explicar cuáles serán los beneficios que se pueden obtener si se cumplen los objetivos.

Cabe recabar que la participación y compromiso por parte de los supervisores del área de ensamble es fundamental para el desarrollo de este proyecto pues cada una de las propuestas necesitará de su apoyo y colaboración obviamente con los demás miembros del equipo.

Fuente de información

BIBLIOGRAFÍA

1. Bodek, Norman. (1988) Sistema de Producción de Toyota: Más allá de la gran producción. Portland, Oregón: Productivity Press. ISBN 0-915299-14-3
2. Brue, Greg. (2003). Seis Sigma para Directivos: Ed. Mc Graw Hill.
3. Escalante, E. (2008). Seis Sigma: Metodología y Técnicas. México: Ed. Limusa.
4. Galindo, M. (1991) Fundamentos de Administración. México; Ed. Trillas.
5. Gaspersz, Vincent. (2007). Lean Six Sigma.
6. Grant, E. (2005). Control Estadístico de la Calidad. 3° Ed. CECSA. México.
7. Hernández Sampieri, R. (2006). Metodología de la Investigación. 3° Ed. Mc. Graw Hill. México.
8. Ortiz Uribe, F. (2006). Metodología de la Investigación: EL Proceso y sus Técnicas. Ed. Limusa, México.
9. Scherkenbac, W. (2005). La Ruta Deming Hacia la Mejora Continua. 4° Ed. CECSA. México.
10. Vaughn, C. (2007). Control de Calidad. Limusa. México.

ANEXO 1.

Deseamos conocer la satisfacción de los clientes, para la cual solicitamos su participación. La presente encuesta es totalmente anónima y sus resultados se utilizarán para mejorar el buen aprovechamiento de los recursos que nos proporciona la empresa.

Le damos las gracias anticipadamente por su colaboración.

Instrucciones: Marca con una "X" la opción que creas conveniente según la pregunta.

1. ¿Considera que la organización es un buen lugar para trabajar?

Sí

No

2. Conozco y comprendo la Visión y Misión de la empresa?

Sí

No

3. ¿Estoy satisfecho y comprometido con mi trabajo?

Poco

Mucho

Nada

4. ¿Mi supervisor me mantiene bien informado?

Siempre

Nunca

A veces

5. De los factores que se menciona, ¿Cuál cree que es el que afecte tanto en tú área de trabajo?

Sí No

18. ¿Existen planes para la determinación de los niveles de desperdicio?

Sí No

19. ¿Existen planes de capacitación para el personal?

Sí No

20. ¿Se hace uso de equipos de trabajo a los efectos de la mejora en temas de calidad?

Sí No

21. ¿Se tienen detectados los diferentes tipos de tiempos y movimientos innecesarios?

Sí No

22. ¿De los 4 tipos de procesos de la pieza MF, cual ocupa mayor tiempo?

Maquinado Ensamble Sellado Rimado

23. ¿Se cumple con los requerimientos de tiempo en cada uno de los procesos?

Sí No

ANEXO 2.

 <p>SAFRAN Messier-Bugatti-Dowty Querétaro, México</p>	MTS		Documento / Doc. No. : MTS-BUJ-013						
	ENSAMBLE DE BUJES -MAIN FITTING		Revisión / Issue : 1						
	ASSEMBLY BUSHINGS - MAIN FITTING		Fecha de Rev / Issue date : 13-sep-12						
			Maquina / Machine : ASSY						
0. Control de cambios		0. Changes control							
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Revisión / Issue</th> <th style="width: 15%;">Fecha / Date</th> <th style="width: 70%;">Modificación / Changes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">13-sep-12</td> <td style="text-align: center;">Creación del documento / Document creation</td> </tr> </tbody> </table>		Revisión / Issue	Fecha / Date	Modificación / Changes	1	13-sep-12	Creación del documento / Document creation
Revisión / Issue	Fecha / Date	Modificación / Changes							
1	13-sep-12	Creación del documento / Document creation							
1. Objetivo		1. Objective							
<p>Describir el procedimiento general de ensamble de Slider B787.</p> <p> Nota: Es responsabilidad de los usuarios de este documento, informar al departamento de métodos de procesos especiales en caso de faltantes de información y/o posibles mejoras.</p>		<p>Describe the general procedure assembly of Slider B787.</p> <p> Nota: It is responsibility of the users of this document to inform to special process methods department in case of missing information and/or improvements.</p>							
2. Alcance		2. Scope							
<p>Todas las piezas Slider B787 fabricadas en Messier-Bugatti-Dowty Querétaro. No Referencia: 52Z2001-2</p>		<p>All parts Slider B787 manufactured in Messier-Bugatti-Dowty Querétaro. No Reference: 52Z2001-2</p>							
3. Referencias		3. Reference							
<ul style="list-style-type: none"> * MTS Buj 001 Procedimiento General de Ensamble de buje * MTS BUJ 004 Manipulation of nitrogen * PCS 5303 Aplicación de Loctite * PCS T310 Instalación apropiado de lubricación * PCS 2800 Corrosión temporal y piezas de protección de daños 		<ul style="list-style-type: none"> * MTS BUJ 001 General Procedure Bushing Assembly * MTS BUJ 004 Manipulation of nitrogen * PCS 5303 Application of Loctite * PCS T310 Lubrication Fitting Installation * PCS 2800 Temporary corrosion and damage protection parts 							
Elaboró / Prepared by	Revisó / Reviewed by:	Aprobó / Approved by:							
Roxana JIMENEZ Métodos Procesos Especiales / Special Process Methods	Gerardo Valdez Métodos Procesos Especiales / Special process Salvador Balderas Lider de producción / Production leader Luis Pedro Vargas Calidad P.E. / Special Process Quality	Antonio Muñoz Gerente de Procesos Especiales / Special Process Manager Christine Camborde Gerente de Calidad / Quality Manager							

Página 1

DRAFT

4. Procedimiento

4.1 Manipulación del nitrógeno

4.1 Manipulation of nitrogen

					
<p>1</p>	<p>Colocarse el equipo de protección obligatorio. / Wear the protective equipment required.</p>	<p>2</p>	<p>Conectar la manguera al dewar de nitrógeno, apretar moderadamente con una llave périca. / Connect the hose to the nitrogen dewar, moderately tighten with a wrench perica.</p>	<p>3</p>	<p>Checar que el indicador del contenedor este entre 20 y 25 kg/cm². / Check the indicator of the container is between 20 and 25 kg/cm².</p>
					
<p>4</p>	<p>Checar que la llave de para de la cámara este cerrada. Colocar la manguera a la cámara y apretar con la llave perica antes de abrir. / Check that the stopcock of the camera is closed. Place the hose to the camera and interpret the key perica before opening.</p>	<p>5</p>	<p>Abrir la llave de paso del contenedor. Después abrir la llave de paso de la cámara criogénica. / Open the stopcock of the container. After opening the stopcock cryogenic chamber.</p>	<p>6</p>	<p>Esperar de 10 a 15 minutos para el llenado de la cámara. / Wait 10 minutes to fill the chamber.</p>



7

Usar una llave, cerrar la llave de paso, retirar la manivela de la cámara y abrir la tapa con cuidado de no salirse. / Use a key, close the valve, remove the camera handle and open the lid carefully to avoid splashing.



8

Desengrasar, con MEK y un trapo limpio, cada una de las bujías, antes de introducirlos en Nitrogeno. / Degrease with MeK and a clean, each of the hubs, before introducing nitrogen.



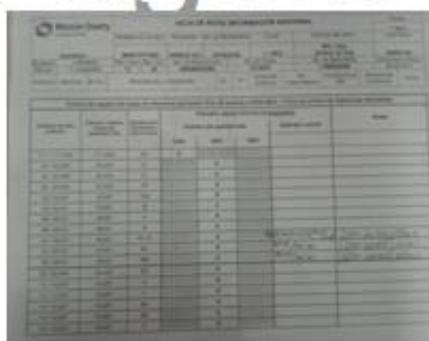
9

Utilizar la canastilla para introducir las bujías en el nitrógeno, incluyendo las que se maquinaron previamente. / Using the hubs in nitrogen, including those previously plotted.



10

Dejar los bujes dentro del nitrógeno 10 minutos aproximadamente o hasta que el nitrógeno deje de burbujear. / Let nitrogen bushings within approximately 10 minutes or until bubbling ceases nitrogen.



11

Revisar la hoja de registro emitido por maquinados, para conocer cuáles serán los bujes PA que se van a ensamblar. / Check the log sheet issued by machining, to know which will be the hubs PA to be assembled.



***NOTA:**
Si la dimensión de los barrenos no está dentro de la especificación, llamar a métodos y calidad de Procesos Especiales para coordinar si el buje colgará con PA.
- Instalar buje PA conforme MTS BUJ 013.
- Hacer el montaje de la pieza como PA.
- Ver MTS de montaje eléctrico.

