



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO

EN INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTANDARIZAR
PROCESOS EN PEQUEÑAS EMPRESAS METAL-BÁSICAS**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA DE SISTEMAS - INGENIERÍA INDUSTRIAL

P R E S E N T A:

Ing. Eduardo Martínez Mendoza



TUTOR: M.I. FRANCISCA IRENE SOLER ANGUIANO

2011

JURADO ASIGNADO

Presidente: Dra. Rigaud Téllez Nelly

Secretario: M.I. García Martínez Mariano A.

Vocal: M.I. Soler Anguiano Francisca Irene

1er. Suplente: M. I. wellens Purnal Ann

2do. Suplente: M.A. Pinilla Morán Víctor

Lugar donde se realizó la tesis: México, D.F.

Tutor de Tesis:

M.I. Soler Anguiano Francisca Irene

Firma

Agradezco a

La Maestra Francis, por su cariño y guía en este tiempo, e impulsarme a presentar y publicar este trabajo en el XV Congreso Internacional de las Ciencias Administrativas, ACAA.

Al Dr. Francisco Antonio Álvarez Echeverría, por sus consejos para enriquecer este trabajo

*Mi jurado por sus opiniones críticas y pertinentes
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su invaluable apoyo en estos años*

La Universidad Nacional Autónoma de México, por esta oportunidad

Todos mis maestros

Instituto Tecnológico Superior de Misantla por su apoyo

En especial a mis padres y hermanos

A Mayra y Fátima, gracias por impulsarme

Índice

Índice de tablas	7
Índice de figuras	8
Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Problemática	14
Capítulo 1. Marco teórico conceptual	21
1.1 Prácticas de calidad	21
1.1.1 Definición	21
1.1.2 Clasificación	21
1.2 La estadística industrial y la calidad en procesos de producción	26
1.2.1 Elementos de calidad	26
1.2.2 La estadística industrial	28
1.2.2.1 Estadística descriptiva	29
1.2.2.2 Herramientas de estadística inferencial	30
1.2.2.3 Diseño de experimentos	31
1.2.2.4 Control estadístico de calidad	32
1.3 La ingeniería de métodos en la mejora de procesos de producción	34
1.3.1 Definición	34
1.3.2 Importancia y aplicaciones	35
1.3.3 Procedimiento básico para el estudio del trabajo	36
1.3.4 Diagramas empleados en el estudio del trabajo	36
1.4 Procesos de negocio	37
1.4.1 Definición	37
1.4.2 Herramientas empleados en los procesos de negocio	39
Capítulo 2. Propuesta metodológica	43
2.1 Introducción	43

2.2 Metodología propuesta.....	45
2.2.1 Formalizar	47
2.2.1.1 Carta del proyecto	48
2.2.1.2 Calendario de actividades	49
2.2.2 Comprender	50
2.2.2.1 Modelo de interacciones de negocio	50
2.2.2.2 Modelos de flujo de trabajo	51
2.2.2.3 Diagrama de proceso de la operación.....	54
2.2.2.4 Diagrama de flujo de proceso.....	54
2.2.3 Medir	55
2.2.3.1 Hoja de indicadores de manufactura	55
2.2.3.2 Matriz de correlación de indicadores	56
2.2.4 Mejorar	57
2.2.4.1 Estadística descriptiva	57
2.2.4.2 Inferencia estadística.....	57
2.2.4.3 Diseño de experimentos.....	58
2.2.5 Mantener	60
2.2.5.1 Muestreo de aceptación	61
Capítulo 3. Aplicación en una empresa metal básica.....	63
3.1 Descripción y problemática del caso de aplicación	63
3.2 Aplicación.....	64
3.2.1 Formalizar	64
3.2.2 Comprender	65
3.2.3 Medir	71
3.2.4 Mejorar	73
3.2.4.1 Lija pegada, grano 150.....	73
3.2.4.2 Lija pegada, grano 240.....	78
3.2.5 Mantener	84
3.2.5.1 Muestreo de insumos	84
3.2.5.2 Gráficos de control	85

4. Resultados	88
5. Conclusiones y recomendaciones.....	90
Bibliografía	91
Mesografía	95
Anexos	98

Índice de tablas

Tabla 1. Estratificación de las empresas en México	14
Tabla 2. Ocupación y empleo en PyMEs no agropecuarias.....	15
Tabla 3. Algunas características de las unidades manufactureras	16
Tabla 4. Símbolos para un diagrama de flujo de proceso	37
Tabla 5. Elementos para un diagrama integrado de flujo.....	41
Tabla 6. Símbolos para el modelo de flujo de trabajo	52
Tabla 7. Elementos para un diagrama integrado de flujo.....	53
Tabla 8. Símbolos del diagrama de proceso de la operación	54
Tabla 9. Símbolos para un diagrama de flujo de proceso	54
Tabla 10. Diagrama de flujo de proceso (aplicación)	70
Tabla 11. Comparación de sistemas de administración de procesos	89

Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de PyMEs exportadoras, por sector.....	17
Figura 2. Limitantes de exportación en PyMEs.....	18
Figura 3. Áreas de apoyo solicitadas por las PyMEs.....	18
Figura 4. Clasificación de las prácticas de calidad.....	22
Figura 5. La escalera de la calidad.....	28
Figura 6. Funciones de la producción.....	39
Figura 7. Matriz de interacción de indicadores.....	42
Figura 8. Metodología propuesta.....	46
Figura 9. Formato para el registro de información.....	47
Figura 10. Carta del proyecto.....	48
Figura 11. Calendario de actividades.....	49
Figura 12. Modelo de interacciones de negocio propuesto.....	51
Figura 13. Carta del proyecto (aplicación).....	64
Figura 14. Calendario de actividades (aplicación).....	65
Figura 15. Modelo de interacciones de negocio (aplicación).....	66
Figura 16. Modelo de flujo de trabajo (aplicación).....	67
Figura 17. Diagrama integrado de flujo.....	68
Figura 18. Diagrama de proceso de la operación (aplicación).....	69
Figura 19. Hoja de indicadores de manufactura.....	71
Figura 20. Matriz de correlación de indicadores (aplicación).....	72
Figura 21. Prueba de normalidad, lijas de grano 150.....	74
Figura 22. Análisis de independencia, lijas de grano 150.....	74
Figura 23. Prueba de independencia, lijas de grano 150.....	75
Figura 24. Prueba de igualdad de varianzas, lijas de grano 150.....	75
Figura 25. Análisis de varianza, lijas de grano 150.....	76
Figura 26. Análisis de normalidad e independencia de residuos, grano 150.....	77
Figura 27. Gráficos de efectos, lijas de grano 150.....	78
Figura 28. Prueba de normalidad, lijas de grano 240.....	79

Figura 29. Transformación de Johnson, Lijas de grano 240, con ajo.....	80
Figura 30. Transformación de Johnson, Lijas de grano 240, sin ajo	80
Figura 31. Prueba de medias, lijas de grano 240.....	81
Figura 32. Diagrama de cajas para lijas con ajo vs sin ajo, lijas de grano 240	82
Figura 33. Análisis de varianza, lijas de grano 240	83
Figura 34. Efecto de tiempo de horneado, lijas de grano 240	84
Figura 35. Gráficos de control de calidad para el óxido de aluminio	86
Figura 36. Gráfico de control de calidad para la duración de las lijas	87

Resumen

En el presente trabajo se propone una metodología que le permite a las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) establecer herramientas que en el futuro les facilite su incursión en prácticas de calidad con aplicaciones específicas. Esta propuesta se conforma de cinco etapas, las cuales permiten conocer las diferentes áreas que interactúan en un proceso, determinar las áreas de oportunidad y lograr la mejora en el proceso de producción.

Las herramientas que incorpora permiten mejoras aprovechando los recursos de la organización; esto es muy importante, ya que los recursos en una empresa son limitados.

La metodología propuesta se aplicó en una empresa mediana del sector metalbásico, demostrándose mediante la reducción de costos, mejoras en la variabilidad del proceso, la estandarización de los métodos de trabajo, la implementación de gráficos de control de calidad y la elaboración de los diferentes diagramas de procesos.

Palabras clave: PyME, gestión, mejora, calidad.

Abstract

In this present work, it is suggested a methodology that allows small and medium companies (SMEs) to establish tools make their incursion easier in the future in practices of quality with specific applications.

This proposal is made up of five stages which let you know the different areas that interact in a process, to determine the areas of opportunity and to manage the improvement in the process of production.

The tools that incorporate improvements taking advantage of the resources of the company, this is very important, due to the fact that the resources in a company are limited.

The proposed methodology was applicated to a medium company of basic –metal sector, showing by means of the reductions of costs; improvements in the process of variability, the standardization of working methods, the implementation of graphic controls of quality and the elaboration of the different diagrams in process.

Keywords: SMEs, performance management, improvement, quality.

Introducción

El intenso intercambio comercial que se presenta en la actualidad, producto de la globalización, obliga a las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) a incorporarse en mercados cada vez más exigentes. En este entorno las empresas deben adaptarse rápidamente para cumplir con las normas y estándares requeridos, para desarrollarse, o en el más común de los casos sobrevivir.

Ante este contexto, es común que las PyMEs procuren implantar en su negocio con la misma tesitura, prácticas de calidad empleadas por las empresas grandes, sin considerar que muchas de estas no les funcionan porque fueron estructuradas en base a las necesidades propias del tamaño o complejidad de éstas. Sin embargo, lo anterior no implica que las prácticas de calidad diseñadas e implantadas en empresas grandes no sean aplicables en otras de menor tamaño, sino que las últimas requieren contar con bases para adaptarlas a su negocio, y disfrutar de sus beneficios.

En México, las prácticas de calidad implantadas con éxito ocurren principalmente en empresas transnacionales. Guevara (2009) refiere que la mala implantación de prácticas de calidad se debe a factores como la falta de conocimientos por parte de los dueños, la falta de recursos para invertir en tecnología, personal o un consultor para guiar el proceso y, a que no hay una cultura organizacional adecuada que impulse a las empresas.

Un estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Intersecretarial de Política Industrial (CIPI) en 2003, demuestra que en México existe un gran vacío en cultura de calidad. Esto se refleja en que el 85% de las PyMEs no cuenta con alguna certificación, cerca del 50% no emplea alguna técnica de calidad o productividad, el 50% no cuenta con manuales de procedimientos, y el 60% no ha podido incursionar en exportaciones. Además, dicho estudio refiere que las causas que impiden la exportación para estas empresas son de organización, capacidad productividad, calidad y altos costos.

Lo anterior expone las áreas de oportunidad de mejora existentes en la gestión interna de las PyMEs, reflejo de que en su mayoría no nacen planeadas, sino por una necesidad. Para disminuir sus problemas un paso trascendental consiste en asentar las bases que les faciliten en el futuro desarrollar prácticas de calidad. En dicha tarea un primer acercamiento es documentar sus procesos, lo que contribuiría entre otras cosas, a la disminución de desperdicio de recursos, de incertidumbre ante la rotación de personal, en la identificación de áreas de oportunidad y facilitar la planeación, así como mejorar la comunicación en la organización, debido a que los roles y procesos se definirían de manera clara.

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una metodología que permita la estandarización y mejora de procesos de producción en PyMEs dedicadas a la transformación. Por ello se integran en ella herramientas que sean fáciles de emplear y que no requieran una gran cantidad de recursos para lograrlo. Para alcanzar este objetivo fue necesario responder las siguientes preguntas: 1. ¿cuál es el papel las PyMEs en la economía nacional?, 2. ¿cuál es la problemática de este sector?, 3. ¿cómo es su proceso de gestión?, 4. ¿cómo apoyar a las PyMEs para comprender sus procesos como uno de negocios?, 5. ¿qué herramientas y técnicas de mejora impactarán sin implicar una inversión alta?

Las preguntas anteriores motivaron la hipótesis de que la metodología propuesta permitirá mejorar la gestión de sus procesos.

Esta metodología se aplicó en uno de los procesos de producción de una pyme del sector metal básico, ubicada en el estado de Tlaxcala. Al emplearla, la empresa deberá documentar sus procesos de producción, establecer claramente los recursos, los métodos y las condiciones de trabajo. Para lograrlo requerirán herramientas de ingeniería de métodos, ingeniería de calidad y de procesos de negocio.

Objetivo general

Proponer una metodología que permita la estandarización y mejora de procesos de producción en PyMEs dedicadas a la transformación.

Objetivos específicos

1. Enmarcar la metodología en la administración de procesos de negocio.
2. Estructurar la metodología orientándola a la mejora de procesos.
3. Sustentar la propuesta metodológica con herramientas de ingeniería industrial y de procesos de negocio.
4. Aplicar la metodología en una PyME.

Problemática

I. Características e importancia económica de las PyMEs

Para la medición del tamaño de las pequeñas y medianas empresas no existe una fórmula internacionalmente aceptada o implementada. Cada país tiene legislaciones y políticas para clasificarlas.

Dependiendo del método utilizado, ésta puede ser medida por el número de empleados, monto de las ventas y/o activos, así como por una combinación de factores. Por ello, una PyME mexicana no tiene necesariamente la misma clasificación que tendría en otro país.

La tabla 1, muestra la clasificación de las PyMEs en México, bajo los criterios del “Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de junio de 2009.

Tamaño	Sector	Rango de número de trabajadores	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
Micro	Todas	Hasta 10	Hasta \$4	4.6
Pequeña	Comercio	Desde 11 hasta 30	Desde \$4.01 hasta \$100	93
	Industria y servicios	Desde 11 hasta 50		95
Mediana	Comercio	Desde 31 hasta 100	Desde \$100.01 hasta \$250	235
	Servicios	Desde 51 hasta 100		
	Industria	Desde 51 hasta 250		250

*Tope máximo combinado=(Trabajadores)(10%)(Ventas anuales)(90%)

Tabla 1. Estratificación de las empresas en México

La mayoría de las empresas son, o alguna vez fueron, pequeñas empresas. Su desarrollo y crecimiento contribuye al bienestar social a través de la creación de empleos, promueve la innovación y generación de riqueza. Además, tienen el potencial para convertirse en grandes empresas.

Algunos datos que resaltan la importancia de las PyMEs en México, de acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en 2007 son que: constituyen el 99% de todas las empresas, contribuyen el 52% del PIB (2006) y emplean a casi tres cuartos de la población (72% en 2006).

En la tabla 2, se presenta el número de empleados por unidad productiva, de acuerdo a la encuesta nacional de ocupación y empleo, presentada por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social hasta el tercer trimestre de 2010. A partir de esos datos se realizó un pronóstico para los siguientes cuatro años:

Tamaño de la unidad económica (No agropecuario)					
Año	Pequeñas	Medianas	PyMEs	Grandes	% Ocupación en PyMEs
2005	24.76	16.39	41.15	14.29	74.22
2006	25.63	17.19	42.82	14.97	74.09
2007	25.90	17.30	43.20	15.44	73.67
2008	26.49	17.29	43.78	15.40	73.97
2009	26.45	16.99	43.44	14.23	75.33
2010	25.00	16.77	41.77	14.81	73.83
2011	25.42	16.90	42.32	14.84	74.04
2012	25.85	17.03	42.88	14.87	74.25
2013	26.27	17.16	43.43	14.90	74.46
2014	26.69	17.29	43.99	14.93	74.66

Tabla 2. Ocupación y empleo en PyMEs no agropecuarias

La tabla 2 confirma la importancia económica y social de este sector, debido a que representan más del 70% de los empleos no agropecuarios. La gráfica de la tabla anterior puede consultarse en el anexo I.