4.2 Proceso de ensamble de Main Fitting

4.2 Assembly process of Main Fitting.



1 Ir por carro especial para SLIDER B 787 ENSAMBLE/
Go to the special car to assembly SLIDER B 787 GP-00

2 Utilizar equipo adecuado y desengrasar todos los barrenos de pieza y los bujes con toallas impregnadas de Mck. *Use proper equipment and degrease all holes and bushings Part towels impregnated with Mck.*



Molykote DX



Polvo de zinc

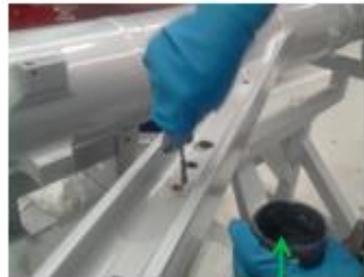


LS

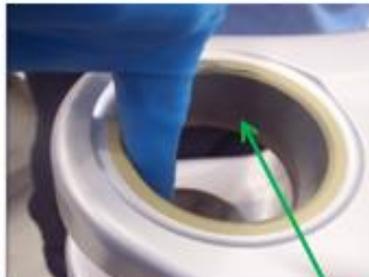
3 Preparar una mezcla de Molykote DX + polvo de zinc. *Prepare a mixture of Molykote DX + zinc powder.*

4 Mezclar 60gr. De polvo de zinc y 40gr de molykote. Revolver la mezcla hasta que no quede ningun gramo. *Mix 60g. Zinc powder and 40g of Molykote. Stir the mixture until there are no lumps.*

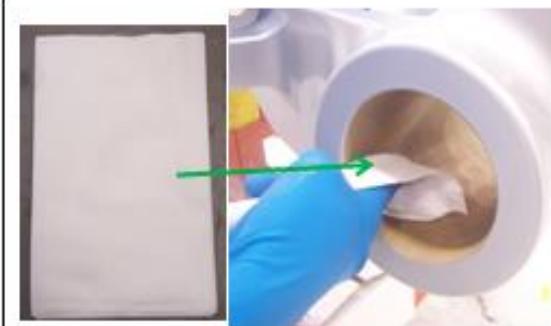
5 La mezcla se aplicará en todos los barrenos excepto en el buje LS de Main Fitting. *The mixture is applied in all holes except the hole of Main LS fitting.*



Mezcla



Interior de Barrenos



6

Aplicar mezcla en el interior de los barrenos antes de ensamble de bujes. / Apply mixture inside the drill bushing assembly before.

7

Retirar el exceso con una toalla limpia (sin MEK). / Remove excess with a clean towel (without MEK).



8

Al tener limpia la superficie se sacan los bujes del nitrógeno previamente introducidos. / By having the surface clean burshings are removed from nitrogen previously introduced.



Nitrógeno



Buje

9

Tomar los bujes del nitrógeno al momento que se van ensamblando uno por uno. / Taking nitrogen bushings to be when assembling one by one.



Ayuda Visual
Main Fitting

10

Cada buje tiene un posicionamiento específico, ver ayuda visual. / Each hub has a specific positioning, see visual aid.

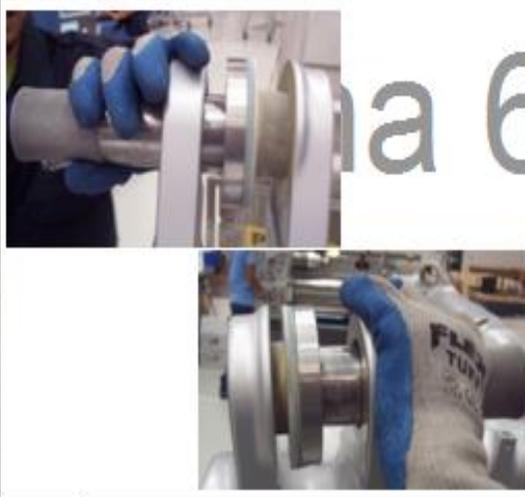
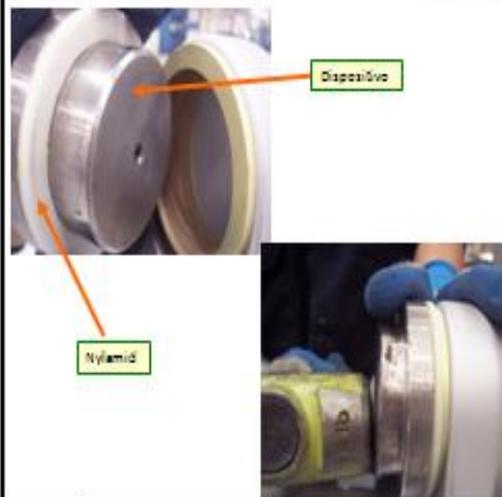
Página 5



Dispositivos de ensamble

11 Con los bujes especiales AB, AD, AC, RL, RR, U, V, OB, IB, los bujes se maquinan. / *In with special bushings AB, AD, AC, RL, RR, U, V, OB, IB, bushings are machined.*

12 Instalar cada buje con su respectivo dispositivo de ensamble. / *Install each with its own device hub assembly.*



13 Cada dispositivo deberá estar protegida con Nylamid para no lastimar la pieza al momento de golpear con el martillo. / *Each device must be protected Nylamid the piece will not hurt when hit with the hammer.*

14 Para el ensamble de los bujes RR/RL, utilizar un dispositivo. / *For the assembly of the bushings RR/RL, use a device.*

15 Ensamble de bujes. / *Assembly Bushings*



LS

16 Colocar el chaquetora para ensamblar las vulcanas IC, IL, IR. / Place the turncoat to join the Vulcanas IC, IL, IR.

17 Para ensamblar las vulcanas sujetar el chaquetora y mover de arriba hacia abajo, hasta que quede ensamblado el vulcano. / To assemble the Vulcanas hold the turncoat and move up and down, until it joins the Vulcan.

18 Para el buje LS de Main Fitting su manera de ensamblarse es diferente. (no tiene dispositivo) / For the hub of Main LS assembly Fitting your way will be different. (No device).

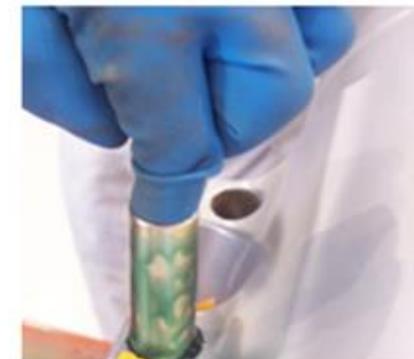


Activador



Loctite

Buje



19 Rociar el buje LS y barrera de la pieza con Activador Loctite 7471. / Spray the hub bore LS and the piece with 7471 Activator.

20 Aplicar Loctite 263 al buje LS así como en el barrero. / Loctite 263 apply also to the LS bushing in the hole.

21 Instalar el buje LS manualmente y asegurar con liga para que no se caiga. / Install bushing manually LS and secure with league to not fall.

Página 7



Laina

22

Verificar con laina de 0,005 mm que no entre entre la pieza y la
 portaña del buje. / Check with feeler that between 0,005 mm
 between the workpiece and the hub flange.

Página 8

4.3 Protección de dispositivos con Nylamid

4.3 Protection of devices Nylamid



1

Todos los dispositivos de ensamble deben tener su protección de Nylamid. / All devices must have their protection assembly of Nylamid.

2

Ensamblar bujes RR y RL y su dispositivo con Nylamid, para asegurar que el buje no padece de daño al momento de ensamblar. / Assemble bushings and RR and RL Nylamid device, ensuring that the hub is protected from damage when assembling.



4

El Nylamid en la dispositivo permitirá que al momento de ensamblar el buje y ser golpeada por el martillo no se dañe la pieza y el buje. / The device allows Nylamid in that when assembling the hub and being beaten by the hammer not damage the part and the bushing.

5

Se observa que la pieza y el buje no se dañan al utilizar este método de ensamble (dispositivo con Nylamid). / It is observed that the part and the hub are not damaged when using this method of assembly (Nylamid device).

Página 9

4.4 Instalacion de graseras

4.4 Installation of fittings



1

Aplicar Activador Loctite 7471 y Loctite 263/270 en barreno pieza y en rosca del adaptador. / Apply Loctite Activator 7471 and 263/270 in hole piece and adapter thread.



2

Instalar el ensamble de graseras y adaptador con el dispositivo correspondiente, dando un ligero golpe con el mazo. / Install fitting and adapter assembly to a device, giving a light tap with the mallet.



3

Ensamblar la graseras con el torquímtero recto, aplicando un torque de 13-22 lbf.in. / Assemble the fitting with the wrench straight, applying a torque of 13-22 lbf.in.



Precaucion que no se deforme con aplicacion del torquímtero

4

Calacear la ranfola en la ranca de la graseras, quedanda entre la graseras y el adaptador. / Place Washers in the thread of the fitting, being between the fitting and adapter.

Página 10

4.5 Maquinado de bujes-Ajuste de maquina

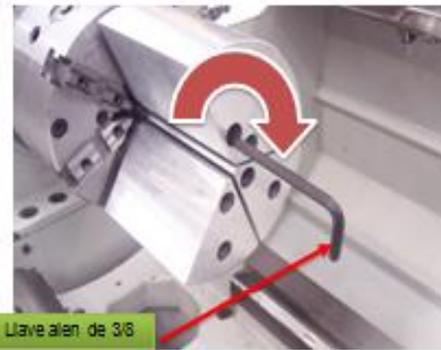
4.5 Machined bushings-setting machine

		
<p>1 Revisar que el torno tenga sus debidas conexiones y este limpio. <i>Check that the wheel has its proper connections and is clean.</i></p>	<p>2 Limpiar con el cepillo las guías para quitar la rebaba que pueda tener. <i>Clean with brush guides to remove the burr you may have.</i></p>	<p>3 Lubricar guías antes de empezar a trabajar, para reducir el desgaste de las mismas. <i>Lubricate guides before starting work, to reduce wear thereof.</i></p>
		
<p>4 Prender lámpara para tener una mejor iluminación. <i>Pin lamp to have better lighting.</i></p>	<p>5 Checar nivel de aceite para ver que el indicador este dentro de lo normal. <i>Check oil level to see that the indicator is within normal.</i></p>	<p>6 Lubricar el sistema interior de engranaje de la torreta. Accionar valvula para bombear aceite. <i>Lubricate the gear system inside the turret. Actuate valve to pump oil.</i></p>



7

Colocar mordazas blandas en el chuck. / Place the chuck soft jaws.

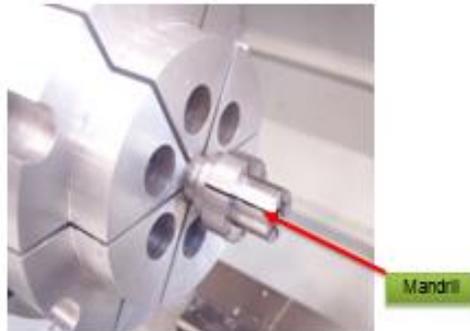


8

Apretar tornillos con llave allen de 3/8 en las 6 mordazas. / Tighten screws with allen wrench 3/8 in 6 jaws.