De acuerdo a la OCDE en 2006 la participación de las PyMEs en el PIB fue del 52%, mientras que en el censo económico de 1999 había sido del 40%, lo que indica que es un sector muy dinámico.

El sitio de internet Observatorio PyME, el 10 de diciembre de 2010 afirmaba que estas empresas representaron en 2008 el 28.8 por ciento del volumen total de exportaciones (excluyendo el petróleo), lo que se tradujo en 69.40 de miles de millones de pesos, con un total de 10 385 empresas (ver anexo II). Lo anterior resalta la importancia que este sector representa económicamente para el país.

De acuerdo con el censo económico realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2009, las PyMEs representan el 6.7 por ciento de las unidades económicas y sólo 0.7 por ciento corresponde a empresas grandes, la diferencia corresponde a unidades de tamaño micro. Mientras que el personal ocupado para cada sector fue de 23.2, 27.1 y 49.7 por ciento para las micro, PyMEs y grandes empresas, respectivamente.

La tabla 3, contiene un resumen de las características de las unidades manufactureras, los datos que aparecen fueron tomados del censo económico 2009.

Industria	Número de unidades económicas	Producción brutal total	Total de activos	Personal ocupado (Dependiente de la razón social)
Química	0.9	16.5	10.6	5
Alimentaria	33	14.4	12.9	17.9
Fabricación de equipo de transporte	0.5	15.9	15.3	11.6
Fabricación de productos derivados del petróleo y carbón	0.0 *	11.7	5.6	0.7
Metal básica	0.2	7.7	9.8	1.7

* Por redondeo

Tabla 3. Algunas características de las unidades manufactureras

II. La gestión de procesos en las pequeñas y medianas empresas mexicanas

Solís *et al* (2004) refieren que hasta los años 1970s México fundamentaba su economía en tres ejes: barreras arancelarias, cuotas restrictivas a productos de importación y la negación de permiso de importación de bienes por el interés nacional. Los efectos que se generaron fueron: estancamiento tecnológico, nula inversión en investigación y desarrollo, baja calidad, costos no competitivos y mínimo desarrollo organizacional. León (2002), sostiene que el cambio de modelo económico en México generó: restricción de gasto social, incremento en inversión extranjera directa, adelgazamiento del estado, desaparición de PyMEs ante las nuevas condiciones de competencia y fortalecimiento de la empresa transnacional.

De acuerdo con Palomo (2005) las áreas de oportunidad para las PyMEs son las mismas que se estudian para las grandes empresas, es decir, no son áreas de oportunidad exclusivas para ellas, en consecuencia las soluciones no toman en cuenta la especificidad de este sector, como podrían ser sus procesos de gestión y sus problemas asociados. Kauffman (2001) afirma que a nivel interno la problemática que enfrentan las PyMEs mexicanas ante la globalización es que carecen de sistema de planeación, organización, administración y control eficientes, así como de desarrollo de tecnologías propias para la gestión y desarrollo de sus actividades productivas.

La inadecuada gestión en las PyMEs puede reflejarse en su lento desarrollo o en su desaparición. Las causas por las cuales desaparecen estas empresas en México son: problemas administrativos (43%), problemas fiscales (16%),

incapacidad para cumplir requisitos (15%), deficiencia en comercialización (11%), por errores en insumos y producción (8%) y debido a falta de financiamiento (7%) (Sánchez, 2003). Exceptuando problemas fiscales y falta de financiamiento, los demás puntos pertenecen a la gestión interna, ante esto es necesario los procesos que Palomo (2006) llama como puntos críticos del negocio, los cuales son: planeación, gestión, calidad y financiamiento.

Los problemas anteriores llegan a convertirse en una barrera para la incorporación de las empresas en nuevos mercados. De acuerdo con los resultados de la encuesta del observatorio PyME (2002) sólo el nueve por ciento de las PyMEs participaba en exportaciones, información que se muestra en la figura 1.

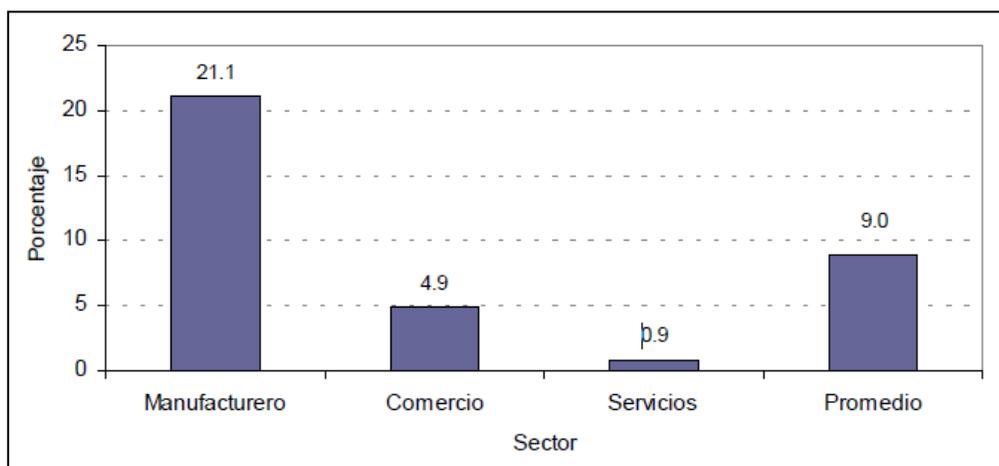


Figura 1. Porcentaje de PyMEs exportadoras, por sector

El periódico El Universal en su versión en internet en el año 2007 publicó que tan sólo el 8.6 por ciento de las PyMEs exportó en 2006, y que algunas de las barreras para las empresas que no lo hicieron fueron altos costos logísticos, altos costos de operación, mala administración y otras barreras comerciales.

Los principales factores internos que limitan la capacidad de exportación en las PyMEs se muestran en la figura 2, a partir de ella el CIPI (2003) concluye que las empresas no han tenido la escala necesaria para participar en mercados externos.

Motivo por orden de importancia y porcentaje de empresas (En paréntesis)				
Sector	1°	2°	3°	4°
Manufacturero	Ninguno (27.2%)	Insuficiente capacidad productiva (27.1%)	Insuficiencia organizativa (20.1%)	Insuficiente calidad (12.1%)
Comercio	Ninguno (35%)	Falta de mercado / carencia crédito para inversiones requeridas (26.1%)	Insuficiencia organizativa (8.8%)	Insuficiente capacidad productiva (4.7%)
Servicios	Insuficiencia organizativa (35.8%)	Ninguno (35.4%)	Insuficiente capacidad productiva (22.8%)	Falta de presencia en los mercados (6.1%)

Figura 2. Limitantes de exportación en PyMEs

La Comisión Intersecretarial de Política Industrial (CIPI) en 2003 publicó las áreas que las PyMEs consideraban prioritarias para ser apoyadas, tales áreas y su importancia se muestra en la figura 3. Se nota que las áreas de oportunidad son comunes en los sectores, sin embargo, las formas de alcanzarlas pueden no ser las mismas, los métodos y herramientas a emplear dependerán de la naturaleza de la organización y sus procesos.

Área por orden de importancia y porcentaje de empresas (En paréntesis)				
Sector	1°	2°	3°	4°
Manufacturero	Producción (58%)	Servicio al cliente (60.4%)	Ventas (51.1%)	Calidad (42%)
Comercio	Producción (67%)	Servicio al cliente (60.4%)	Compras (43.4%)	Calidad (23.8%)
Servicios	Servicio al cliente (77.6%)	Calidad (27.2%)	Ventas (19.7%)	Planeación (5.8%)

Figura 3. Áreas de apoyo solicitadas por las PyMEs

En la necesidad de mejorar en la gestión de sus procesos y calidad, las PyMEs dedicadas a la transformación han adoptado diversas herramientas, aunque en un porcentaje muy bajo, como lo demuestra el reporte publicado realizado por el INEGI, la Secretaría de Economía, The Inter American Development Bank y la Università di Bologna en 2003, del cual se tomaron los resultados que se citan a continuación: 85.61% no cuenta ni está en proceso de obtener alguna certificación, 10% cuenta con alguna certificación ISO, 0.74% con alguna certificación de empresa limpia, 24% de las empresa emplea el control estadístico de procesos, 10% emplea justo a tiempo y 31% emplea administración total de la

calidad. Cabe aclarar por la metodología empleada para el estudio las respuestas no son excluyentes, por lo que, por ejemplo, el 24% de empresas que emplean control estadístico de calidad pueden ser las que pertenecen al 31% de empresas que emplean administración total de la calidad.

Existen sistemas, metodologías y técnicas para la mejora de calidad en productos y procesos, de las cuales han sido principalmente adoptadas por PyMEs. En México, de acuerdo con Barbosa *et al* (2010) éstas son: ISO 9000, seis sigma, manufactura esbelta y control estadístico de procesos, y de acuerdo con el CIPI (2003) son: ISO 9000, ISO 14000, administración total de la calidad y control estadístico de procesos. Auliso *et al* (2005) afirman que muchas organizaciones optan por la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad ya sea basado en un modelo de excelencia (de los usados para evaluar los Premios Nacionales de Calidad) o en el modelo certificable de la Norma ISO 9001:2000.

Los medios para lograr mejoras son diversos, sin embargo cada uno requiere contar con bases para adaptarlo a un negocio en particular y, como afirma Barbosa *et al* (2010) algunos problemas de las PyMEs son que la administración no trabaja con base en datos e información para la toma de decisiones, no establece indicadores que faciliten la administración de la empresa, entre otros. Ante estas circunstancias es necesario ayudar a estas empresas primero, a visualizar sus procesos con una perspectiva de procesos de negocios, segundo, a estandarizar sus métodos y condiciones de trabajo, tercero, proporcionarles herramientas para detectar áreas de oportunidad considerando que carecen de datos para hacerlo y, cuarto, mejorar, evaluar y controlar sus procesos.

Lo anterior abre un campo de oportunidades para incorporar en la gestión de estas empresas herramientas que les faciliten su concepción como un proceso de negocios, y otras que les permitan formalizar su quehacer. Ante la ausencia de registros es necesario proveerles instrumentos que les permitan detectar áreas de oportunidad con tales condiciones, esto puede lograrse aprovechando los conocimientos y experiencias del factor humano.

De los tres sectores mostrados en la figura 3, el sector manufacturero requirió el más alto nivel de apoyo para la mejora de calidad, y un porcentaje alto para temas de producción, y de acuerdo con el CIPI (2003) el 50 por ciento de las empresas no cuenta con manuales, aunado a la importancia económica y social de este sector por el crecimiento continuo que ha tenido desde 1993 (ver anexo III), la propuesta que se propone en el presente trabajo se enfoca en él.

De acuerdo con el INEGI (2010) el sector manufacturero se divide en nueve categorías principales, una de las cuales es la metal básica. Este sector se

encarga de la fundición y laminación primaria de hierro y acero, laminación secundaria de hierro y acero, tubos, y postes de hierro y acero. Además, tiene que ver con el cobre, zinc, estaños, metales preciosos y sus aleaciones. A partir de 1993 este sector ha crecido en su volumen de producción y personal empleado, como lo demuestran las gráficas de los anexos I y III, respectivamente. Por la derrama económica y el número de empleos que generan, aunado a la estrecha relación que sus productos mantienen con las demás industrias, como materias primas o productos terminados, hace de ellas un nicho de oportunidades para la mejora de la productividad, por lo cual el presente trabajo se delimita en estas empresas.

Capítulo 1. Marco teórico conceptual

1.1 Prácticas de calidad

1.1.1 Definición

Es importante comprender el concepto práctica de calidad, ya que será empleado a lo largo de este trabajo, además, que se tomarán varias de ellas como referencia al definir la estructura de la metodología propuesta.

Ackoff (1991) define una práctica como un curso de acción que se repite en circunstancias similares y así mismo, un curso de acción como un acto específico de una persona o de un grupo. Sánchez (2005) fundamenta que el término *práctica de calidad* engloba los conceptos: prácticas de mejora de los procesos, técnicas y herramientas de mejora de la calidad, prácticas de gestión y herramientas de mejora. Además, hace notar que las palabras más recurrentes en los conceptos anteriores son: práctica, herramienta y técnica; así como los verbos administrar, gestionar y mejorar, que son palabras con el fin de definir su objetivo.

Administrar y gestionar son elementos esenciales para lograr la mejora, de esta manera se establece que el objetivo de una práctica de calidad es mejorar a partir de impulsar cambios de los cuales se obtenga una ventaja. El término puede definirse como las iniciativas que lleva a cabo una empresa con el propósito de mejorar las calidad de un producto o servicio, con la intervención de un facilitador interno o externo (Sánchez, 2005).

Para el presente trabajo el término prácticas de calidad se refiere a acciones que se repiten en orden y circunstancias similares para mejorar la calidad en los procesos de producción.

1.1.2 Clasificación

A continuación se muestran los objetivos y una breve reseña de las prácticas de calidad, que en base a la literatura son las más empleadas en procesos de transformación, serán analizadas para comprender su estructura y funcionamiento para obtener una visión más amplia al proponer la estructura metodológica del presente trabajo.

Fuentes Zenón (2008) en sus apuntes de planeación prospectiva clasifica en un cuadro las prácticas de calidad mas empleadas en las empresas, además, permite visualizar que van dirigidas a distintos sectores empresariales y a distintas áreas o subsistemas (figura 4).

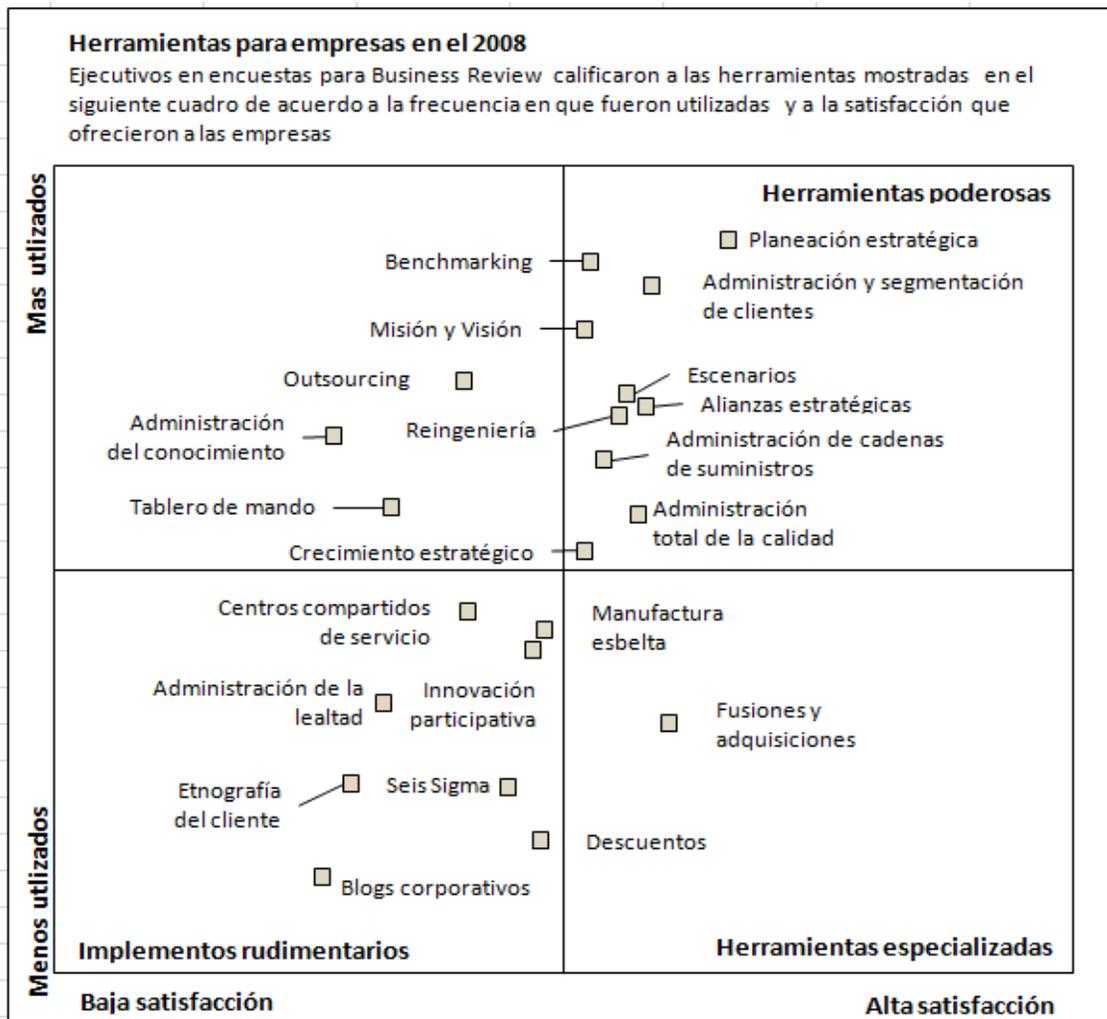


Figura 4. Clasificación de las prácticas de calidad

a) Benchmarking

Se emplea para mejorar el proceso de negocio comparándolo con el proceso y las técnicas de mejoramiento de una segunda organización. Permite recolectar información acerca de prácticas competitivas.