9

Seleccionar el mandril del diámetro requerido (Ver ANEXO 2 HERRAMIENTAS-MANDRILES). / Select the required diameter mandrel (see Appendix 2-CHUCKS TOOLS).



10

Colocar mandril en la mordaza y cerrar chuck. / Place chuck in the jaw and close chuck.



11

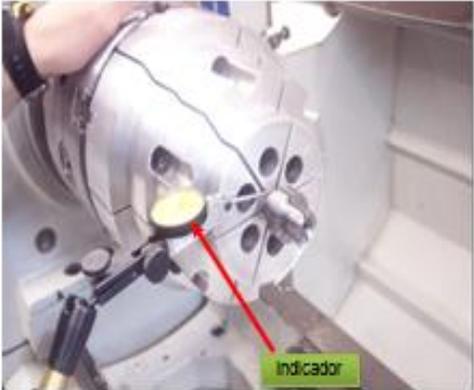
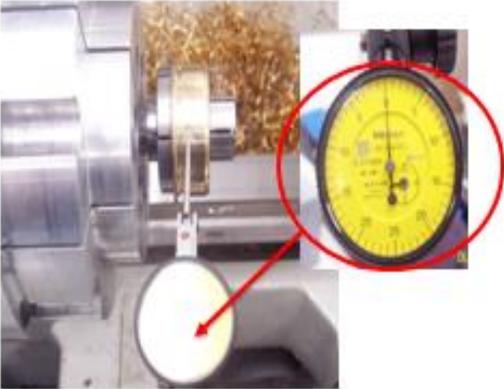
Apretar el chuck con la llave especial, cuidar que sea el tornillo de sujeción marcado como cero. / Tighten the chuck with the key special care that the screw is marked as zero.

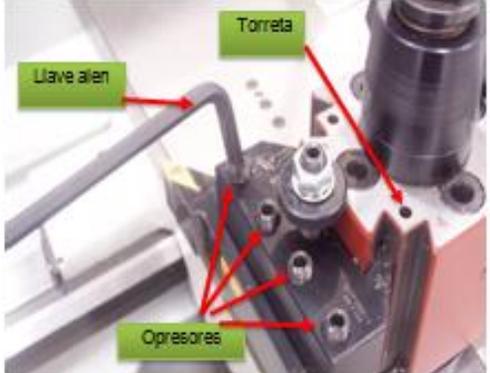
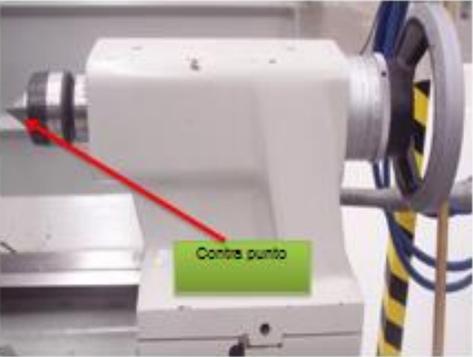
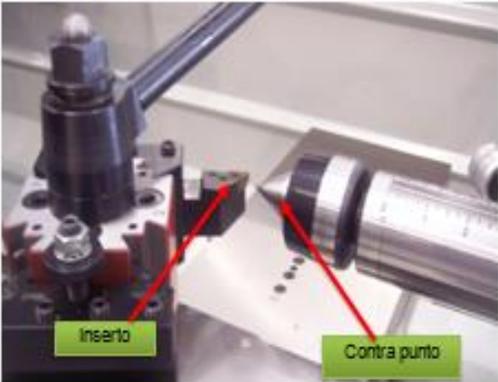
12

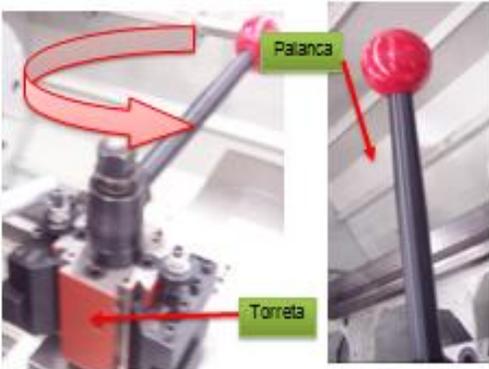
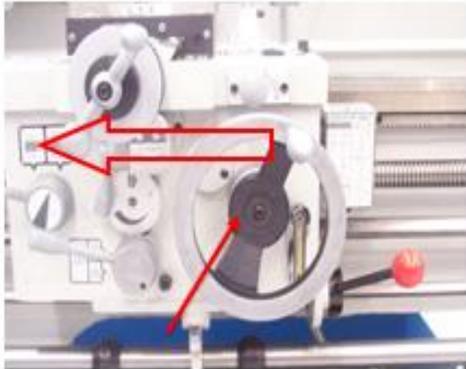
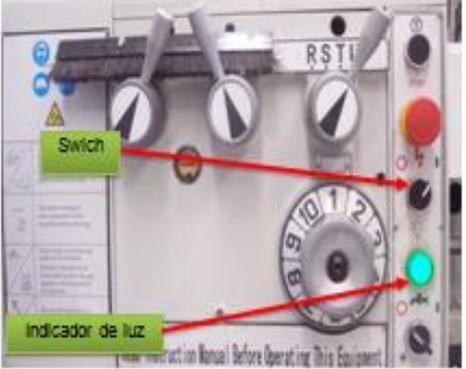
Medir con indicador de pestaña el mandril, para ver que esté concéntrico respecto a el eje del chuck. / Measuring with the mandrel indicator tab - see what is concentric to the axis of the chuck.



Página 12

 <p style="text-align: right;">Indicador</p>		<p style="text-align: center;">Si el mandril pasa de 0.05 se debe de ajustar</p>  <p style="text-align: center;">BIEN MAL</p>
<p>13 Dejar un espacio entre las mordazas y el mandril para poder colocar el indicador de pestaña. <i>Leave a space between the chuck jaws and to place the indicator tab.</i></p>	<p>14 Se recomienda que esté particionada con la caratula en cero para poder chequear el salto del mandril. <i>It is recommended that the cover art is partitioned with zero jump to check the mandril.</i></p>	<p>15 El salto no debe ser mayor de 0.05 para cumplir las tolerancias que se requieren. <i>The jump should not be greater than 0.05 to meet the required tolerances.</i></p>
<p style="text-align: center;">(Ver ANEXO 5 MEDICION ANTES DE SUJES)</p>  <p style="text-align: center;">Mordaza Mandril Buje Tornillo de ajuste</p>		
<p>16 Muestrer buje en el mandril, apretar con la llave allen correspondiente. Medir la giras para determinar la cantidad de material a remover. <i>Insert the bushing in the chuck, tighten with allen wrench. Measure the rotation to determine the amount of material to be removed.</i></p>	<p>17 Asegurar que el buje quede bien sujeto, de no ser así, al girar el chuck podría dañarse. <i>Ensure that the hub is securely attached, otherwise, turning the chuck may be damaged.</i></p>	<p>18 Checar el salto que tiene el buje. Debe ser mayor a 0.05. Si este se pasa, se debe de ajustar. <i>Check the jump that has the bushing. Must be greater than 0.05. If this is passed, it will fit.</i></p>

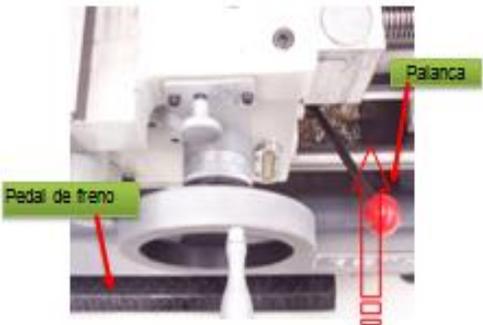
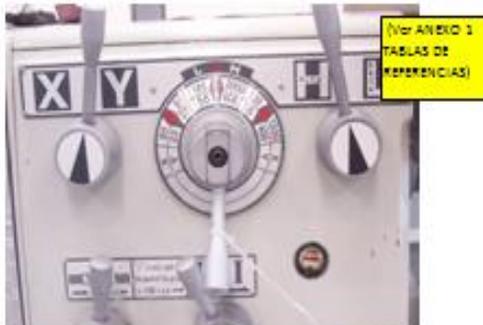
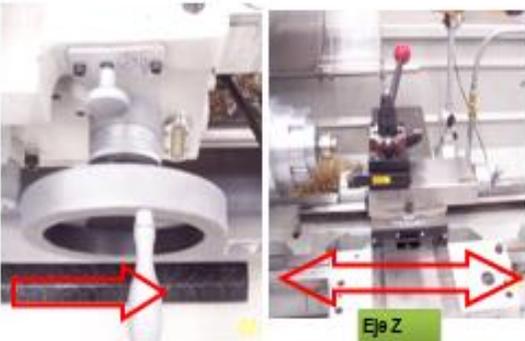
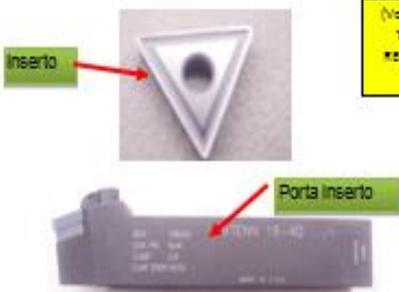
		
<p>19 Seleccionar el inserto y porta inserto de acuerdo al buje que se va a maquinar. (Ver ANEXO 2) / Select the insert and insert holder according to the hub to be machined. (See Appendix 2).</p>	<p>20 Mantar la herramienta de corte en la torreta, apretar las ojros con la llave allen de 6mm. / Mount the cutting tool on the turret, tighten the clamps with the 6mm Allen key.</p>	<p>21 Calibrar la altura al centro del eje del torno referenciando con el contra punto. / Calibrate the center height of the wheel axle with anti referencing point.</p>
	<p>Calibración de herramientas</p> 	
<p>22 La punta del inserto debe de quedar a la misma altura que el contra punto. / The tip of the insert must be at the same height as the counter point.</p>	<p>23 Ajustar la altura del porta inserto con la llave allen de 3/16 subiendo o bajando según requiera con el tornillo ajustador. / Adjust the height of the insert holder with allen key 3/16 up or down as require with the adjusting screw.</p>	<p>24 Apretar con llave allen de 8mm el tornillo de sujeción, para no mover la altura ya establecida. / Tighten with 8mm Allen wrench set screw, not to move and set up.</p>

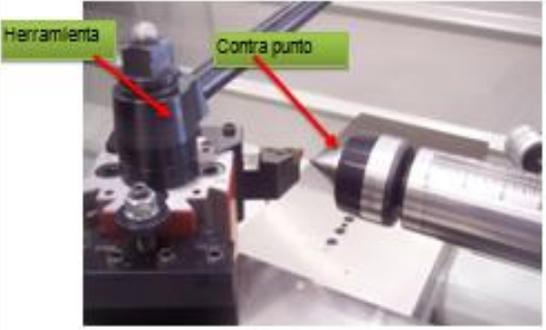
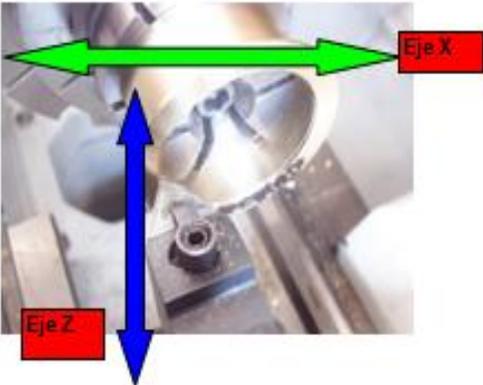
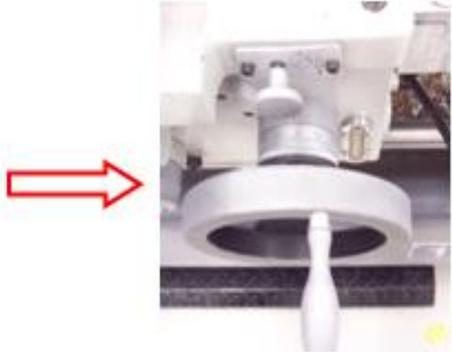
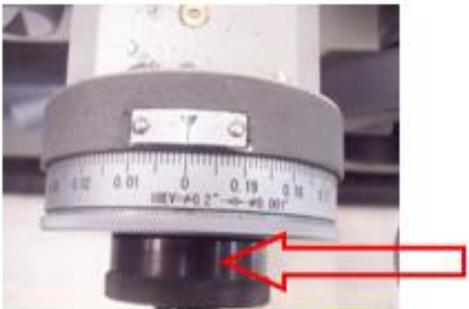
		
<p>25 Girar la torreta en la dirección que se va a utilizar y apretar con la palanca. <i>Rotate the turret in the direction to use and press the lever.</i></p>	<p>26 Para la Op. Carreadora debe aproximar la herramienta al buje con el tambor de desplazamiento longitudinal. <i>For carrier Op. the tool should approximate the hub with the drum longitudinal displacement.</i></p>	<p>27 Al accionar el switch del torno, se prende una luz verde indicando que el sistema tiene corriente y está listo para usarse. <i>By operating the switch, a green light will indicate that the system is live and ready for use.</i></p>
<p style="text-align: center;">Selección de revoluciones</p> 	<p style="text-align: center;">Guarda de seguridad</p> 	<p style="text-align: center;">Accionamiento del giro de chuck</p> 
<p>28 Seleccionar el número de revoluciones según el buje a maquinar. (Ver ANEXO 1 TABLAS DE REFERENCIAS). <i>Select the number of revolutions at the hub to be machined. (See Annex 1 reference table).</i></p>	<p>29 Bajar la tapa de protección, de no ser así, el torno no funcionará, esta como medida de seguridad. <i>Lower the cover, otherwise, the wheel does not work, this as a security measure.</i></p>	<p>30 Accionar el torno empujando la palanca de inicio de giro del husillo hacia abajo. <i>Pushing the actuating lever around the start of spindle rotation downwards.</i></p>

4.6 Maquinado de bujes-op Careado

4.6 Machined bushings-op decayed

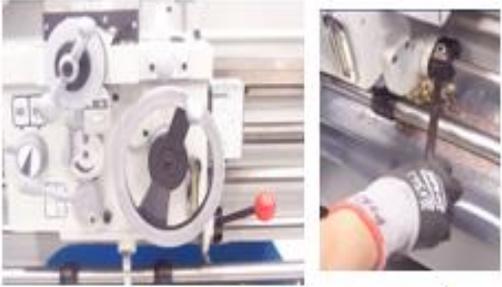
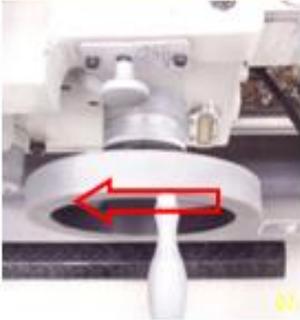
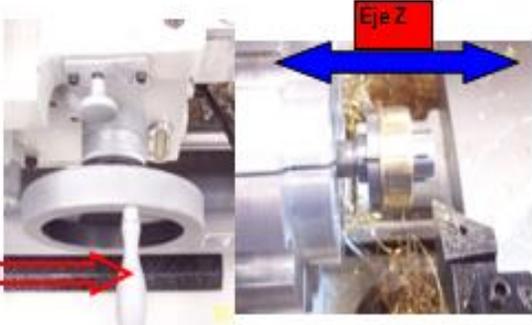
<p>Tangencia de herramienta</p>	<p>Referencia diametral</p>	
<p>1 Hacer tangencia a la cara tocando la pieza con la herramienta de corte (sin cortar material). <i>Make tangency to the face touching the workpiece with the cutting tool (no cut material).</i></p>	<p>2 Aflorar el seguro y calcar a cara el tambor manual de desplazamiento radial, esta para referencia de la profundidad de corte. <i>Loosen the lock on the pulley to zero the radial displacement manual drum, this reference for depth of cut.</i></p>	<p>3 Retirarse en el eje X+ del área de corte girando hacia la izquierda el tambor de desplazamiento radial. <i>Retire in the X+ axis of the cutting area + turning left radial drum.</i></p>
<p>Referencia longitudinal</p>	<p>Desbaste</p>	
<p>4 Girar la palanca de (desplazamiento longitudinal) del eje Z a la izquierda, establecer cero en tambor, según se requiera. <i>Rotate pulley (longitudinal displacement) Z-axis to the left drum set at zero, as required.</i></p>	<p>5 Volver a entrar en eje de X con el tambor de desplazamiento radial, girándola a la derecha para iniciar el desbaste. <i>Re-enter the X-axis radial drum, turning clockwise start of the roughing</i></p>	<p>6 Una vez que se desbaste el material deseado, salir girando el tambor de (desplazamiento radial) hacia la izquierda. <i>Once de-basted the desired material, rotating the drum exit (radial displacement) to the left.</i></p>

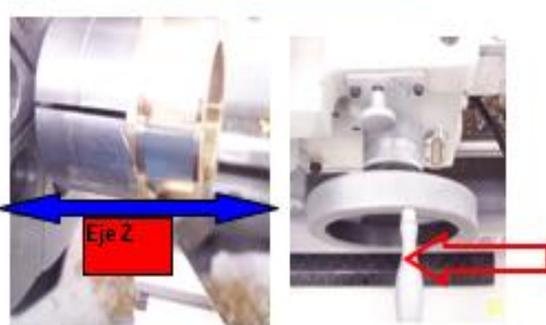
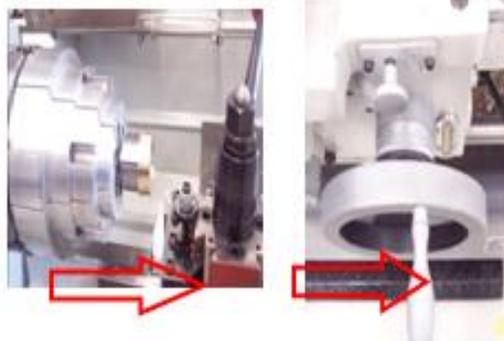
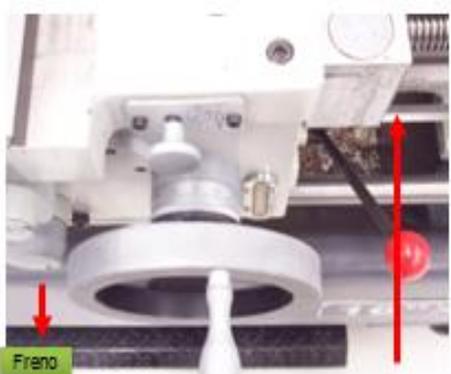
<p style="text-align: center;">Paro de torno</p> 	<p style="text-align: center;">Medición de buje</p> 	<p style="text-align: center;">Acabado de la pieza</p> 
<p>7</p> <p>Detener husillo del torno rubiendola palanca de arranque y posteriormente pisar el pedal de freno. <i>Stop the spindle lever first up and then step on the brake pedal.</i></p>	<p>8</p> <p>Medir el buje después de cada parada de corte, para saber cuanto material se removerá en la siguiente pasada. <i>Measure the turning after each cutting pass, to know how much material will be removed in the next pass.</i></p>	<p>9</p> <p>Para dar el acabado de la pieza, bajar el número de revoluciones, con esto se logra un buen acabado superficial. <i>To give the finish of piece, lower speed, this way we can do a good finish.</i></p>
<p style="text-align: center;">Avance auto</p> 	 <p style="text-align: center;">Eje Z</p>	<p style="text-align: center;">Realización de chiflones</p> 
<p>10</p> <p>Volver a entrar en el eje X para hacer el acabado de la pieza, accionando la palanca de avance automático. <i>Re-enter the X axis to make the finish of piece, toggling automatic advancement.</i></p>	<p>11</p> <p>Para rayar la pieza al salir, en el eje Z y na en X girando la polea (desplazamiento longitudinal) hacia la derecha. <i>To avoid scratching the workpiece to go in the Z axis and the pulley rotates in X (longitudinal displacement) clockwise.</i></p>	<p>12</p> <p>Para realizar chiflones seleccionar el inserto y porta inserto según el ángulo que se requiera. <i>For chamfering and select the insert holder insert according to the required.</i></p>