Robert J. Boxwell (1994) hace un recuento histórico de benchmarking y, dice que se refiere a dos cosas:

- Proponerse metas utilizando normas externas y objetivas, y aprendiendo de los otros.
- Aprendiendo “cuánto” y, tal vez lo que es más importante, aprendiendo “como”

Los principales beneficios de las organizaciones serán:

- Se aprenderá de otros cuyos procesos son mejores.
- Se adaptará lo aprendido para mejorar.
- Se llegará a un mejoramiento organizacional mediante un proceso continuo y sistemático de evaluación de productos, servicios y procesos de trabajo de organizaciones reconocidas como representantes de las mejoras prácticas.
- Se desarrollarán planes a corto y largo plazo.

Dada la actividad funcional específica o la de varias áreas funcionales relacionadas en un proceso, la metodología de trabajo de benchmarking cubre aspectos tales como:

- Determinar en qué actividades hacer Benchmarking.
- Seleccionar los factores a medir.
- Identificar a las empresas con prácticas más avanzadas.
- Desarrollar los indicadores.
- Medir la actuación de las empresas con prácticas más avanzadas.
- Medir la actuación propia.
- Edición de informe con conclusiones de los resultados para las empresas participantes.
- Desarrollar un programa de reuniones para difundir la “como” de las mejores prácticas.

b) Reingeniería de procesos de negocio (BPR)

Davenport & Short (1990) discutían como el uso de las tecnologías de la información en el rediseño de procesos de negocios podría ayudar a las organizaciones a transformar y mejorar sus procesos. Definían proceso de negocio como el análisis y el diseño de los flujos de trabajo y de procesos dentro y entre organizaciones.

Recomendaban cinco pasos para lograr el rediseño de procesos. El primero era revisar la visión del negocio y los objetivos de los procesos, para lograr así los deseados. El segundo era identificar los procesos a ser rediseñados. El siguiente paso consistía en la comprensión y medición de los procesos existentes. El cuarto paso era identificar como las tecnologías de la información podía apoyar el rediseño de procesos. El último paso consistía en implementar un prototipo del proceso. Consideraron que esta combinación generaría una nueva disciplina en la ingeniería industrial

Hammer (1990) realizó una publicación sobre el rediseño de procesos de negocio. Argumentó que las corporaciones necesitaban cambios radicales en sus procesos de negocio para aprovechar las ventajas de sus computadoras. Argumentaba que el principio era el enfoque de organización alrededor de los procesos en lugar de las tareas, y que cada proceso debería tener un propietario, quienes serían los encomendados de mejorarlos. Además, los trabajadores deberían estar calificados para realizar todas las tareas y no solo una. Para él las tecnologías de la información apoyarían a los trabajadores en la toma de decisiones, mediante el acceso a la base de datos.

c) Administración total de la calidad

Tiene sus raíces en otros campos de esta área como: el desarrollo organizacional, las teorías de motivación, la teoría de liderazgo, la administración científica, la cultura corporativa, el involucramiento con los empleados, el trabajo en equipo y muchos otros. Los principales autores de calidad han tomado algunos de estos conceptos y los han integrados a otros aportados por ellos en esta teoría.

Los principios fundamentales de este sistema de gestión son los siguientes:

- Consecución de la plena satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente.
- Desarrollo de un proceso de mejora continua en todos los procesos de la empresa.
- Total compromiso de la dirección y un liderazgo activo de todo el equipo directivo.
- Participación de todos los miembros de la organización y fomento del trabajo en equipo.
- Involucrar a proveedores en el sistema de calidad total en la empresa.
- Identificación y gestión de los procesos clave de la organización.
- Toma de decisiones de gestión basadas en datos y hechos objetivos.

Tiene por objetivo garantizar, a largo plazo, la supervivencia, el crecimiento y la rentabilidad de una organización optimizando su competitividad, mediante el aseguramiento permanente de la satisfacción de los clientes y la eliminación de desperdicios.

d) Seis Sigma

Es una metodología aplicada, que tiene por objetivo ofrecer un mejor producto o servicio, más rápido y al costo más bajo. Se centra en la eliminación de defectos y la satisfacción del cliente.

Establece una “calificación sigma” al desempeño de los procesos. Cuanto más grande sea la calificación mejor será el desempeño del proceso.

Esta metodología se basa en la curva de distribución normal para conocer el nivel de variación del proceso, con una distribución de frecuencias con forma de la campana de Gauss, y con una probabilidad conocida de que algunos productos queden fuera de los límites de especificaciones. El proceso será mejor cuanto más centrado respecto a los límites y cuanto más estrecha sea la campana.

Esta metodología puede aplicarse a todas las actividades que conforman la cadena de valor interna, en las que se considera defecto todo aquello que provoca insatisfacción del cliente.

Se compone de dos niveles: operacional y gerencial. En el primero se utilizan las herramientas estadísticas para elaborar la medición de variables de los procesos industriales con el fin de detectar defectos; en el segundo se analizan los procesos utilizados por los empleados para aumentar la calidad de los productos, procesos o servicios.

Se desarrolla en un marco conocido como DMAIC, por sus siglas en inglés es acrónimo de: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

e) Cero defectos

En el marco de calidad total, uno de los objetivos es conseguir una meta de cero defectos, para lo cual, se ha dispuesto utilizar dispositivos a prueba de errores, conocidos como PoKa Yoke (imposibilidad de error), mediante los cuales se realizan inspecciones automáticas y muy económicas en la fuente, con la finalidad de detectarlos y eliminarlos.

Existen varios niveles de prevención Poka Yoke, los cuales se mencionan a continuación:

- Nivel cero: donde los trabajadores nunca saben cuando han contribuido al éxito de la empresa, pero por lo general se les informa cuando su trabajo es incorrecto.
- Nivel uno: aquí se informa a los trabajadores cada vez que su trabajo ayuda a lograr las actividades de control, para que cada uno vea que su desempeño es necesario.
- Nivel 3: se hacen estándares dentro de su propio ambiente de trabajo, con sus propias herramientas y materiales, se les explica cual es la mejor manera de hacer las cosas, de una forma fácil de comprender.

- Nivel 4: instalar alarmas, para hacer más corto el tiempo que tarda un trabajador en darse cuenta que algo está fuera de control, así como encender una luz cuando los insumos no sean suficientes o cuando necesite alguna ayuda.
- Nivel 5: un sistema de control visual que ayude a eliminar cualquier tipo de anomalía que se pudiera presentar, y así se descubren las causas y se impide su repetición.
- Nivel 6: este nivel es a prueba de errores, se verifican los productos al 100%, y se garantiza que no vuelvan a ocurrir.

Las prácticas anteriores se orientan a la mejora de procesos desde perspectivas diferentes, y de cada una pueden retomarse aspectos que contribuyan al objetivo del presente trabajo.

De Benchmarking es importante destacar que selecciona factores a medir, desarrolla indicadores y mide la actuación, esto debiera ser prioritario en las PyMEs para que se inicien en la evaluación de su desempeño; que estas empresas conciben sus procesos con una visión diferente sería un notable cambio, que pudiera lograrse retomando de la reingeniería de procesos de negocio, la concepción de los procesos como uno de negocios y, en la comprensión y medición de los existentes. Es importante que conciben su proceso como un elemento no aislado y, que requiere de un proceso continuo de mejora que involucre y conlleve a un desarrollo organizacional, para lograrlo pueden retomarse principios de la administración total de calidad. Seis sigma se puede retomar su estructura sistemática y las herramientas estadísticas que emplea, y, pueden retomarse algunas herramientas de cero defectos, para que mediante el recurso humano se diseñen e implementen instrumentos para prevenir errores.

1.2 La estadística industrial y la calidad en procesos de producción

1.2.1 Elementos de calidad

La competitividad de una empresa está determinada por la calidad del producto, el precio y la calidad del servicio (Gutiérrez y de la Vara, 2004). Todos los elementos que intervienen en un sistema de producción afectan el nivel de tales factores, por lo que es fundamental asegurar la calidad en los suministros de cada fase del proceso.

El cumplimiento en calidad debe lograrse al mínimo costo, por lo cual las empresas están obligadas a incrementar la productividad en todos sus procesos, es decir, las empresas se hacen cada vez más eficientes.

Gutiérrez y de la Vara (2009) afirman que desde el punto de vista de los clientes, las empresas y/u organizaciones existen para proveer un producto material o inmaterial, un bien o un servicio, ya que ellos necesitan productos con características que satisfagan sus necesidades y expectativas.

En la relación proveedor-cliente existe la premisa fundamental de la calidad, la cual puede definirse de acuerdo con las normas ISO 9000:2000 como “la totalidad de detalles y características de un producto o servicio que influye en su capacidad para satisfacer necesidades dadas”.

De acuerdo con Hines, *et al* (2008) la calidad se determina a través de la interacción de la calidad en el diseño y la calidad de la conformancia. La primera es resultado de decisiones de ingeniería y administración premeditadas, la segunda se entiende como la reducción de la variabilidad y eliminación de defectos sistemáticos. Montgomery (2009) afirma que la calidad tiene ocho dimensiones las cuales son: desempeño, confiabilidad, durabilidad, facilidad de servicio, estética, características incluidas, calidad percibida y conformidad con los estándares.

Un cliente externo que perciba las ocho dimensiones en un bien, facilitará el posicionamiento y motivará el crecimiento de una empresa en el mercado. Cuando un cliente que es interno recibe suministros con las ocho dimensiones de calidad, y participa en un proceso estandarizado, incrementará la productividad, la cual se da en términos de eficiencia y eficacia. Por ello es necesario incentivar la mejora de éstas, de acuerdo con Gutiérrez y de la Vara (2009) la mejora de eficiencia disminuye tiempos desperdiciados por paros de equipos, carencia de materiales, falta de balance de capacidades, retrasos en suministros y órdenes de compra y; la mejora de eficacia disminuye los productos con defectos, fallas en arranque y operación de procesos.

La no calidad en los suministros generará costos conocidos como “costos de calidad pobre”, Windsor (2007) los divide en cuatro categorías:

- a. Falla interna: asociados con fallas en procesos internos, incluyendo re-trabajos y desechos.
- b. Falla externa: asociados con devoluciones de los clientes, reclamaciones, revocaciones y fallas de campo.
- c. Cotización: costo de evaluar, inspeccionar o medir un proceso, producto o servicio.
- d. Prevención: por entrenamiento, educación y sistemas para prevenir errores.

Un proceso incrementa su calidad cuando capture la menor cantidad de costos de calidad pobre. Para evaluarlo es necesario medir y controlar su desempeño, de

acuerdo con la metodología Seis Sigma la métrica de desempeño de un proceso está dado por su índice de capacidad Cpk, cuando mayor, mejor será su desempeño; lo que implicará una menor cantidad de defectos.

1.2.2 La estadística industrial

W. Edwards Deming y Joseph Juran fueron destacados estadounidenses que en la década de 1950 enseñaron a los japoneses los conceptos de control de procesos y mejoras de los mismos, subrayando el papel de la administración y el empleado, lo que se tradujo en grandes cambios a través de los años.

En el mismo período, debido a que la industria estadounidense tenía un mercado infinito para sus bienes se enfocó en aumentar la productividad sin asegurar una gran calidad, entrando al dilema calidad-productividad, que los llevó a perder presencia en el mercado ante los productos japoneses. Finalmente en la década de 1970 varias empresas estadounidenses comenzaron a aplicar los métodos de Juran y Deming, y a mediados de los ochentas éstas comenzaron a tener éxito destacado.

El buen uso de la estadística industrial depende de la técnica gerencial que se practique. Kenett (2000) establece en una escalera de calidad los siguientes estilos administrativos para la búsqueda de la calidad: (I) extinción de incendios, (II) inspección y supervisión tradicionales, (III) control y mejoramiento de procesos, y (IV) calidad por diseño. Esta escalera de calidad se muestra en la figura 5.

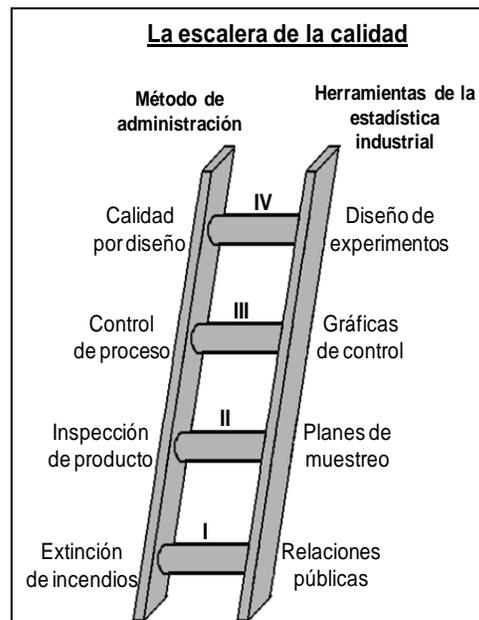


Figura 5. La escalera de la calidad

En cada uno de los peldaños de la escalera se busca la solución de problemas, que conduzcan a la mejora de la calidad. Para dar soluciones en los tres peldaños más altos de la escalera se requiere comprender la existencia de la variabilidad en los procesos, y que ésta únicamente puede estudiarse con herramientas y métodos estadísticos.

Gutiérrez y de la Vara (2009) definen variabilidad como la diversidad de resultados de una variable o proceso. Montgomery (2009) afirma que la reducción sistemática de la variabilidad es el principal objetivo de la ingeniería de calidad, y que sólo puede describirse en términos estadísticos. Además, define ingeniería de calidad como un conjunto de actividades operativas, administrativas y de ingeniería que emplea una compañía a fin de asegurar que las características de la calidad de un producto se encuentran en los niveles nominales o requeridos.