<p style="text-align: center;">Montaje de herramienta</p> 	<p style="text-align: center;">Calibración de herramienta</p> 	
<p>13 Montar herramienta en la torreta. <i>Fit tool in the turret.</i></p>	<p>14 Calibra la herramienta con el contra punto. <i>Calibrate the tool with the point against.</i></p>	<p>15 Acercar a la pieza para hacer tangencia. <i>Bringing the piece to make contact.</i></p>
<p style="text-align: center;">Referencia diametral</p> 	<p style="text-align: center;">Referencia longitudinal</p> 	<p style="text-align: center;">Profundidad de corte</p> 
<p>16 Marcar el cero para referencia de corte en el eje X desplazamiento radial. <i>The zero reference mark for cutting in the X-axis radial displacement.</i></p>	<p>17 Una vez tangenciado, salir en el eje Z (alejándose de la pieza). <i>Once tangenciado, out in the Z axis (away from the piece).</i></p>	<p>18 Desplazar en eje X girando el tambor hacia la izquierda para poder desbastar material. <i>Move X-axis turning the drum clockwise to grind material.</i></p>

4.7 Maquinado de bujes op cilindrado

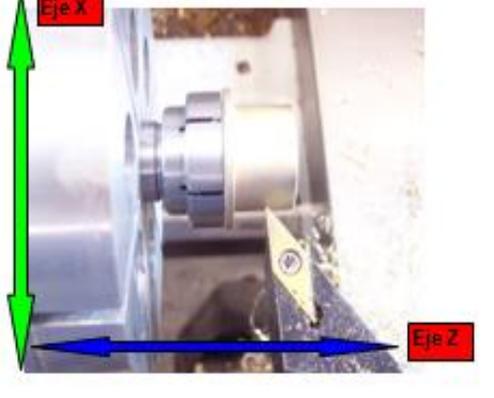
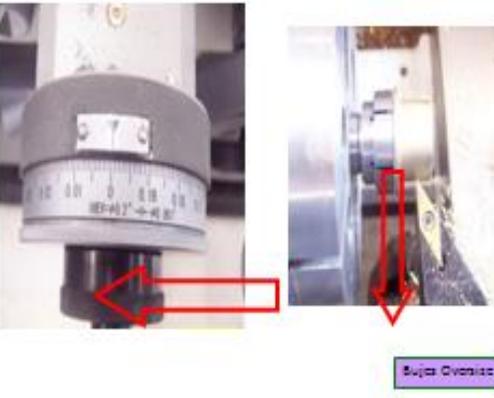
4.7 Turning machining op bushings

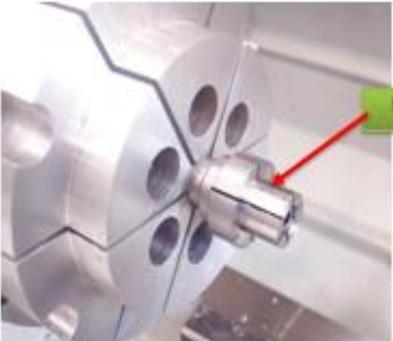
 <p>(Ver ANEXO 1 TABLAS DE REFERENCIAS)</p>	<p>Desbaste de material</p> 	
<p>1 Prender el torno con revoluciones menores a las de desbaste. / Turn on the lathe to speed roughing minor.</p>	<p>2 Entrar en el eje Z para realizar el choflan. / Entering the axis Z to perform the chamfering.</p>	<p>3 Dejando así el choflan con la longitud, profundidad y angulo requeridos. / Leaving the chamfer with length and angle profundidad required.</p>
<p>Maquinado de diametro (cilindrado)</p> 	<p>Tangencia diametral de pieza</p> 	
<p>4 Marcar la referencia cero en el tambor para comenzar desbaste del diametro del buje. / Mark the reference zero to start roughing drum hub diameter.</p>	<p>5 Hacer tangencia en el eje X tocando la pieza (sin cortar mucho material). / Making the X-axis tangent touching the piece (uncut much material).</p>	<p>6 Salir en eje de Z con la polea de desplazamiento longitudinal girandola hacia la derecha. / Out in Z axis with the longitudinal displacement pulley turning clockwise.</p>

<p style="text-align: center;">Accionamiento de torno</p> 	<p style="text-align: center;">Profundidad de corte</p> 	<p style="text-align: center;">Desbaste de material</p> 
<p>7 Accionar el torno bajando la palanca de inicio de giro del usillo. <i>Activate down around the start lever usillo of rotation.</i></p>	<p>8 Dar la profundidad del corte según se requiera, girando el tambor de desplazamiento radial hacia la derecha. <i>Set the depth of cut as required, by turning the radial shift drum clockwise.</i></p>	<p>9 Se da el recarida de desbaste en el eje Z con el tambor de desplazamiento longitudinal girando a la izquierda. <i>It gives the grinding path in a-axis displacement with the drum longitudinal turning left.</i></p>
	<p style="text-align: center;">Paro de torno</p> 	<p style="text-align: center;">Medición de buje</p> 
<p>10 Al terminar el recarida de desbaste se vuelve a salir en el eje Z girando el tambor a la derecha. <i>When the turn of roughing is out again in the Z axis by rotating the drum to the right.</i></p>	<p>11 Parar el torno jalando la palanca hacia arriba y pisando el freno. <i>Stop the winch pulling the lever up and stepping on the brake.</i></p>	<p>12 Al termina de cada arcan de desbaste se debe medir la pieza al diámetro para saber cuanto más hay que remover. <i>After each step of grinding the piece should measure the diameter to see what more you have to remove.</i></p>

4.8 Maquinado de bujes **Ver anexo 4**

4.8 Machined bushings **See Annex 4**

		
<p>1 Seleccionar el número de revoluciones para dar barto según el buje que se maquina. (Ver ANEXO 1 TABLAS DE REFERENCIAS). / Select the speed for roughing or the hub that Machine. (See Annex 1 reference tables).</p>	<p>2 Volver a dar profundidad de corte en eje X y el recorrido longitudinal en el eje Z. / Back to give depth of cut x axis and the longitudinal travel along the Z axis.</p>	<p>3 Parar el torno al llegar a la longitud final de corte empujando la palanca hacia arriba y pisando el freno. / Stop about reaching the final cutting length pushing the lever up and stepping on the brake.</p>
		
<p>4 Salir con cuidado de no rayar la pieza en el eje Y, girar el tambor (desplazamiento radial) hacia la izquierda. / Exit with care not to scratch the piece on the Y axis, rotating the drum (radial) to the left.</p>	<p>5 Al terminar el maquinado de cada buje se deben matar los filos. (al termino de chaffan). / At the end of each hub machined edges should be killed.</p>	<p>6 Este matado de filos se realiza con lija o fibra scotch brite. (al termino de chaffan). / This will perform rounding edges with sandpaper or scotch brite fiber.</p>

 <p style="text-align: center;">Mandriles</p>	<p style="text-align: center;">Ajuste de mandril</p>  <p style="text-align: right;">Mandril</p>	 <p style="text-align: left;">Llave</p>
<p>7 Seleccionar el mandril del diámetro requerida, para el buje a maquinar. (Ver ANEXO 2 HERRAMIENTAS-MANDRILES). / Select the required diameter mandrel for machining the bushing. (See ANNEX 2-CHUCKS TOOLS).</p>	<p>8 Colocar el mandril en la mordaza y cerrar. / Place the chuck in the jaw and close.</p>	<p>9 Apretar el chuck con la llave especial, fijarse que sea el tornillo de sujeción marcado como cero. / Tighten the chuck with the special key, which is the set screw marked as zero.</p>
<p style="text-align: center;">Desbaste de material mandril</p> 	 <p style="text-align: center;">CORRECTO MAL</p>	
<p>10 Desbastar según se requiera desde 0.02 a 0.06 de milímetro al diámetro del mandril. / Trimming as required from 0.02 to 0.06 millimeter diameter of the mandrel.</p>	<p>11 Checar el salto, no debe ser mas de 0.05, esto para poder dar la medida requerida. / Check the jump, should not be more than 0.05, this in order to give the required length.</p>	

MAIN FITTING TABLA DE REFERENCIA					
OPERACIÓN CAREADO Y MAQUINADO DE DIAMETROS	BUJE	HERRAMIENTA		RPM	Profundidad de corte por pasada
		INSERTO	PORTA INSERTO		
Desbaste				900	.1 a .2 mm
Acabado	PS	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	900	.05 mm
Desbaste				900	.1 a .2 mm
Acabado	R	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	900	.05 mm
Desbaste				900	.1 a .2 mm
Acabado	S	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	900	.05 mm
Desbaste				900	.1 a .2 mm
Acabado	U, V	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	900	.05 mm
Desbaste				900	.1 a .2 mm
Acabado	IC, IL, IR	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	900	.05 mm
Desbaste				900	.1 a .2 mm
Acabado	OB	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	900	.05 mm
Acabado ranura exterior			PCHRS 25.4-24	900	.05 mm
Desbaste				605	.1 a .2 mm
Acabado	IB	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	605	.05 mm
Desbaste				605	.1 a .2 mm
Acabado	RR, RL	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	605	.05 mm
Desbaste				605	.1 a .2 mm
Acabado	A, B	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	605	.05 mm
Desbaste				605	.1 a .2 mm
Acabado	AC, AD	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	605	.05 mm
Desbaste				185	.1 a .2 mm
Acabado	ST	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	185	.05 mm
Desbaste				900	.1 a .2 mm
Acabado	SC, LS	VBMT160404-MF1025	SVJBR163C	900	.05 mm