Han existido muchas herramientas para mejorar la calidad, tales como cero defectos, la calidad es gratis, TQM, etc. La mayoría han fracasado. Un componente principal del mejoramiento de calidad exitoso consiste en impulsar el uso de las herramientas estadísticas y de ingeniería apropiadas en los sitios correctos de la organización (Montgomery, 2009).

Lo anterior resalta la importancia de integrar métodos, herramientas y técnicas estadísticas que le permita a las PyMEs disminuir la variabilidad en sus procesos de producción.

Retomando a la metodología Seis Sigma y autores en estadística, es importante que el nivel de complejidad sea incremental, es decir, se comience por herramientas que permitan describir el problema, identificar causas, determinar soluciones y monitorear el desempeño. A continuación se describen algunas técnicas estadísticas que pudieran ser empleadas al aplicar esta metodología.

1.2.2.1 Estadística descriptiva

La estadística es el campo de la ciencia que tiene que ver con la recopilación, presentación, análisis y uso de datos para tomar decisiones y resolver problemas (Montgomery, 1996). Las principales medidas de tendencia central o localización son: media aritmética, mediana y la moda. La dispersión se mide con el rango, varianza y la desviación estándar. Los gráficos más empleados son el histograma, el diagrama de caja y el de tallo y hoja.

Los datos sobre alguna variable pueden ser un volumen grande, por lo que tomar decisiones a simple vista es complicado, ante ello, una solución es emplear un histograma, el cual es una gráfica de barras que permite obtener una visión sobre el comportamiento de la información. Este diagrama emplea los conceptos de

clase, rango y frecuencia. Se emplea en el seguimiento del desempeño actual un proceso, seleccionar el siguiente producto o servicio a mejorar, probar y evaluar las revisiones de procesos para mejorar y obtener una revisión rápida de la variabilidad dentro de un proceso.

Otra herramienta importante es el diagrama de cajas, que Gutiérrez y de la Vara (2009) definen como una herramienta que describe el comportamiento de los datos y es de suma utilidad para comparar procesos, tratamientos y, en general para hacer análisis de estratos. Son muy útiles para comparar el desempeño de procesos ya que muestran la variabilidad y su tendencia central.

Aunque el histograma muestra un panorama amplio sobre los datos, la información continúa siendo densa, por lo que es necesario contar con medidas estadísticas que permitan comparar y tomar decisiones, de las más empleadas son las medidas de posición y dispersión. Fernández *et al* (2002) afirman que las medidas de posición permiten identificar una distribución midiendo el valor que toma la variable en diversas posiciones singulares de la misma y, las de dispersión miden la concentración alrededor de un promedio.

1.2.2.2 Herramientas de estadística inferencial

Quevedo y Pérez (2008) la definen como un conjunto de métodos que se utilizan para deducir alguna característica de la población con únicamente información parcial. Con esta rama de la estadística se infiere cómo es la población donde se obtuvo un subconjunto de datos.

Una población se caracteriza por una variable aleatoria y ésta, a su vez, por su distribución de probabilidad que se puede expresar a partir de parámetros, si éstos se desconocen, pueden estimarse a partir de datos muestrales (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

La inferencia se divide en estimación y pruebas de hipótesis, y se apoya en estadísticos calculados de una muestra. Un estadístico es un valor numérico calculado sobre una muestra, y representa una medida o función que ayuda a identificar la distribución de tales datos, los estimadores poseen las propiedades siguientes: insesgamiento, eficiencia, consistencia, suficiencia y robustez.

La estimación puede ser puntual o por intervalos, la puntual se emplea para estimar el valor de un parámetro desconocido, mientras que la estimación por intervalo se refiere a un rango definido en el cual puede encontrarse el valor de un parámetro desconocido.

De acuerdo con Montgomery (2009), la prueba de hipótesis es un enunciado acerca de los valores de los parámetros de una distribución de probabilidad. Para probar una hipótesis se plantean una hipótesis: H_0 llamada nula y H_1 llamada alternativa, se toma una muestra aleatoria de la población bajo estudio y se calcula un estadístico de prueba apropiado, y después la hipótesis nula se rechaza o no se rechaza. Para contrastar las hipótesis se requiere emplear un estadístico de prueba, bajo el supuesto de que la hipótesis nula es verdadera mientras no se demuestre lo contrario. Cada estadístico de prueba definirá la forma de realizar el contraste. Novales Cinca (1993), afirma que cada caso en particular confiere determinadas características: *el error tipo I* de un contraste se produce cuando se rechaza la hipótesis nula siendo cierta, mientras *el error tipo II* se produce cuando se mantiene la hipótesis nula, a pesar de ser falsa.

Para efectuar el contraste es necesario fijar con anterioridad un *nivel de significancia* (α), el cual es la probabilidad de cometer un error tipo I, y su complemento $1-\alpha$ es el nivel de confianza del contraste. La *potencia del contraste* es la probabilidad de cometer el error tipo II (β). Algo importante a considerar es que “un contraste es insesgado cuando su potencia es mayor que su tamaño para todos los posibles valores del parámetro desconocido” (Novales Cinca, 1993).

Las pruebas de hipótesis pueden aplicarse a una o dos muestras y para diferentes estadísticos.

Cuando se trata de una sola muestra las pruebas pueden aplicarse a la media, varianza y una proporción; cuando se tratan dos muestras, las pruebas pueden ser para diferencia de medias, igualdad de varianzas y de dos proporciones. Cuando existen más de dos poblaciones se emplea el diseño de experimentos.

1.2.2.3 Diseño de experimentos

En 1926 Ronald A. Fisher publicó en el artículo “The Arrangement of Field Experiments” tres componentes fundamentales de los experimentos: control local de las condiciones de campo para reducir el error experimental, replicación como un medio para estimar la varianza del error experimental y aleatorización para una estimación válida de esa varianza. Desde ese momento y hasta 1933 desarrolló y consolidó los principios básicos de diseño y análisis de experimentos que hasta estos días son empleados.

Kuehl (2000) define el diseño de experimentos como el arreglo de las unidades experimentales utilizado para controlar el error experimental, a la vez que acomoda los tratamientos. De acuerdo con Gutiérrez y de la Vara (2005) un experimento es como un cambio en las condiciones de operación de un sistema o

proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio en una o varias propiedades del producto y, cuando se requiere mejorar un proceso puede hacerse de dos maneras: la primera, es observar o monitorear vía herramientas estadísticas, hasta obtener señales útiles que permitan mejorarlo y, la segunda, es hacer cambios estratégicos y deliberados al proceso para provocar dichas señales útiles. Al analizar los resultados del experimento se obtienen de manera inmediata las pautas a seguir para mejorarlo.

Para que las conclusiones extraídas de un experimento sean correctas, se emplea el diseño de experimentos. Miller y Miller (1993), describen que el término diseño experimental se utiliza para describir la etapas de: 1) identificación de aquellos factores que pueden influir en el resultado de un experimento, 2) diseño del experimento de modo que se minimicen los efectos de los factores incontrolados, y 3) utilización del análisis estadístico para separar los efectos de los diferentes factores implicados.

Para el correcto desarrollo de la aplicación de diseño de experimentos, Kuehl (2001) recomienda desarrollar una lista de verificación de aspectos concretos; algunos de los que sugiere incluir son: objetivos específicos del experimento, identificación de los factores que influyen y cuáles de ellos varían y cuáles permanecen constantes, características a medir, procedimientos particulares para realizar las pruebas o medir las características, número de repeticiones del experimento básico a realizar recursos y materiales disponibles.

El diseño experimental tiene como principio básicos los siguientes: 1) la aleatorización, realizar las pruebas experimentales en orden aleatorio y con material seleccionado también de manera aleatoria, 2) la repetición, se refiere a realizar más de una vez un tratamiento para estimar de manera más precisa el efecto de un factor y, 3) el bloqueo para incrementar la precisión del experimento.

1.2.2.4 Control estadístico de calidad

Montgomery (1998) lo define como el conjunto de métodos de ingeniería y estadísticos que se emplean en la medición, vigilancia, control y mejora de la calidad. Lo define como los métodos para: el control estadístico del proceso y el muestreo de aceptación.

a. Control estadístico del proceso

Este campo surge en la década de 1920. El doctor Walter A. Shewart fue uno de los pioneros de esta disciplina. Tuvo su mayor desarrollo durante y después de la segunda guerra mundial en Estados Unidos y Japón, respectivamente.

Hines *et al* (2008), lo define como un conjunto de herramientas para la resolución de problemas que puede aplicarse a cualquier proceso. Las principales herramientas que emplea son: histograma, diagrama de Pareto, diagrama causa-efecto, el diagrama de concentración de defectos, el diagrama de control, el diagrama de dispersión y la hoja de verificación.

Debido a que la metodología propuesta en este trabajo está orientada a procesos que tienen contacto por primera vez con este tipo de herramientas, se hace hincapié en el diagrama de control, ya que permite mediante un monitoreo del proceso observar su estabilidad. Sin embargo, también se consideran las demás herramientas, que cobran gran importancia para la identificación y solución de problemas.

Las gráficas de control pueden aplicarse para variables y para atributos. De acuerdo con Gutiérrez y de la Vara (2009), las gráficas de variables se aplican a características de calidad de tipo continuo, son las que requieren un instrumento de medición. Las gráficas de este tipo más empleadas son: de medias \bar{X} , de rangos (R), de desviaciones estándar (S) y de medidas individuales (X). Las gráficas de control para atributos se aplican donde el producto se juzga como conforme o no conforme, pueden emplearse para: proporción de artículos defectuosos (p), número de unidades defectuosas (np), número de defectos (c) y, número de defectos por unidad (u).

Otras herramientas importantes para monitorear el adecuado desempeño del proceso son la capacidad potencial y real del proceso, C_p y C_{pk} , respectivamente, que es posible conocerlos mediante un análisis de capacidad de proceso. Existen otros índices aplicables cuando en la variable de salida el valor más grande o más pequeño es lo mejor, conocidos como índice para la especificación superior (C_{ps}) e índice para la especificación inferior (C_{pi}), respectivamente.

De acuerdo con Montgomery (2009) la de capacidad de proceso analiza la variabilidad respecto de los requerimientos o especificaciones del producto y para ayudar al personal de desarrollo o de manufactura a eliminar o reducir en gran medida esta variabilidad.

La capacidad del proceso se refiere a la uniformidad del mismo, y hay dos formas de conceptualizarlas: la variabilidad instantánea y la variabilidad con el tiempo (Montgomery, 2009).

b. Muestreo de aceptación

De acuerdo con Gutiérrez y de la Vara (2009) es el proceso de inspección de una muestra de unidades extraídas de un lote que se realiza con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote.

El procedimiento para realizarlo es a partir de un lote de tamaño N , del cual se obtiene una muestra de tamaño n , se inspeccionan los n artículos y a partir de ellos se toma la decisión sobre la aceptación o rechazo del lote.

Sus ventajas radican en la disminución de costos al realizar pocas inspecciones, requiere poco personal para realizarlo, el producto sufre menos daño al haber poca manipulación, es aplicable a pruebas destructivas; sin embargo también existe el riesgo de aceptar lotes malos y rechazar buenos y, requiere tiempo para planificarlo y documentarlo.

Dependiendo de su aplicación pueden ser: por atributos o por variables.

Para planes de muestreo por atributos los más empleados son: Camerón, Military Standard 105E, Dodge-Romig; mientras que para variables el más empleado es el Military standard 414.

En esta sección se presentaron herramientas que contribuirán en la mejora, monitoreo y control de los procesos en las PyMEs. Sin embargo, es importante proporcionarles herramientas que les permita estandarizar las condiciones de operación, métodos y flujos de trabajo, por lo es necesario incorporar herramientas que apoyen dicha labor, es aquí una oportunidad para aprovechar el potencial de la ingeniería de métodos.

1.3 La ingeniería de métodos en la mejora de procesos de producción

1.3.1 Definición

Se reconoce a Frederick W. Taylor (1856-1915) como el fundador del estudio de tiempos en Estados Unidos. Sin embargo, desde 1760 el ingeniero francés Jean Rodolphe Perronet, hizo estudios de tiempos sobre la fabricación de clavos.

Taylor propuso que la administración planeara el trabajo de cada empleado, al menos un día antes, proporcionándoselas por escrito y de manera detallada y, la existencia de un tiempo estándar determinado para cada tarea. Es considerado el padre de la administración científica, la cual contenía los siguientes elementos: estudio de tiempos, estandarización de todas las herramientas y tareas, uso del

departamento de planeación, empleo de reglas de cálculo e implemento de apoyo, tarjetas de instrucciones para trabajadores, bonos por el desempeño exitoso, tasa diferenciales, sistemas de rutas y sistemas modernos de costos. También fue precursor del diseño de herramientas para cada tarea. La corriente de Taylor continúa en aplicación en las líneas de ensamble contemporáneas,

Otros precursores de la ingeniería de métodos fueron Frank Gilbreth y su esposa Lilian, al desarrollar la técnica moderna del estudio de movimientos, que es el estudio de los movimientos del cuerpo humano al realizar una operación, para mejorarla mediante la eliminación de movimientos innecesarios, la simplificación de los necesarios y el establecimiento de la secuencia de movimientos más favorable para la eficiencia máxima, (Niebel, 2009). Desarrollaron el estudio de micro-movimientos mediante la filmación del trabajo para estudiarlo y, las técnicas de análisis ciclográfico y cronociclográfico para estudiar las trayectorias de movimiento realizadas por un operario.

Cardona (2010) define la ingeniería de métodos como los procedimientos sistemáticos sobre los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras dentro de la problemática de la fabricación, hace parte con la medición del trabajo, de los dos referentes que determina el estudio del trabajo, como ciencia.

Kanawaty (1996), define el estudio del trabajo como el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando.

1.3.2 Importancia y aplicaciones

La ingeniería de métodos permite aumentar la productividad en un proceso, mediante la reorganización del trabajo. Esto normalmente puede lograrse con los recursos que cuenta la empresa, lo que la convierte en una herramienta muy útil para las pequeñas y medianas empresas.

Su característica sistemática permite analizar detalladamente las operaciones y métodos de trabajo en un proceso, por lo que es difícil pasar por alto alguno de los factores que influyen en la productividad al estudiar una operación existente, misma característica la hace vital en el diseño de nuevas tareas. Permite conocer al detalle las operaciones efectuadas en una tarea, por lo que se le considera como el método más exacto conocido hasta ahora para establecer normas o estándares de rendimiento, que impactan en una correcta planeación y control de la producción. Además, contribuye a mejorar condiciones de seguridad e identificar las condiciones de operación riesgosas, que antes de su aplicación no se detectaban.

La organización Internacional del Trabajo (OIT) refiere que los fines del estudio de métodos son: mejorar los procesos y los procedimientos, mejorar la disposición de la fábrica, taller y lugar de trabajo, así como los modelos de maquinas e instalaciones, economizar el esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria, mejorar la utilización de materiales, maquinas y mano de obra, crear mejores condiciones materiales de trabajo.

Es una herramienta muy poderosa para mejorar procesos, especialmente en las pequeñas y medianas empresas, debido a que no requiere de grandes inversiones, y a que está más sustentada en el compromiso de los miembros del proceso que a la conformación exclusiva de grupos de trabajo para desarrollarla.

1.3.3 Procedimiento básico para el estudio del trabajo

A continuación se resumen las etapas del procedimiento básico para realizar el estudio del trabajo que recomienda la Organización Internacional del Trabajo (OIT):

- *Seleccionar* el trabajo o proceso que se ha de estudiar.
- *Registrar* todo lo que sea pertinente del método actual por observación directa.
- *Examinar* con espíritu crítico lo registrado, en sucesión ordenada, utilizando las técnicas más apropiadas en cada caso.
- *Idear* el método más práctico, económico y eficaz, teniendo debidamente en cuenta todas las contingencias previsibles.
- *Definir* el nuevo método para poderlo reconocer en todo momento.
- *Implantar* ese método como práctica normal.
- *Mantener* dicha práctica instituyendo inspecciones regulares.

Para que un proyecto de mejora se logre, es esencial aplicar las siete etapas sin omitir alguna, y sobre todo, deben seguirse en el orden indicado. Aunque el procedimiento básico parece sencillo, eso no implica que el estudio de método lo sea y por tanto carezca de importancia.

1.3.4 Diagramas empleados en el estudio del trabajo

Algunos de los diagramas que se obtiene y de mayor uso en el estudio del trabajo son el diagrama de proceso de la operación y de flujo de proceso, los cuales se resumen a continuación.

- a) Diagrama de proceso de la operación: es una representación gráfica en un cuadro general de cómo se realizan procesos o etapas, considerando

únicamente todo lo que respecta a las principales operaciones e inspecciones (Janania, 2008).

- b) Diagrama de flujo de proceso: muestra mayor detalle que el diagrama de proceso de la operación, por lo que se aplica en una parte muy específica de la operación. Niebel (2004) destaca que este diagrama es muy valioso al registrar costos ocultos no productivos, como distancias recorridas, retrasos y almacenes temporales.

Para realizar un diagrama de este tipo se emplean cinco símbolos, los cuales se muestran en la tabla número cuatro.

Símbolo	Significado
○	Operación
⇒	Transporte
▽	Almacenamiento
D	Demora
□	Inspección

Tabla 4. Símbolos para un diagrama de flujo de proceso

1.4 Procesos de negocio

1.4.1 Definición

Para el aseguramiento y/o mejora de calidad es común encontrar que en las fuentes bibliográficas se acentúa la importancia de definir claramente el o los procesos estudiados, para medirlos, analizarlos y adaptarlos adecuadamente.

Para mostrar el proceso casi siempre se emplean gráficas de flujo estándar; y en empresas de transformación es común que se empleen para indicar las acciones a efectuar entre insumos y materiales y, para guiar el flujo físico a lo largo de las estaciones de un subproceso, que en muchas ocasiones inicia y termina en una misma área de la empresa, lo que induce a percibir el proceso como un ente exclusivo para determinada área.

De acuerdo con Lowenthal (2005) un gráfico de flujo estándar no muestra las interacciones entre departamentos ni los patrones de comunicación, por lo que se hacen necesarias herramientas adicionales para analizar los procesos de negocio a detalle.

Los procesos se clasifican como clave de negocio y de soporte. Los procesos clave de negocio, son aquellos que impactan de manera directa en el

cumplimiento con uno o más de los requerimientos del cliente, los procesos de soporte, sustentan a los procesos de operación (Tovar y Mota 2007).

Los procesos de negocio son parte esencial de la razón de ser del negocio (Tovar y Mota, 2007). Lo anterior conlleva a pensar que estos procesos pueden ser diferentes entre empresas, aún entre las de la misma actividad, por lo cual los autores refieren que no existe una lista estándar de estos.

Lowenthal (2005) define un proceso de negocio como un conjunto de tareas relacionadas lógicamente llevadas a cabo para lograr un resultado de negocio definido, con dos características importantes: la primera, que tienen clientes (internos o externos) y, la segunda que cruzan fronteras organizacionales. Además, se definen en tres dimensiones: entidades, objetos y actividades.

La página electrónica www.businessball.com (2010) refiere que un modelo de proceso de negocio es referencia de una estructura organizacional, descripción o diagramas que definen un flujo específico de actividades en un negocio particular de una organización. Por su complejidad y el tamaño de las organizaciones los procesos de negocio pueden administrados mediante una metodología empresarial llamada gestión de procesos de negocio (Business Process Management, BPM), cuyo objetivo es mejorar la eficiencia a través de la gestión sistemática estos, por lo que se deben modelar, automatizar, y optimizar de forma continua.

Larson y Larson (2010) describen tres grandes beneficios de la gestión de procesos de negocio, los cuales son: ahorro de tiempo y reducción de costos, mejoras en el servicio al cliente y el cumplimiento de regulaciones.

La gestión de procesos de negocios es fortalecida con la aplicación de la ingeniería de software para su automatización, lo que ha incitado a la creación de consultorías para este fin, que en ocasiones hacen percibirla como algún tipo de ingeniería de software. Keith Swenson (2010), aclara en su artículo que la gestión de procesos de negocio no es un programa de cómputo, pero que puede ser el objetivo para desarrollarlo. Además, establece claramente que un proceso de negocios es manejado por una persona de negocios, es decir, alguien que entiende el negocio y diseña una estrategia para hacerlo, evalúa, y decide los cambios en el proceso con el fin de adaptarse y satisfacer las necesidades cambiantes.

Swenson (2010), describe que el usuario de negocios dibuja un proceso de negocio, en términos de comunicaciones entre personas en los pasos del proceso, define un fórmula para determinar quién debe ejecutar la actividad, los lugares

para compartir información entre procesos y la integración con otros sistemas, para lograrlo se apoya en herramientas informáticas desarrolladas para ello.

1.4.2 Herramientas empleados en los procesos de negocio

Para realizar mejoras en algún proceso es fundamental comprender como funciona. Lowenthal (2005), destaca que para lograrlo es necesario apoyarse en el mapeo del mismo, y lo define como un diagrama visual que muestra todos los pasos mayores y menores del proceso, que permite identificar las variables clave de entrada y la salida resultante y, que finalmente muestra la complejidad del proceso al representar las actividades que añaden valor y la que no añaden valor. Además, describe como el mapa de proceso es una herramienta muy efectiva de comunicación, pues permite que las personas vean el proceso de la misma manera.

Existen diversas variables y funciones que contribuyen a la variabilidad en procesos de producción. En la figura 6 se muestra un esquema que se realizó tomando como base el que presenta Lowenthal (2005), para representar en forma gráfica un proceso de producción.

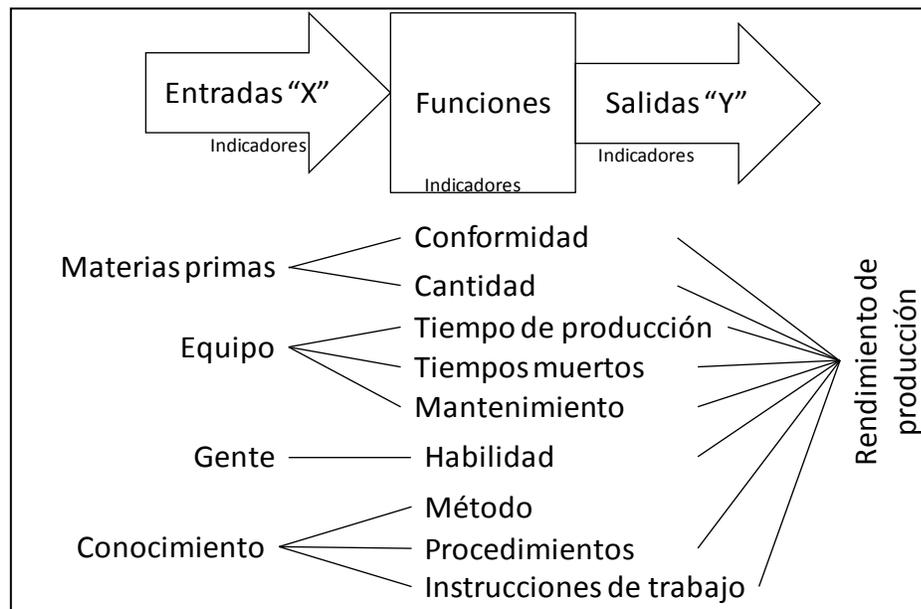


Figura 6. Funciones de la producción

Para el mapeo del flujo de trabajo en la metodología propuesta se emplearán el diagrama de interacción de negocios, y para obtener una visión estructurada del mismo, se empleará el diagrama integrado de flujo.

- a) Modelo de interacciones de negocios:** Permite identificar los elementos involucrados en un proceso y las operaciones de soporte que involucra, es fundamental para conocer las relaciones que ocurre entre ellos.

De acuerdo con Tovar y Mota (2007) SIPOC, que recibe su nombre por sus siglas en inglés, suppliers, input, process, outputs, customers, es español, proveedores, entradas, procesos, salidas, clientes, identifica los elementos dentro de un proceso, por lo que permite definir procesos e identificar las interrelaciones y delimitaciones de los mismos.

Esta herramienta puede ser empleada para mapear un proceso que involucre proveedores externos e internos, o bien, solo internos, lo cual dependerá del alcance del proyecto.

- b) Modelo de flujo de trabajo:** Ayuda a visualizar y a analizar la forma en que los diversos departamentos o unidades organizacionales operan en conjunto, al evaluar sus actividades internas y las transferencias entre ellos. Se define como el mapa de proceso de negocio que empieza desde el principio, describe el trabajo al pasar de una organización a otra, hasta llegar al resultado final para el cliente Lowenthal (2005).

Lowenthal (2005) describe de manera clara y precisa la concepción, construcción y aplicaciones de este modelo. Refiere que este modelo ayuda a visualizar y a analizar la forma en que los diversos departamentos o unidades organizacionales operan en conjunto, al evaluar sus actividades internas y las transferencias entre ellos. Además, lo define como el mapa de proceso de negocio que empieza desde el principio, describe el trabajo al pasar de una organización a otra, hasta llegar al resultado final para el cliente.

- c) Diagrama integrado de flujo:** Un diagrama integrado de flujo es una representación gráfica de los patrones físicos y de comunicación de un proceso (Lowenthal, 2005). Muestra mayor detalle respecto al de flujo de trabajo, sin embargo, no muestra los puntos de decisión, por lo cual es útil para analizar los flujos ocurridos en una parte específica del proceso.

En la tabla 5 se muestran los elementos empleados para construir un diagrama integrado de flujo

Elemento	Definición	Símbolo	Tipo de flujo
Tuberías	Conexión que muestra la transferencia oral o física de un lugar a otro		Físico
			Secundario
			Verbal
Actividades	Trabajo aplicado a un paquete		Significa (y): Empalme de tuberías
			Significa (o): División de tuberías
Archivos	Colección de información o material	<u>Nombre de archivo</u>	Permanente o temporal
Entidades externas	Suministradores o receptores de las entradas y salidas	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Nombre</div>	

Tabla 5. Elementos para un diagrama integrado de flujo

- d) Matriz de correlación de indicadores: Permite medir la interacción entre indicadores, para ello se colocan en las filas de la matriz los indicadores de procesos, y en las columnas a los de resultado. Además, se ocupan símbolos para ponderar la correlación existente entre ellos.

Tovar y Mota (2007), definen un indicador como una medición que puede ser expresada numéricamente y a lo largo del tiempo, que evalúa el desempeño de un proceso o de cuán efectivo ha sido este en el cumplimiento de las expectativas del cliente, estos deben ser: entendibles, accionables, accesibles, predictivos y económicos; y pueden ser de dos tipo: de resultado (efectividad) o de proceso (eficiencia).

Los indicadores se dividen en indicadores de resultado y de proceso. Los de resultado evalúan el nivel de cumplimiento en las expectativas de los clientes (internos o externos), estos indicadores mejoran una vez que los procesos también lo han logrado; mientras que los indicadores de proceso se aplican para predecir el comportamiento de los indicadores de resultado, y se emplean para medir el desempeño de los procesos (Tovar y Mota, 2007).

La matriz de correlación permite medir la interrelación existente entre los indicadores de proceso con los de resultados, por lo que primero deben determinarse ambos indicadores.

En la figura 7 se muestra un ejemplo de esta matriz y los símbolos que se emplean para ponderar la relación entre indicadores.

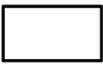
	Indicador de Resultado A	Indicador de Resultado B	Indicador de Resultado C	Indicador de Resultado D
Indicador de Proceso A				
Indicador de Proceso B				
Indicador de Proceso C				
Indicador de Proceso D				
Total				
Relación	Fuerte 9 puntos	Media 3 puntos	Débil 1 punto	Nula 0 puntos
Símbolo				

Figura 7. Matriz de interacción de indicadores

Capítulo 2. Propuesta metodológica

2.1 Introducción

El uso de iniciativas de calidad puede ayudar a las empresas a: 1) documentar y mejorar sus procesos, 2) comprender los requerimientos de sus clientes y asegurar que sus productos y servicios los cumplan y, 3) desarrollar una relación entre clientes y proveedores —internos y externos—.

Considerando conceptos y herramientas de ingeniería para la gestión y mejora de procesos, los objetivos enmarcados en las prácticas de calidad, y los problemas de gestión internos en las pequeñas y medianas empresas, se propone una metodología nueva, que busca cumplir los siguiente objetivos:

- Concebir un proceso de producción como uno de negocios.
- Realizar mejoras a los procesos de producción elegidos.
- Controlar los procesos para cumplir con las especificaciones del cliente.
- Documentar los procesos

La metodología que se propone en el presente trabajo integra conceptos de procesos de negocio, ingeniería de métodos e ingeniería de calidad, y procura que las PyMEs dedicadas a la transformación del sector metal-básico obtengan bases que el futuro les facilite insertarse en prácticas de calidad, tomando en cuenta sus capacidades y disposición de recursos.

Tiene como pilares conceptos de procesos de negocio para identificar los elementos que interactúan en el proceso, no solo en el flujo físico de materiales, sino también de información e interacciones con otras áreas u organizaciones.

Con las herramientas de ingeniería de métodos esta metodología analizará operaciones del proceso bajo estudio, para rediseñar las estaciones de trabajo y sus operaciones, establecer tiempos para cada una de ellas y estandarizarlas.

La estandarización lograda será desde el punto de vista de ingeniería de métodos, no desde la óptica de las normas internacionales para la gestión de la calidad —ISO, QS, ANSI, etc.—, con ello logrará el establecimiento formal de la secuencia de actividades en el proceso.

Además, integra herramientas de ingeniería de calidad, tales como: estadística descriptiva e inferencial, técnicas para la optimización de procesos y de control de calidad, para realizar el análisis y mejora del proceso, así como monitorearlo para

mantenerlo en los parámetros establecidos e identificar áreas de oportunidad de mejora.

A diferencia de otras metodologías, la que se propone en el presente trabajo no requerirá de la formación de un equipo dedicado especialmente a ella, su fortaleza radica en el compromiso y participación de todas las personas que en él interactúen, con la dirección de una persona responsable de su aplicación y seguimiento, papel que puede ser tomado por el dueño del proceso (responsable de producción, de línea, supervisor, etc.), con conocimiento en las herramientas de la metodología. Lo anterior permitirá lograr mejoras sin incurrir en gastos mayores de recursos.

De manera similar a otras metodologías, es esencial la sensibilización y el compromiso de todas las personas que intervienen o participan en el proceso; es una metodología sustentada en las aportaciones y constancia de todas las personas, que sin embargo, es posible lograr debido a que las PyMEs cuentan con relaciones laborales directas.