OPERACIÓN CHAFLANES	BUJE, Angulo de chaflan	HERRAMIENTA		RPM	Profundidad de corte por pasada
		INSERTO	PORTA INSERTO		
Desbaste	Ps exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	R exterior 15°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado				35	.05 mm
Desbaste	S exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	U, V exterior 45° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSSNR1640	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	IC, IL, IR exterior 15°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado				35	.05 mm
Desbaste	OB exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	IB exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	RL exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	A, B exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	AC, AD exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	SI exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	SC exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	LS exterior 15° interior 30°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		TNMG220408RT9010	MTENN16-4D	35	.05 mm
Desbaste	RR exterior 15° interior 45°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado		SNMG120412-MAUE6020	MSSNR1640	35	.05 mm
Desbaste	SA, SB exterior 15°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado				35	.05 mm
Desbaste	X, Y, Z exterior 15°	SNMG120412-MAUE6020	MSKNR164D	35	.1 a .2 mm
Acabado				35	.05 mm

MSKNR164D



MTENN16-4D



PDJRN2526M15



Página 25

MSSNR164D



SVJBR163C



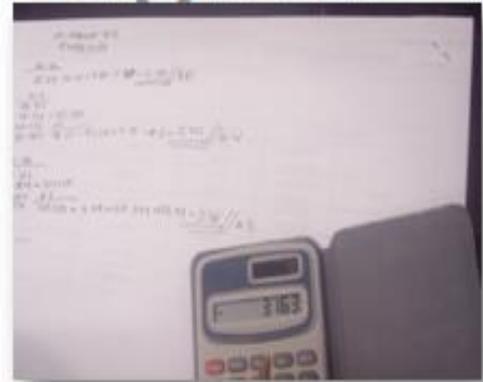


Tabla de Mandriles

Main Fitting					
Buje	Diametro	Imagen	Buje	Diametro	Imagen
S	15.5mm		IB	46.8mm	
R	16.5mm		RR, RL	51mm	
U, V	20mm		A, B	60mm	
IC, IL, IR	26mm		AC, AD	70mm	
OB	36mm		SC, LS	16.7mm	

Anexo 3 Medicion antes de bujes

Annex 3 bushings measurement before

 <p>Medir exterior de bujes</p> <p>Medir interior de bujes</p>	 <p>4 Datos</p>	
<p>1 Calibrar los instrumentos de control antes de usarlos. / Calibrate control instruments before use.</p>	<p>2 Realizar la medición de distancia entre caras antes de ensamblar las bujes y registrar mediciones. / Take the measurement of distance between faces before joining the bushing and record measurements.</p>	
		 <p>Ficha de registro</p>
<p>3 Medir las caras de los bujes y registrar. / Measure the sides of the bushings and records.</p>	<p>4 Hacer el calculo del espesor de la cara del buje, utilizando la formula ya establecida en la hoja de registro. / The calculation of the thickness of the face of the bush using the formula already established in the record</p>	<p>5 Anotar los valores obtenidos, ya que se requieren para maquina dichos bujes. / Record the values obtained, as required to machine these bushing.</p>

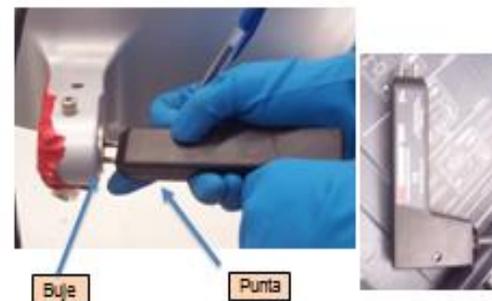
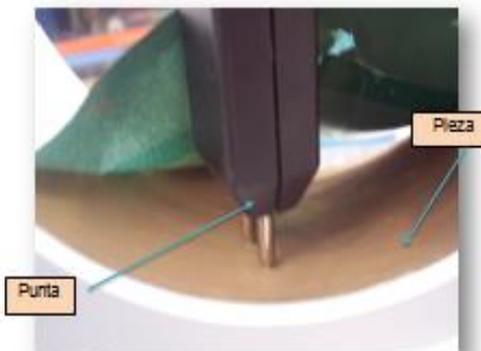
Página 28

MAQUINADO DE BUJES ESTANDAR MAIN FITTING		SE MAQUINAN	NO SE MAQUINAN
A	B	✓	
AD			✗
AC		✓	
IB	OB		✗
SC			✗
Y			✗
X			✗
RL			✗
RR		✓	
R			✗
LS			✗
IC			✗
IL			✗
B			✗
Z			✗
SB			✗
SA			✗
V		✓	
U		✓	
S			✗
PS			✗

MAQUINADO DE BUJES OVERSIZE MAIN FITTING		SE MAQUINAN TODOS LOS BUJES
A	B	✓
AD		✓
AC		✓
IB	OB	✓
SC		✓
Y		✓
X		✓
RL		✓
RR		✓
R		✓
LS		✓
IC		✓
IL		✓
B		✓
Z		✓
SB		✓
SA		✓
V		✓
U		✓
S		✓
PS		✓

4.9 Control de medicion

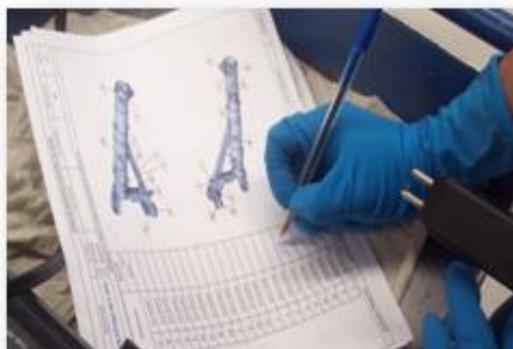
4.9 Measurement control



1 Medir la conductividad entre bujes con el miliametro Megger.
Measure conductivity between the millimeter Megger bush.

2 Una de las puntas del miliametro se conecta hacia tierra en un lado de la pieza dando un leve buje ni pintura. *One end connects the millimeter probe to one side of the part where no bush or*

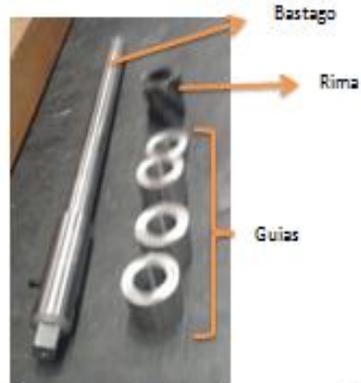
3 Con la otra puntas se toca el buje para medir la resistencia que hay entre la pieza y el buje. *With the other end touch the bush to measure the resistance between the part and the bush.*



4 Checar en cada uno de los bujes y anotar en la ficha de registro las mediciones que da el miliametro estas no deben ser mayores a 1. *Check in each of the bush and note on the registration form that gives measurements millimeter there should not be greater than 1.*

4.10 Rimado o calibrado de bujes

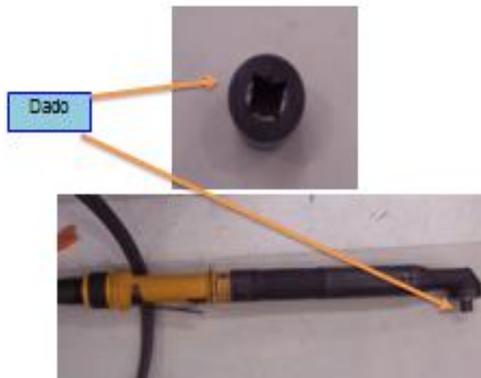
4.10 Rhythmed or calibrated bushings



1 Colocar el equipo de protección obligatoria. *Use protective equipment required.*

2 Material a utilizar en el rimado de bujes. *Material used in the rhythmed of bushings.*

3 Ensamblar el bartaqa con la rima. *Join in with the rhythmed bartaqa.*



4 Colocar la rima por dentro de un extremo del buje y se mete una guía por el otro extremo. *Rhythmed place inside of bushing and guide a guide at the other end.*

5 Ensamblar el tensor con un dado dependiendo el bartaqa que se necesita. *Assemble a given tensor depending on bartaqa needed.*

6 Colocar el tensor en la rima armada. *Place the tensor in armad rhythmed.*

Página 31



7 Para encender el tensor gira la perilla a la derecha. / To turn the adjuster knob it turns it to the right.



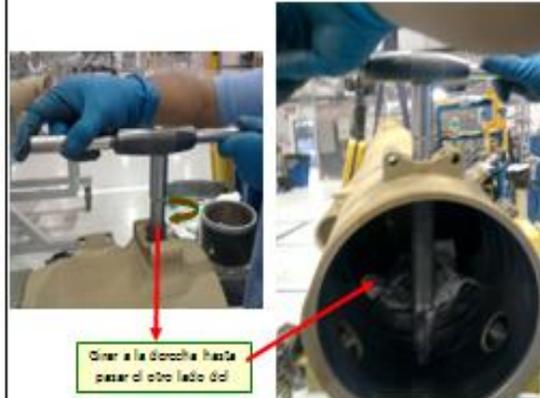
8 Dar la velocidad con el panel del tensor D57 para el rimado del buje. / Give the speed D57 tensor panel for reaming the bushing.



9 Durante el rimado debe de aplicar aceite para asegurar un buen acabado superficial. / During the reaming oil must be applied to ensure a good surface finish.



10 Colocar dispositivo que va dentro de la pieza Main fitting antes del inicio de rimado de la var valcanar. / Place device within the Main Fitting reaming before the start of the Vulcanar.



11 Colocar haneadera en el buje y sujetarlo con el manor y girar a la derecha hasta que la rima pare al otra extrema. / Place haneadera into the bush and hold it with the handle and turn right to go to the other end.