2.2 Metodología propuesta

La metodología que se propone integra cinco etapas (figura 8), las cuales se resumen a continuación:

2. *Formalizar*: se deberán establecer el compromiso de las áreas y personas involucradas en el proyecto, así como un plan de trabajo.
3. *Comprender*: permitirá que las empresas conciban el proceso elegido como uno de negocios, esta fase es muy importante considerando que esta propuesta se enfoca principalmente a organizaciones que no cuentan con documentación alguna sobre sus procesos.
4. *Medir*: ayudará a conocer la productividad de las actividades desarrolladas. Es trascendental debido a que ante la ausencia de registros retoma el conocimiento de las personas para detectar áreas de oportunidad.
5. *Mejorar*: se sustenta en las herramientas de ingeniería de calidad, se integra para conseguir las oportunidades de mejora.
6. *Mantener*: vigilará el desempeño y la estabilidad del proceso mediante herramientas estadísticas y contribuirá a prevenir errores mediante la instalación de poka yoke.

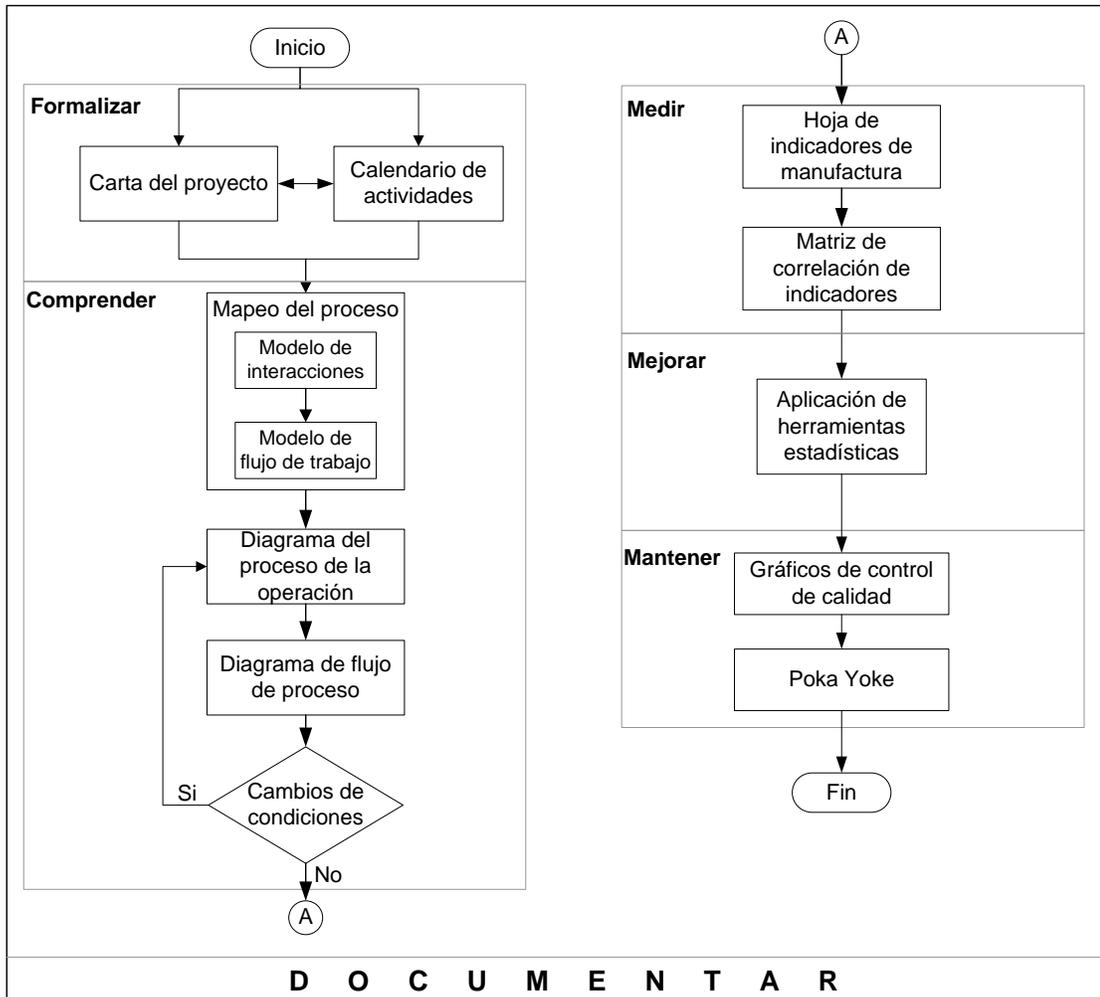


Figura 8. Metodología propuesta

Con la finalidad de facilitar la identificación, intercambio y control de la información generada en el proyecto se propone un formato para su registro, el cual se muestra en la figura 9.

El nombre del proyecto es necesario para la correcta planeación y administración de los recursos y, el adecuado intercambio de información. Las fechas de inicio y término del proyecto son necesarias para planear las actividades, la gestión de los recursos necesarios y evaluar el logro del proyecto. Es necesario citar a los responsables del área y del proyecto, porque la comunicación entre ellos facilitará

el intercambio de información y evitará posibles problemas ocasionados por la unidad de mando al personal involucrado.

Nombre del proyecto	
Documento:	Fecha de inicio: / /
Área responsable:	fecha de término: / /
Áreas involucradas	Responsable
Promotor del proyecto:	
Área:	
Responsable del proyecto	Responsable del área
_____	_____
Nombre	Nombre

Figura 9. Formato para el registro de información

2.2.1 Formalizar

Cuando se inicia un proyecto, independientemente del tipo que sea, es necesaria una guía para organizar y evaluar los avances del mismo. Por ello, esta fase tiene como finalidad delegar responsabilidades, definir el objetivo, establecer los resultados esperados del proyecto de mejora, así como calendarizar su ejecución.

Tomando como referencia prácticas de calidad existentes se propone como una herramienta de esta fase la realización de una carta de proyecto, que permitirá identificar y delegar responsabilidades, establecer el objetivo y los resultados deseados. Además, facilitará los canales de comunicación, mantendrá el control de la ejecución y permitirá evaluar los logros obtenidos con el proyecto de mejora.

Otra herramienta recomendada en esta etapa es la gráfica de Gantt, la cual puede aplicarse en la administración de proyectos de todo tipo. Su uso en esta fase permitirá controlar los tiempos de ejecución al aplicar la metodología, además de guiar el orden de aplicación de cada una de las etapas que en ella se proponen.

2.2.1.2 Calendario de actividades

Esta herramienta se integró en la metodología para monitorear de manera rápida y clara el avance de cada una de las actividades, así como mantener el orden de ejecución, esto facilitará la evaluación y retroalimentación del proyecto. El formato recomendado se presenta en la figura 11

Nombre del proyecto						
Calendario de actividades				Fecha de inicio: / /		
Área responsable:				fecha de término: / /		
Áreas involucradas		Responsable		Promotor del proyecto:		
				Área:		
Actividad	Tiempo (mes, semana, día)					
	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						
	Planeado			Real		
Responsable del proyecto				Responsable del área		
_____				_____		
Nombre				Nombre		

Figura 11. Calendario de actividades

Esta gráfica contiene dos ejes, el horizontal que muestra la escala de tiempo y el vertical que muestra las actividades a realizar. Los pasos para realizarla son los siguientes:

- a) Preferentemente, reunir al equipo de trabajo
- b) Dibujar los ejes horizontal y vertical.
- c) Escribir los nombres de las tareas sobre el eje vertical.
- d) Se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que no tienen predecesoras. Se sitúan de manera que el lado izquierdo de los bloques coincida con el instante cero del proyecto (su inicio).
- e) Las dependencias fin-inicio se representan alineando el final del bloque de la tarea predecesora con el inicio del bloque de la tarea dependiente, de manera similar para las dependencias inicio-inicio y final final.

2.2.2 Comprender

El objetivo de esta fase de la metodología es conocer los flujos e interacciones ocurridos en el proceso bajo estudio, que permita concebirlo como un proceso de negocio.

Se han tomado herramientas que ya se emplean en prácticas de calidad, y conceptos de proceso de negocios, que se han conjuntado para aprovechar las ventajas que cada una de ellas aporta, y así conocer de manera más clara el proceso bajo estudio.

El mapa de proceso es un diagrama visual, útil para identificar los elementos que interactúan en un proceso, dichos elementos pueden ser físicos o de información. Wedgwood (2007) refiere que el mapa de proceso define el proceso y su flujo.

En esta nueva metodología para realizar el mapeo del proceso se consideran el diagrama de interacciones de negocios y el diagrama de flujos integrados en uno solo.

A continuación se describen las herramientas recomendadas para esta fase de la metodología que en este trabajo se propone.

2.2.2.1 Modelo de interacciones de negocio

Modelo de interacciones negocio propuesto

El mapa de proceso que se propone en esta metodología (figura 12) es una fusión del diagrama de interacciones de negocio presentado por Lowenthal (2005) y el modelo SIPOC.

Este modelo permitirá identificar los elementos involucrados en un proceso y las operaciones de soporte que involucra, es fundamental para conocer las relaciones que ocurre entre ellos.

El conservar la estructura del modelo SIPOC permite una mejor identificación de los elementos involucrados en el proceso estudiado, y esta estructura será más funcional al incorporarle elementos del modelo de interacciones de negocio.

Debido a que puede ser empleado para situaciones que contengan únicamente elementos internos, se ha cambiado el nombre de “organizaciones de soporte” por “operaciones de soporte”, ya que es posible que elementos pertenecientes a la organización cumplan con esta función.

El conservar la estructura del modelo SIPOC permite una mejor identificación de los elementos involucrados en el proceso estudiado, y esta estructura será más funcional al incorporarle elementos del modelo de interacciones de negocio.

Debido a que puede ser empleado para situaciones que contengan únicamente elementos internos, se ha cambiado el nombre de “organizaciones de soporte” por “operaciones de soporte”, ya que es posible que elementos pertenecientes a la organización cumplan con esta función.

Nombre del proyecto				
Modelo de interacciones de negocio			Fecha de inicio: / /	
Área responsable:			fecha de término: / /	
Áreas involucradas	Responsable		Promotor del proyecto:	
			Área:	
Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
Operaciones de soporte				
Responsable del proyecto			Responsable del área	
_____			_____	
Nombre			Nombre	

Figura 12. Modelo de interacciones de negocio propuesto

Para realizar este modelo se recomiendan los siguientes pasos:

- a) Reunir a un equipo de trabajo
- b) Recolectar información sobre los cinco elementos requerido del proceso
- c) Analizar la información y establecer prioridades y relaciones
- d) Convertir la información a especificaciones
- e) Dibujar el modelo

2.2.2.2 Modelos de flujo de trabajo

En la metodología que se propone, se integra este modelo porque representa una visión más detallada que el modelo de interacciones de negocio, por lo que permite conocer de manera detallada los elementos que fluyen y las acciones ocurridas en el proceso.

a) Modelo de flujo de trabajo

Este modelo se incorporó debido a que el mapeo del proceso debe involucrar no solo los flujos físicos, sino también los de información, identificar las interacciones ocurridas en el proceso y entre procesos, así como los puntos de decisión ocurridos y, facilitar la identificación de áreas de oportunidad al detectar operaciones redundantes, además de mejorar los canales de comunicación.

Para construir este modelo es necesario emplear los símbolos que se requieran de la tabla 6, es necesario aclarar que pueden integrarse más símbolos empleados para diagramas de flujo, esto dependerá del nivel de detalle deseado.

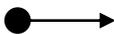
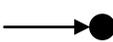
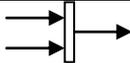
Significado	Símbolo	Descripción
Guardar		Resultados despachables producidos por un proceso, o fuentes de flujos de trabajo
Actividad		Trabajo aplicado a las entradas para generar salidas
Fuente o pozo		Despachable recibido con una actividad previa de origen desconocido
		Despachable enviado a una actividad o a otro destino desconocido
Decisión		Evaluar condiciones
Entronque		Convergencia o divergencia de un flujo de trabajo con otros
Puente		Permite continuar el flujo de trabajo en otro modelo

Tabla 6. Símbolos para el modelo de flujo de trabajo

Los pasos empleados para construir este modelo son:

- a) Reunir a un equipo de trabajo
- b) Identificar los elementos o áreas que intervienen en el proceso, esto puede hacerse a partir del modelo de interacciones de negocio
- c) En base a los elementos de la tabla 6, identificar los que pertenecen a cada área y entre áreas involucradas.
- d) Convertir la información a especificaciones
- e) Dibujar el modelo

b) Diagrama integrado de flujo

Un diagrama integrado de flujo es una representación gráfica de los patrones físicos y de comunicación de un proceso (Lowenthal, 2005).

Se integra en esta fase de la metodología porque permite identificar las actividades con más entradas y/o salidas, para vislumbrar las operaciones con mayor posibilidad de defectos en el proceso.

En la tabla 7 se muestran los elementos empleados para construir un diagrama integrado de flujo

Elemento	Definición	Símbolo	Tipo de flujo
Tuberías	Conexión que muestra la transferencia oral o física de un lugar a otro		Físico
			Secundario
			Verbal
Actividades	Trabajo aplicado a un paquete		Significa (y): Empalme de tuberías
			Significa (o): División de tuberías
Archivos	Colección de información o material	<u>Nombre de archivo</u>	Permanente o temporal
Entidades externas	Suministradores o receptores de las entradas y salidas	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Nombre</div>	

Tabla 7. Elementos para un diagrama integrado de flujo

Los pasos empleados para construir este modelo son:

- a) Preferentemente reunir a un equipo de trabajo para determinar la(s) operación(es) a analizar, que puede realizarse tomando como referencia los diagramas anteriores.
- b) Identificar las áreas que intervienen en el proceso, esto puede hacerse a partir del modelo de interacciones de negocio
- c) Considerando la tabla 7, identificar los elementos existentes
- d) Dibujar el modelo

2.2.2.3 Diagrama de proceso de la operación

Se integra en la metodología porque permite conocer el flujo físico de los materiales, los ensambles que ocurren y los tiempos estimados o reales para cada una de las operaciones e inspecciones, por lo que muestra el efecto de un cambio en alguna operación sobre las precedentes y subsecuentes. Cuando no existe documentación sobre el proceso, es una herramienta potente para estandarizar, dado que establece el orden y los tiempos de las operaciones e inspecciones ocurridas. Para realizarlo se emplean los símbolos que se muestran en la tabla 8.

Símbolo	Significado
○	Operación
□	Inspección

Tabla 8. Símbolos del diagrama de proceso de la operación

Para realizarlo es necesario seguir el trayecto del producto en el proceso, identificar cada una de las operaciones e inspecciones que se realizan, así como los materiales que se emplean y sus tiempos.

2.2.2.4 Diagrama de flujo de proceso

Es un diagrama que muestra más detalles que el diagrama de proceso de la operación, por lo cual se aplica para estudiar una parte muy específica del proceso. Niebel (2004) destaca que este diagrama es muy valioso al registrar costos ocultos no productivos, como distancias recorridas, retrasos y almacenes temporales.

Para realizar un diagrama de este tipo se emplean cinco símbolos, los cuales se muestran en la tabla 9.

Símbolo	Significado
○	Operación
⇒	Transporte
▽	Almacenamiento
D	Demora
□	Inspección

Tabla 9. Símbolos para un diagrama de flujo de proceso

Para realizarlo se puede tomar como referencia el diagrama de flujo de proceso, y analizar para cada operación que elementos de los que muestra la tabla 9 pudieran estar contenidos.

En esta fase de la metodología se habrán elaborado los diagramas descritos bajo las condiciones actuales del proceso, y también considerando las mejoras a las áreas de oportunidad detectadas a partir de ellos.

Las mejoras realizadas a los métodos y ambientes de trabajo deberán implantarse, para comenzar a medir el desempeño de los procesos.

2.2.3 Medir

El objetivo de esta etapa de la metodología es que las PyMEs se inicien en la medición de su desempeño, que les permita en el futuro evaluar su productividad, y que conozcan la relación que guardan algunos indicadores con otros, para comprender como el desempeño de una fase del proceso afecta a otros, lo que les permitirá detectar áreas de oportunidad.

2.2.3.1 Hoja de indicadores de manufactura

Debido a que esta metodología está orientada hacia empresas con procesos de transformación, se aplicarán indicadores para medir la habilidad de transformación de los materiales y por la utilización efectiva de la mano de obra.

A continuación se resumen los indicadores empleados en esta metodología para medir el desempeño de la manufactura, los cuales se tomaron de Flores (2004):

- OEE (Overall Equipment Effectiveness/ Efectividad Total de los Equipos): Es una medida de la productividad de un activo con respecto a su productividad potencial.

$$OEE = \frac{\text{Volumen de producción real}}{\text{Volumen de producción potencial máxima}}$$

- Utilización: Mide la efectividad que se logra en obtener el máximo tiempo productivo en la fabricación de un producto en una línea de producción.

$$\text{Utilización} = \left(\frac{\text{Tiempo real trabajado (minutos)}}{\text{Tiempo total disponible (minutos)}} \right) (100)$$

- Flujo: Mide la efectividad que se logra al obtener el máximo flujo demostrado en la fabricación de un producto en una línea de producción, se considera como la medición de la eficiencia.

$$\text{Flujo} = \frac{\text{Producción Bruta Actual (unidades)}}{\left(\frac{\text{Flujo máximo demostrado (unidades)}}{\text{minuto}}\right) \left(\frac{\text{Tiempo real trabajado (minutos)}}{1}\right)}$$

- Tiempo ideal para rendimiento: Tiempo que debió haber tomado la operación de la línea de producción para fabricar el producto neto empacado si se hubiera trabajado al flujo máximo demostrado y no se hubiera tenido desperdicio de materiales

$$\text{Tiempo ideal para rendimiento} = \frac{\text{Producto neto empacado (unidades)}}{\text{Flujo máximo demostrado} \left(\frac{\text{unidades}}{\text{minutos}}\right)}$$

- OEE de manufactura:

$$\text{OEE manufactura} = \frac{\text{Tiempo ideal para rendimiento (min)}}{\text{Tiempo de manufactura (min)}}$$

2.2.3.2 Matriz de correlación de indicadores

Debido a que esta matriz puede emplearse en empresas que no cuentan con registros de información, es necesario integrar en ella una herramienta que permita detectar áreas de oportunidad y por consecuencia establecer objetivos de mejora, a partir del conocimiento de las personas involucradas.

Permite medir la interacción entre indicadores, para ello se colocan en las filas de la matriz los indicadores de procesos, y en las columnas a los de resultado. Además, se ocupan símbolos para ponderar la correlación existente entre ellos. Los indicadores con mayor puntuación son los que deben considerarse para su análisis y mejora, ya que tienen el mayor impacto sobre el negocio, por lo cual, a partir de ellos pueden establecerse objetivos.

Los pasos recomendados para realizar esta matriz son:

- a) Reunir al equipo de trabajo
- b) Escuchar y analizar propuestas sobre indicadores
- c) Determinar los indicadores de resultado y de proceso
- d) Analizar las relaciones entre indicadores para ponderar
- e) Sumar las ponderaciones de los indicadores

- f) Buscar las sumas más altas en las filas y columnas, éstas serán las oportunidades prioritarias a alcanzar.

2.2.4 Mejorar

Esta fase de la metodología tiene como pilar a la ingeniería de calidad. A través de ella podrán identificarse las causas que afectan al desempeño de un proceso o a la calidad de un producto, y establecer las condiciones más adecuadas para lograr la mejora.

Actualmente existe amplia bibliografía referente a esta área, con aplicaciones diversas, esa diversidad de puntos de vista facilita la comprensión de estas herramientas. A continuación se resumen algunas de ellas.

2.2.4.1 Estadística descriptiva

Se integran estas herramientas en la metodología porque permiten conocer de manera rápida y clara el comportamiento de los datos, presentar resultados y realizar comparaciones para la toma de decisiones.

Es importante que al iniciar el análisis se realice un histograma porque se obtendrá una visión sobre el comportamiento de los datos, y permitirá obtener conjeturas sobre la variabilidad.

Aunque el histograma brinda información importante, no puntualiza sobre algún valor en particular, por lo que es necesario recurrir a medidas de tendencia central de dispersión para obtener una idea más clara sobre los datos. Las medidas de tendencia central más empleadas son la media, mediana y la moda; mientras que para la dispersión las más empleadas son la varianza y desviación estándar.

Sobre gráficos y medidas de estadística descriptiva existe abundante bibliografía, algunos de los autores recomendados son: Montgomery, D.C. (2009), Novales Cinca, Alfonso. (1993), Quevedo, H. y Pérez S., B. R. (2008), Kuehl, R. O. (2000), Hines, W. *et al* (2008), Gutierrez P., H. y De la Vara S., R. (2009).

2.2.4.2 Inferencia estadística

Las técnicas de inferencia estadística se integran en esta metodología porque permiten tomar de decisiones de manera sustentada sobre la calidad de un proceso o productos producidos. Tiene como objetivo establecer las características de una población o proceso con base en la información contenida en una muestra a partir de estimadores.

Antes de realizar una prueba de datos a un conjunto de datos, es necesario verificar la independencia de éstos, el no hacerlo puede conducir a decisiones erróneas. La academia de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Chihuahua (2010) recomienda los siguientes pasos para realizar una prueba de hipótesis:

- a) Interpretar correctamente hacia que distribución muestral se ajustan los datos del enunciado.
- b) Interpretar correctamente los datos del enunciado diferenciando los parámetros de los estadísticos. Así mismo se debe determinar en este punto información implícita como el tipo de muestreo y si la población es finita o infinita.
- c) Establecer simultáneamente el ensayo de hipótesis y el planteamiento gráfico del problema. El ensayo de hipótesis está en función de parámetros ya que se quiere evaluar el universo de donde proviene la muestra. En este punto se determina el tipo de ensayo (unilateral o bilateral).
- d) Establecer la regla de decisión. Esta se puede establecer en función del valor crítico, el cual se obtiene dependiendo del valor de α (Error tipo I o nivel de significancia) o en función del estadístico límite de la distribución muestral. Cada una de las hipótesis deberá ser argumentada correctamente para tomar la decisión, la cual estará en función de la hipótesis nula (H_0).
- e) Calcular el estadístico real, y situarlo para tomar la decisión.
- f) Justificar la toma de decisión y concluir.

2.2.4.3 Diseño de experimentos

Esta poderosa herramienta se incluye en la metodología porque permite disminuir la variabilidad en los procesos. Aunque también es aplicada en el diseño de productos o procesos, ese campo queda fuera del alcance de este trabajo, debido a que el objetivo de la metodología es la mejora de procesos de producción, en ambientes de transformación.

La variabilidad se presenta aún en procesos y ésta puede ser reducida mediante la aplicación de diseños experimentales, como parte del proceso de mejora continua. En procesos en los cuales las condiciones de operación óptimas no están determinadas, pueden encontrarse mediante su aplicación.

Montgomery (2009) afirma que los objetivos del diseño de experimentos son: 1) determinar cuales son las variables que ejercen mayor influencia sobre la respuesta y, 2) determinar donde ajustar las x que ejercen mayor influencia para

que y esté cerca de la especificación nominal, 3) determinar donde ajustar las x que ejercen mayor influencia para que la variabilidad de y sea pequeña y, 4) determinar dónde ajustar las x que ejercen mayor influencia para que los efectos de las variables no controlables z se minimicen.

Esta herramienta para su correcta aplicación requiere de tres supuestos fundamentales:

- a) Independencia: No existe relación entre los resultados de cada prueba.
- b) Normalidad: Los valores resultados del experimento provienen de una distribución de probabilidad normal.
- c) Homocedasticidad: Las diversas poblaciones generadas por la aplicación de los tratamientos tengan varianzas homogéneas.

Marín (2010) recomienda los siguientes pasos para efectuar un diseño experimental:

- a) Definir los objetivos del experimento
- b) Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo factores, tratamiento y sus niveles, unidades experimentales y factores de ruido
- c) Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos)
- d) Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades
- e) Ejecutar un experimento piloto
- f) Especificar el modelo
- g) Esquematizar los pasos del análisis
- h) Determinar el tamaño muestral
- i) Revisas las decisiones anteriores

Existen diversos tipos de diseños experimentales que se aplican bajo distintas condiciones, al respecto existe amplia literatura, algunos de los autores revisados en el presente trabajo son: Hansen, Bertrand L. & Ghare, Probakar M. (1990), Montgomery, D.C. (1991), Kuehl, Robert O. (2000), Freund, John E. (2000), De la Horra Navarro, Julián (2003), Gutiérrez Pulido, H. & de la Vara Salazar R. (2004), y Montgomery (2009).

a) Análisis de varianza

Examina dos o más conjuntos de mediciones, especialmente sus varianzas e intenta detectar diferencias estadísticamente representativas entre los conjuntos. Quevedo y Pérez (2008) afirman que para aplicarlo son necesarios los supuestos de normalidad e independencia, así como la igualdad de varianza en cada tratamiento o nivel de factores.

Se integra en la metodología porque es la columna vertebral para el análisis de la variabilidad en los procesos. Esta prueba estadística es trascendental para detectar que variables generan variación significativa en la variable de respuesta, esto es, que a partir de ella se podrán tomar decisiones para la mejora.

Pulido y de la Vara (2005) describen algunas consideraciones prácticas sobre el uso de esta herramienta, las cuales son:

- a) conocer el proceso estudiado para identificar los aspectos clave y las relaciones entre variables
- b) reconocer la diferencia entre significancia estadística e importancia práctica,
- c) practicar experimentación secuencial y no un experimento único y definitivo.

En la bibliografía citada para diseños experimentales se encuentra amplia información sobre esta prueba estadística. Es necesaria su inclusión en este trabajo porque permite estudiar la variabilidad de un proceso. En general sus objetivos son la comparación de múltiples columnas de datos y la estimación de los componentes de variación de un proceso.

2.2.5 Mantener

Esta fase de la metodología tiene objetivo monitorear el desempeño del proceso con un enfoque preventivo, lo que permitirá tomar las medidas correctas para evitar problemas.

Las herramientas recomendadas para esta etapa son: análisis de capacidad, gráficos de control y los poka-yoke.

a) Análisis de capacidad

Gutiérrez y de la Vara (2009) afirman que evaluar la capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural de éste para una característica natural dada, lo cual permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria.

De estos índices algunos de los más empleados son: capacidad potencial del proceso (C_p), capacidad real del proceso (C_{pk}), capacidad para la especificación inferior (C_{pi}) y capacidad para la especificación superior (C_{ps}).

Este análisis es fundamental para evaluar el proceso, porque permitirá detectar de manera oportuna cualquier desviación, y el número de defectos esperados. Además, al cliente le brindará certeza sobre el producto que recibe, estos índices son entonces una herramienta vital para la toma de decisiones.

Existe abundante información sobre estos índices, sobre todo en libros de seis sigma y control estadístico de calidad. Los autores revisados para el presente trabajo aparecen en el siguiente punto, gráficos de control de calidad.

b) Gráficos de control de calidad

Son imprescindibles para observar y analizar el comportamiento del proceso para distinguir entre la variación natural y especiales. Pueden emplearse para medir la variable de salida de un proceso, o bien, para las de entrada al mismo. Estas gráficas se incorporan en la metodología propuesta porque permiten anticiparse a la ocurrencia de problemas mediante el monitoreo continuo de su valor medio y su variabilidad.

Dependiendo del tipo de variable que se esté monitoreando será el tipo de carta de control a emplear. Se dividen en cartas para atributos y para variables continuas. Las primeras se emplean para monitorear proporción de defectuosos (p), número de unidades defectuosas (np), número de defectos (c) y defectos por unidad (u). Las empleadas para variables continuas son: medias \bar{X} , rangos (R), desviación estándar (S) y medidas individuales (X).

Existen amplias fuentes de información sobre este tema, algunos de los libros revisados para este trabajo son: Montgomery, D.C. y Runger, G. C. (1996), De la Horra Navarro, Julián (2003), Montgomery, D.C. (2009), Gutierrez P., H. y De la Vara S., R. (2009).

2.2.5.1 Muestreo de aceptación

Se incorporó en la metodología por la importancia de confirmar la calidad de los insumos de proveedores externos. Estos insumos y proveedores se identifican mediante el diagrama de interacciones de procesos de negocio.

Únicamente se considera para proveedores externos, para los proveedores internos se recomiendan otras herramientas, mismas que se describen en la siguiente fase de la metodología.

Existen diferentes planes de muestreo que aplican a variables por atributos o continuas. A continuación se citan los pasos que Gutiérrez y de la Vara (2009) recomiendan para realizar uno para atributos, el esquema de muestreo MIL STD 105E.

- a) Determinar el tamaño de lote
- b) Especificar el nivel de calidad aceptable (NCA)
- c) Escoger el nivel de inspección final
- d) A partir de la información anterior, en el anexo V encontrar el código correspondiente para el tamaño de la muestra
- e) Determinar el tipo de plan de muestreo a ser usado (simple, doble o múltiple)
- f) De acuerdo con la letra y el código del NCA, en el anexo VI buscar el plan de muestreo.

c) Poka Yoke

Comúnmente se define como métodos a prueba de errores. Hirano (1991), lo define como una herramienta para alcanzar un estado de cero defectos y eventualmente eliminar las inspecciones de calidad. Es importante aclarar que defectos y errores no significan lo mismo, los defectos son resultados y los errores son las causas de los resultados.

Estos mecanismos poseen dos funciones: la primera es hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Son mecanismos muy empleados en líneas de manufactura. Por lo cual se dividen en métodos de control y de advertencia.

Se considera importante su incorporación en la metodología porque permitirá prevenir la ocurrencia de errores, para ello será necesario aprovechar el conocimiento que el personal tiene sobre el proceso para diseñar estos dispositivos, además, que es una herramienta potencial para motivar y aprovechar la creatividad de las personas.

Capítulo 3. Aplicación en una empresa metal básica

3.1 Descripción y problemática del caso de aplicación

El presente capítulo tiene como finalidad ejemplificar la aplicación de la metodología propuesta. La empresa en la que se desarrolla es una empresa mediana —clasificada de acuerdo al número de trabajadores—, dedicada a la fabricación de piezas para decoración o servicio de mesa.

Cuenta con un departamento de diseño que trabaja de manera permanente en nuevas propuestas y tendencias acordes a la temporada o estilos de decoración vigentes, también elabora diseños especiales para satisfacer las necesidades de sus clientes.

El proceso de producción de la empresa consta de las siguientes fases: fundición y moldeo, pre-acabados, pulido y empaque.

En las piezas son características esenciales: el brillo, ausencia de sopladuras, ralladuras y poros. Estas características se deben a los procesos de fundición y/o moldeo principalmente, por lo que las fases de pre-acabado y pulido son fundamentales para eliminar cualquiera de estos defectos.