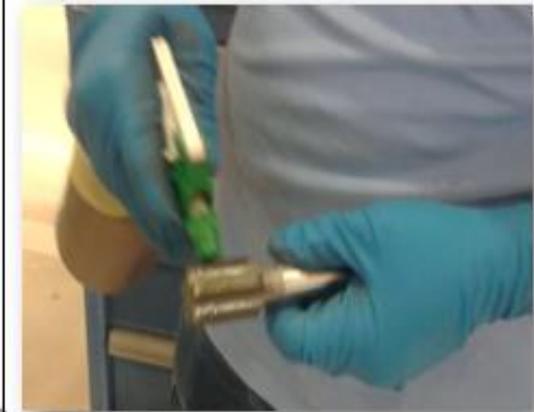
12 Girar hacia la derecha hasta que la rima pare al otra extrema. / Turn right to go to the other end.



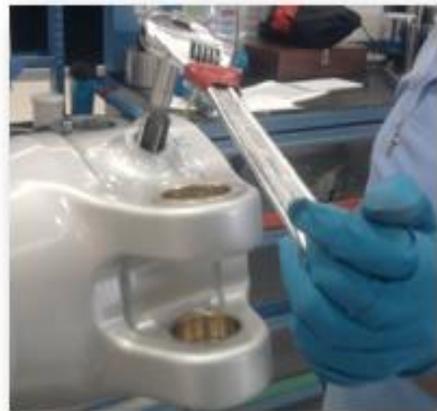
13 Aplicar Aquacut durante la operación. *Apply during operation Aquacut.*



14 Después de rimar, medir diámetro con subito y anillo calibrador. En la vulcanar usar caratula digital. *After rime, measure diameter with subito and ring gauge. In the Vulcanar use digital gauge.*



15 Tomar un machuelo y ponerlo a aceite para abrir más espacio entre cuerdas. *Take a barrow and put more space between strings.*

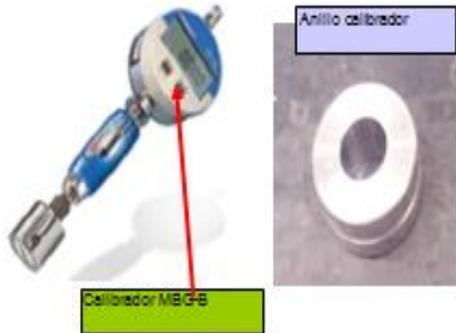


16 Calcar sobre el vulcanar junta con una llave para hacer la operación. *Place on vulcanar along with a key to the operation.*

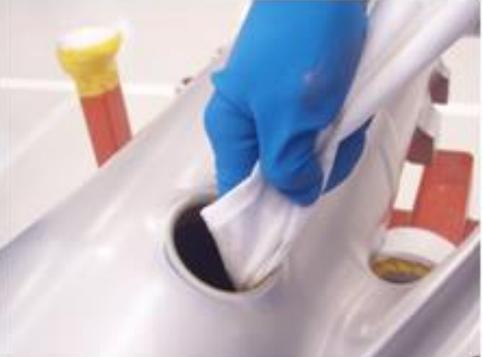
Página 33

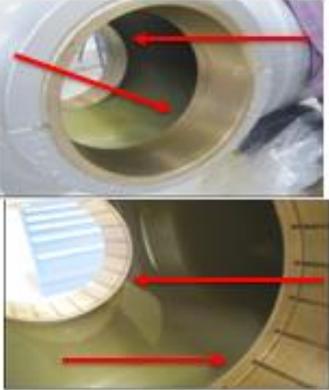
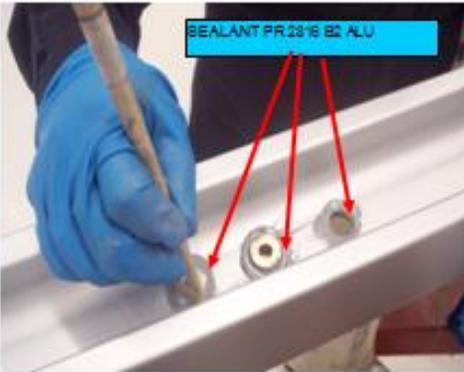
4.11 Después de rimado de bujes

4.11 After reaming of bushings

<p>Calibrador y respectivo anillo calibrador.</p>  <p>Calibrador MBGB</p>	 <p>go - notgo</p>  	
<p>1 Para las bujes IC, IR, IL, RR y RL se utiliza el Calibrador manual M1 MBG-B y para dimensionar las diámetros rimados. For bushings IC, IR, IL, RR and RL is used manually Gauge M1 MBG-B to dimension diameters reamed.</p>	<p>2 Verificar la medida que este dentro de especificación usando un dispositivo Go-notgo y pines de alineación correspondiente a cada diámetro. Check the measure within specifications using a Go-notgo devices and alignment pins for each diameter.</p>	
		
<p>3 Medir el interior del buje con un indicador de caratula con subito. Measure the inside of the hub with a dial indicator with subito.</p>	<p>4 Si el buje tiene menor dimension en todo el diametro, rebajar material con pistola y lija. If the hub is smaller around the diameter, reduce gun and sanding material.</p>	<p>5 Si el buje tiene menor dimension en algunas zonas, rebajar material con lija manualmente. If the hub is smaller in some areas, reduce abrasive material manually.</p>

4.12 Aplicación del sellador

		
<p>1 Utilizar el equipo de protección (guantes de latex, lentes, mascarilla). / Use protective equipment (latex gloves, goggles, mask).</p>	<p>2 Mezclar los componentes del cartucho de PR1826 B2 AL0, utilizando la mezcladora SEMCO en el ciclo 6 a hasta que la mezcla tenga color uniforme. / Mix the components of cartridge B2 AL0 PR1826 using the SEMCO mixer at cycle 6 or until the mixture is uniform color.</p>	<p>3 Limpiar las zonas a sellar con una brocha o aplicador limpio impregnado con MEK. / Clean areas to be sealed with a clean brush or applicator impregnated with MEK.</p>
		
<p>4 Posteriormente soplear con aire para acelerar la evaporación del MEK. / Then blowing them with air speed evaporation of MEK.</p>	<p>5 Aplicar PRIMER PR1826 con una brocha en el área donde se aplicará el sellante. / FIRST PR1826 Apply with a brush in the area where the sealant is applied.</p>	<p>6 Enroscar la boquilla al cartucho del sellante. / Screw the nozzle to sealant cartridge.</p>

		
<p>7 Colocar el cartucho dentro del parte cilindro para después ensamblar en la pistola, apretando la tuerca de ajuste de la parte trasera. <i>Insert the cartridge into the cylinder holder to assemble the gun after squeezing the adjusting nut back.</i></p>	<p>8 La aplicación se realiza con la pistola, quitando la punta, y dejando una capa uniforme de aproximadamente 3-5 mm de grosor. <i>The application is done with the gun, lifting the tip, leaving a uniform layer of approximately 3-5 mm thick.</i></p>	<p>9 En cara que las bujías tengan que enrollarse por la parte de adentro, utilizar una espátula. <i>In case that the bushings have to be rolled inside partion, using spatula.</i></p>
		
<p>10 El tiempo de vida de la sealant es de 2 horas, por tanto esto es el tiempo límite para aplicarla en todas las bujías de la pieza. <i>The lifetime of the sealant is 2 hrs, so this is the time limit to apply in every piece bushing.</i></p>	<p>11 Dar un acabado uniforme con la ayuda de una espátula. <i>Give a smooth finish with the aid of a spatula.</i></p>	<p>12 Quitar el exceso de sealant con aplicadores o trapos con MEK. <i>Remove excess sealant with MEK applicators or rags.</i></p>



13 Revisar que no existan poros. En caso de que exista, se debe quitar completamente la capa de sealant y aplicar nuevamente. **VER ANEXO 3** / Check that there are no poros. In case there should be removed completely sealant layer and applied again. **See**



14 Limpiar perfectamente la pieza de residuos de sealant. / Thoroughly clean the waste piece of sealant.



15 Para el curado del sealant, esperar entre 16 y 20 horas a temperatura ambiente. / For curing of the sealant, esperar between 16 and 20 hours at room temperature.



16 Para acelerar el curado, introducir la pieza en el horno, aprox. 2 horas. / To accelerate curing, the workpieces in the kiln, approx. 2 hours.



17 Programar en la graficadora el tiempo que permanecerá la pieza en el horno. / Graphing program at the time the workpiece will remain in the furnace.



18 A 25°, introducir la pieza y revisar hasta alcanzar una temperatura de 50° (aproximadamente 2 horas). / At 25°, and the workpiece until a check temperatura 50° (about 2 hour).

	MTS	Documento / Doc. No. :	MTS-BUJ-013
	ENSAMBLE DE BUJES - MAIN FITTING ASSEMBLY BUSHINGS - MAIN FITTING	Revisión / Rev. :	1
		Edición de Rev / Issue date :	13-mar-12
		Máquina / Machine :	ASSY



19 Finalmente limpiar con MEK todas las herramientas y/o equipar usadas para la aplicación de solvente. / Finally MEK clean all tools and/or equipment used for the application of solvent.

Página 38

Anexo 4 Retrabajo

Annex 4 Rework



1 Inspeccionar detalladamente el sellado de bujes. / *Inspect sealing bushings detail.*



2 Si las bujías presentan imperfección en el sellado, (falta de sealant) se necesita realizar retoque de sellado. / *If the bushings have imperfection in sealing, (lack of sealant) it requires resealing retouching.*



3 Aplicación de Sealant nuevamente. / *Application of Sealant again.*



4 Después de aplicar el Sealant, es importante limpiar perfectamente con toalla y mek el exceso de Sealant de la pieza. / *After applying the Sealant is important to thoroughly clean towel and Sealant with excess of the workpiece.*



5 Al final la pieza debe quedar totalmente **limpio** sin exceso de sealant. / *At the end of the piece must be completely clean without excess sealant.*

Página 29

4.13 Marcado de referencia

4.13 Marking of reference



1

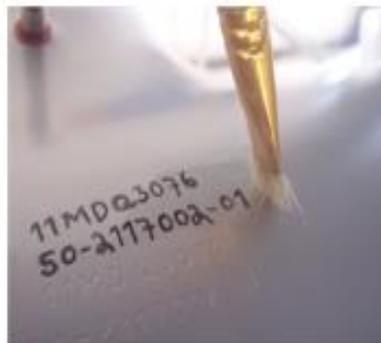
Utilizar equipo de protección personal: Lentes y guantes. / Use personal protective equipment: glasses and gloves.

2

Preparar una mezcla de barniz de 50ml de Hardener S 66/22R y 50ml de Aerodur clearcoat UVR. / Prepare a mixture of varnish: Hardener 50ml and 50ml Aerodur 66/22R UVR clearcoat.

3

Revolver agitando el recipiente suavemente. / Stir gently shaking the container.



4

Escribir con plumón Edding 840, el No. de Serie y el No. de Referencia de la pieza. Dejar secar durante 10min. / Write, with white Edding 840, Serial No. and No. of reference of the piece. Leave to dry for 10min.

5

Aplicar la mezcla de barniz con un pincel sobre los números antes de marcar. / Apply the mixture of paint with a brush on the numbers dialed before.

4.14 Procedimiento Proteccion Anticorrosion

4.14 Procedure corrosion protection



1

Utilizar equipo de protección personal: Lentes y guantes. *Use personal protective equipment: glasses and gloves.*

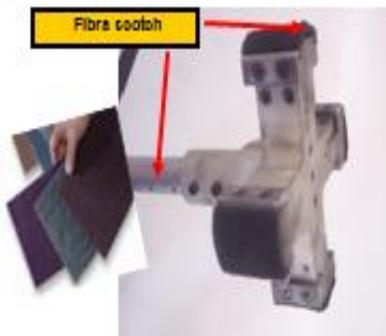


2

En el Main Fitting se requiere limpiar el interior del cilindro, para ello conectar el QM-00266 en el taladro. Conectar a la toma de aire y ajustar el regulador de presión a 40 PSI. *In the Main Fitting is required to clean the inside of the cylinder, to thereby connect the QM-00266 in the bore. Connect the air intake and adjust the pressure regulator to 40 PSI.*

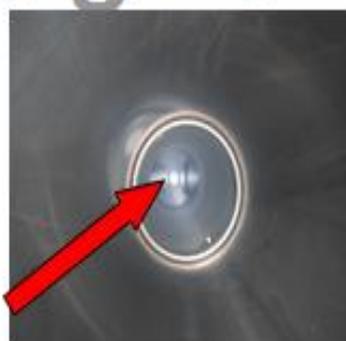


Dispositivo para limpieza interior QM266



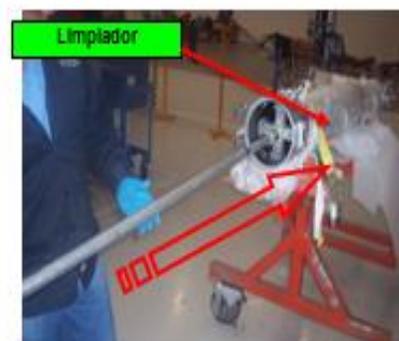
3

Si la fibra scotch esta muy desgastada reemplazar por nueva. *If the fiber is very old scotch replace with new.*



4

La limpieza del barril se realiza solamente en el área que no esta cromada ni pintada. *Cleaning the barrel is made only in the area that are not chromed or painted.*



Limpiador

5

Realizar movimientos de adentro hacia afuera hasta que quede limpio. *Perform movements inside out until clean.*



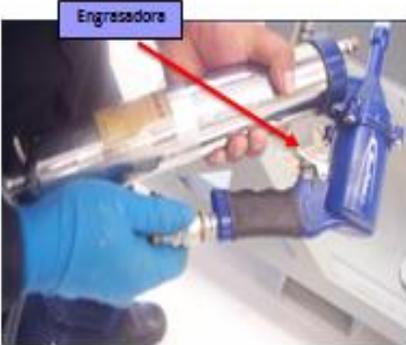
6

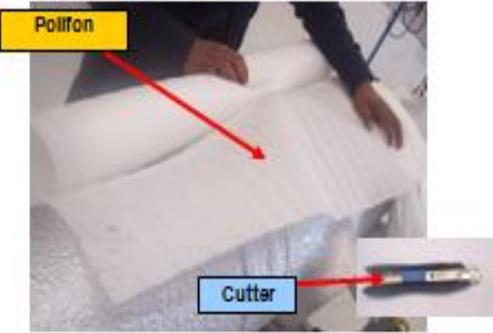
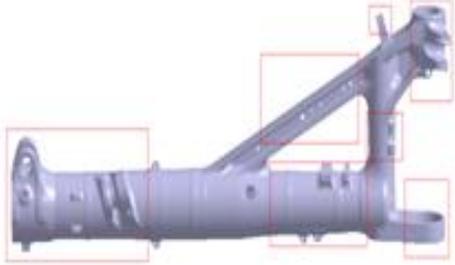
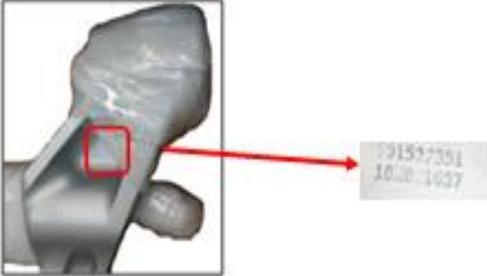
Aplicar LPS Rust Inhibitor en la lanza, hasta que el trapo quede completamente mojado. / *Apply Rust Inhibitor LPS in the spear, until the cloth is completely wet.*

7

Aplicar el inhibidor de manera uniforme realizando movimientos giratorios de adentro hacia afuera. / *Apply evenly inhibitor performing rotary movements inside out.*

Página 42

		MTS ENSAMBLE DE BUJES - MAIN FITTING ASSEMBLY BUSHINGS - MAIN FITTING		Documento / Doc. No. : MTS-BUJ-013 Revisión / Issue : 1 Fecha de Rev / Issue date : 13-sep-12 Máquina / Machine : ASSY	
4.15 Engrase		4.15 Grease			
			1 Limpiar la área donde se aplicará la grasa con un catch ortón en el interior de las bujías. / Clean the area where the grease is applied with this catch inside the bushing.	2 Para Main Fitting se aplica grasa Mobil 28. / For Main Fitting Mobil 28 grease is applied.	3 Conectar la engrasadora correspondiente a cada pieza a la conexión de aire comprimido. / Connecting piece for each grease the compressed air connection.
					
4 Aplicar grasa en las graseras. / Apply grease to the fittings.	5 Finalmente se debe limpiar, con un trapo limpio y Meko, el exterior de la pieza y hacer una última inspección visual antes de empaquetarla. / Finally it should be cleaned with a clean, Meko, the exterior of the part and make a final visual inspection before packing.				

		MTS ENSAMBLE DE BUJES - MAIN FITTING ASSEMBLY BUSHINGS - MAIN FITTING		Documento / Doc. No. : MTS-BUJ-013 Revisión / Issue : 1 Fecha de Rev / Issue date : 13-2012 Máquina / Machine : ASSY	
4.16 Embalaje		4.16.Packaging			
					
<p>1 Cortar pedazos de polifoam del tamaño necesario para cubrir la pieza. / <i>Cut pieces of Polifoam sized to cover the piece.</i></p>	<p>2 Proteger las áreas de la pieza se muestran en la imagen. / <i>Protect areas of the piece shown in the image.</i></p>	<p>3 Cubrir la pieza con el polifoam, dando varias vueltas. Posteriormente cubrir con película plástica de 5" hasta que el polifoam quede bien sujeto. / <i>Cover the piece with the Polifoam, giving several layers. Then cover with plastic film 5" until it is secure Polifoam.</i></p>			
					
<p>4 Al cubrir la zona con polifoam y plástico, asegúrese que queden descubiertas No. de Serie y No. de Referencia. / <i>By covering area with Polifoam and plastic, make sure that they are discovered and No. Serial No. Reference.</i></p>	<p>5 Con la aspiradora, limpiar el interior de la caja. / <i>With the vacuum cleaner to clean the interior of the box.</i></p>	<p>6 Finalmente colocar la pieza dentro de la caja. / <i>Finally place the piece inside the box.</i></p>			

Página 44

5. Plan de acción



Si los resultados del ensamble de bujor no están conforme las especificaciones, continuar con el siguiente procedimiento:

- a) Se realiza un retrabajo que permita corregir la uniformidad encontrada en las bujor.
- b) Utilizar un dispositivo que nos permite compactar las caras de las bujor en cara de no tener la misma dimensión.
- c) Si el buje no puede ser reparado marcar como scrap y retirar de línea.

6. Resguardo y control de evidencia

6.1 Llenar correctamente las requisitas correspondientes:

- HRBUJ002 MF 320 LH/RH (cara de bujor).
- HRBUJ004 MF 320 LH/RH (ensamble de bujor).

6.2 Colocar requisita en la carpeta localizada en área de ensamble Main Fitting



7. Criterios de aceptación

Las caras de las bujor deben estar exactamente uniformes.

Las bujor no tienen marcas de aceite

Las bujor no deben tener marcas de golpes

5. Action Plan



If the results of assembly line bushing are not specifications, continue with the following procedure:

- a) Rework is performed that addresses the uniformities found in bushing.
- b) Use a compact device that allows us the faces of the bushing should not have the same dimension.
- c) If the bush cannot be repaired and remove flag as scrap floor.

6. Save and evidence control

6.1 Out correctly fill the corresponding card:

- HRBUJ002 MF 320 LH/RH (bushing de cara de).
- HRBUJ004 MF 320 LH/RH (bushing assembly).

6.2 Requisition partition in the folder located in the assembly area. Main Fitting



7. Acceptance criteria

The faces of the bushing must be exactly uniform.

Bushing have no oil marks.

Bushing must not have knock marks

Página 45