En las fases de pre-acabado y pulido el elemento clave es la lija, la cual es fabricada por la misma empresa. Actualmente las condiciones de operación y los métodos de trabajo no estandarizados en este proceso, no aseguran la calidad de las lijas producidas; además, se desconoce su vida útil y, las materias primas con las que se fabrican no son evaluadas en su calidad. Estos problemas afectan directamente al rendimiento de los procesos de pre-acabado y pulido, además contribuyen a un incremento en costos por retrabajos.

3.2 Aplicación

3.2.1 Formalizar

Es importante destacar que esta metodología está orientada a aplicarse en procesos que carecen de formalización y documentación, principalmente. A partir de esto, y atendiendo la inquietud de la empresa por mejorar este proceso, se decidió aplicar la metodología propuesta.

Como primer paso se establecieron la carta del proyecto (figura 8), y el calendario de actividades (figura 9), para tener una dirección clara sobre el objetivo y alcance del proyecto, y formalizarlo ante la empresa.

Estas herramientas condujeron a la formalidad del proyecto en la organización, además, condujo a que las personas involucradas conocieran el objetivo que se perseguía. Esto fue sumamente importante, porque facilitó la comunicación y el aporte de ideas a lo largo de la ejecución.

Estandarización del proceso de producción de lijas pegadas			
Carta del proyecto		Fecha de inicio: 09 / Agosto / 2010	
Área responsable: Acabado		fecha de término: 30 /Noviembre/2010	
Áreas involucradas		Promotor del proyecto:	
Producción		Área: Acabado	
Acabado			
Compras			
Almacén			
Situaciones motivadoras	Objetivo	Resultados esperados	Alcance
*Proceso no documentado *Condiciones de trabajo *Desconocimiento del desempeño del área	Estandarizar el proceso de producción de lijas pegadas	*Manual del proceso *Diagrama del proceso *Establecer condiciones de operación *Implantar indicadores de desempeño	Proceso de fabricación de lijas pegadas con las áreas involucradas
Responsable del proyecto		Responsable del área	
_____		_____	
Nombre		Nombre	

Figura 13. Carta del proyecto (aplicación)

En la empresa existe personal que aunque pertenece al área de producción sus funciones no estaban del todo reconocidas por los demás elementos, el identificar las operaciones de soporte resaltó su participación y contribución en el proceso, esto permitió fortalecer el equipo de trabajo.

En la figura 15 se muestra el modelo obtenido en la aplicación, es importante mencionar que las entradas se nombraron solo como insumos para proteger información de la empresa. Este modelo a futuro puede facilitar la capacitación, mejorar la retroalimentación en la relación proveedor-cliente, mejorar los canales de comunicación, identificar operaciones de soporte para su análisis y/o mejora.

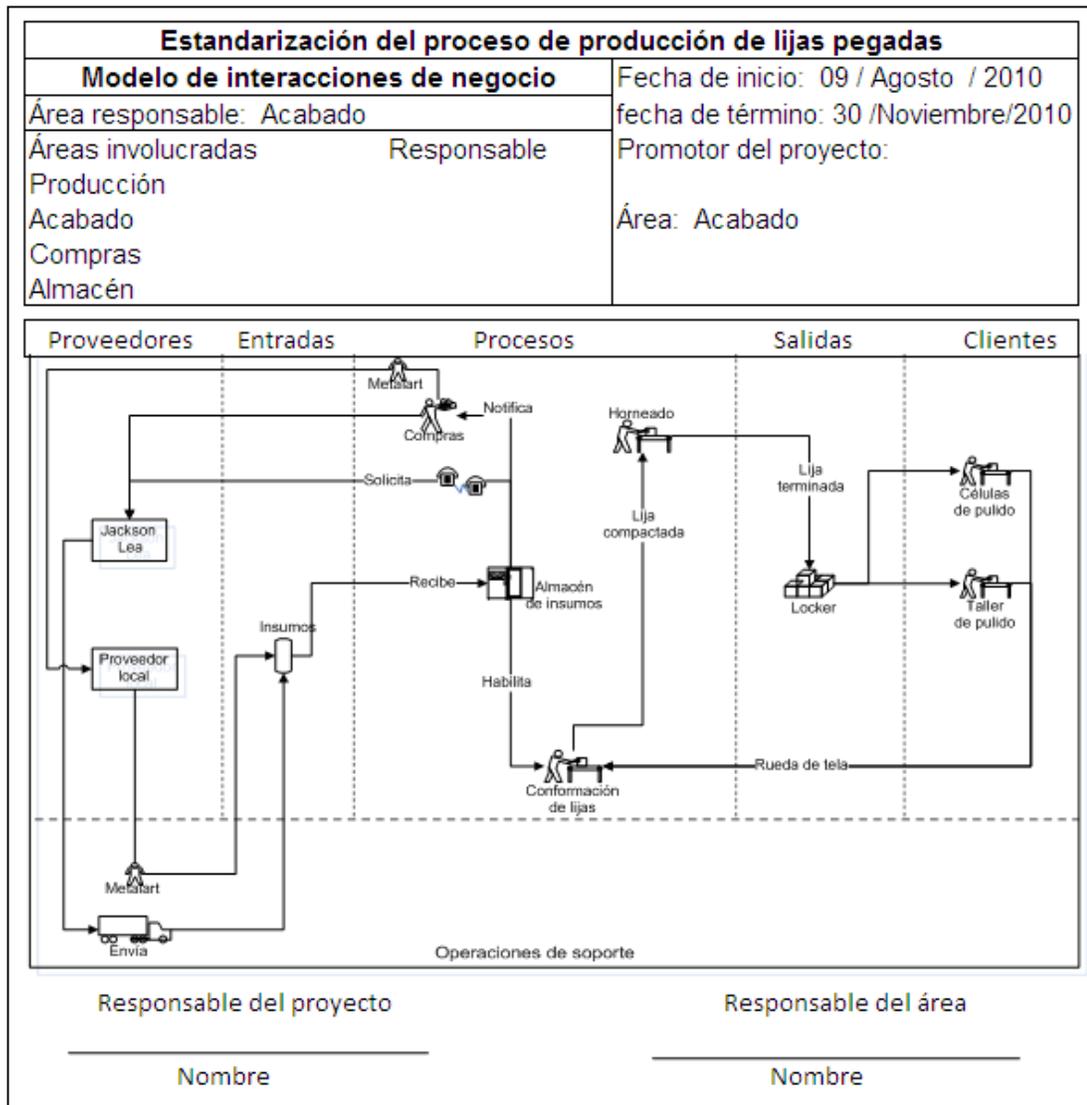


Figura 15. Modelo de interacciones de negocio (aplicación)

b) Modelo de flujo de trabajo

Una vez que se tuvo un panorama amplio sobre el proceso de producción de lijas y se conocían los flujos existentes mediante el modelo de interacciones de negocio (figura 16), el siguiente paso fue conocer los puntos de decisión y la forma en que se dan los flujos al interior y exterior de la empresa, esto se logró mediante el modelo de flujo de trabajo. Al mostrar los flujos existentes y los modos, resalta la importancia de la relación que existe al interior y exterior de la empresa. Algunas de sus aplicaciones pueden ser: formalizar y/o mejorar flujos (comunicación y/o materiales), cultivar la retroalimentación, mejorar la relación proveedor-cliente y adecuar los puntos de decisión.

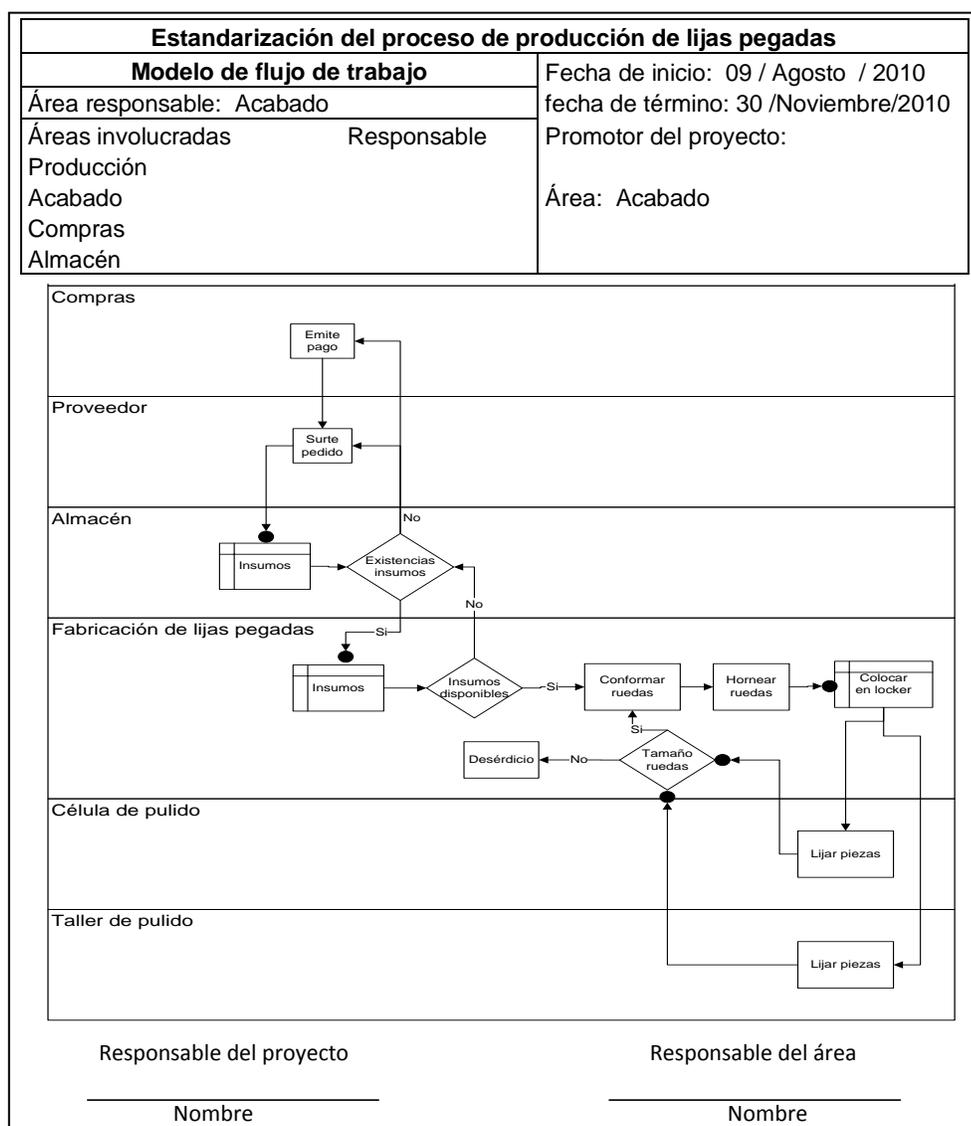


Figura 16. Modelo de flujo de trabajo (aplicación)

c) Diagrama integrado de flujo

Los diagramas anteriores permiten una concepción del proceso de producción de lijas y sus implicaciones con otras áreas u organizaciones, lo que en el futuro puede contribuir en la mejora del proceso, en tanto, el diagrama integrado de flujo muestra las formas de comunicación y los flujos físicos ocurridos para la fabricación de lijas de rueda pegadas, es un diagrama más detallado debido a que muestra los insumos y las operaciones principales (figura 17). Es un diagrama muy útil para la capacitación, para fortalecer la comunicación e identificar las principales operaciones.

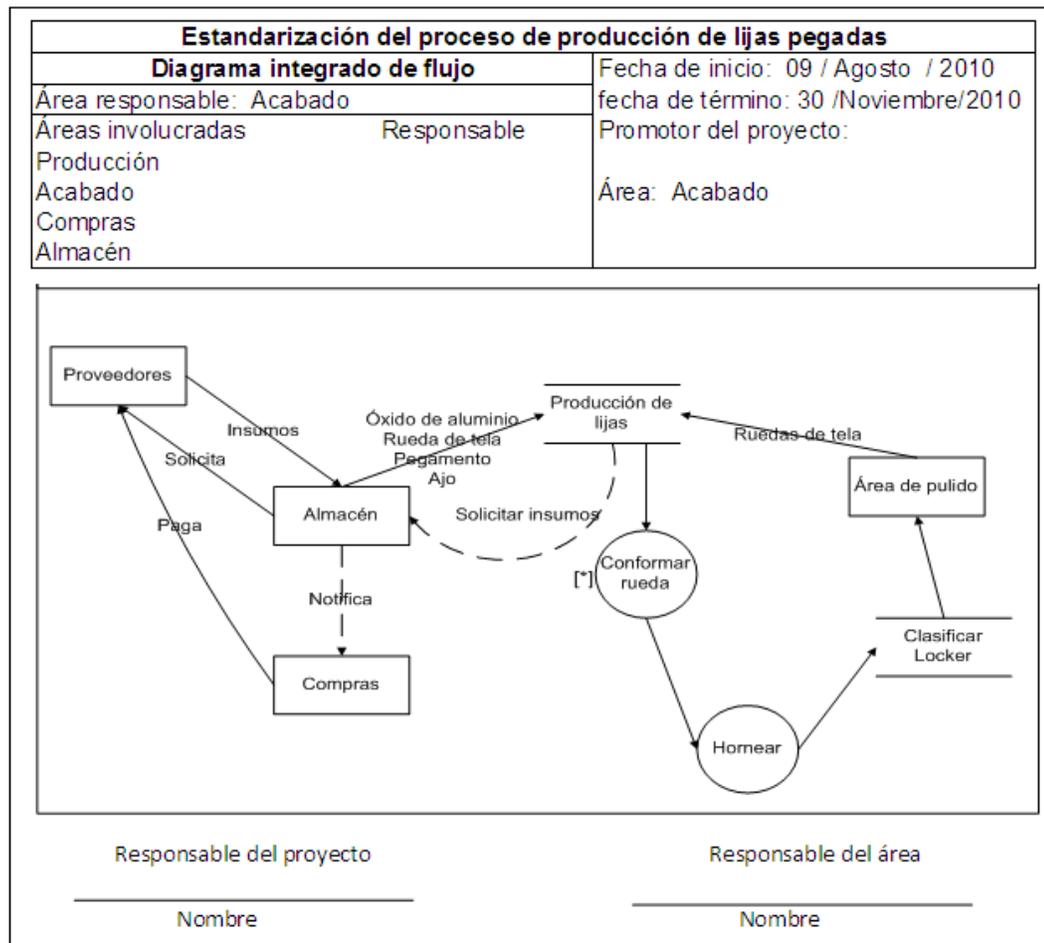


Figura 17. Diagrama integrado de flujo

d) Diagrama de proceso de la operación

El diagrama de proceso de la operación ayudará a la empresa a prevenir fallas, facilitar la capacitación, planear y evaluar. Para realizarlo se desarrolló un estudio de tiempos para determinar el ciclo de cada operación, el cual se muestra en el anexo VII. Es importante destacar la oportuna comunicación por parte del responsable del área al personal involucrado sobre el objetivo del estudio de tiempos, porque esto condujo a la plena disposición a cooperar.

Conocer los tiempos de operación facilitará a la planeación de la producción, y al conocer la secuencia de las operaciones e inspecciones evitará errores por parte de los operarios y podría emplearse para evaluar el desempeño del área y/o el personal. El diagrama obtenido en la aplicación se muestra en la figura 18.

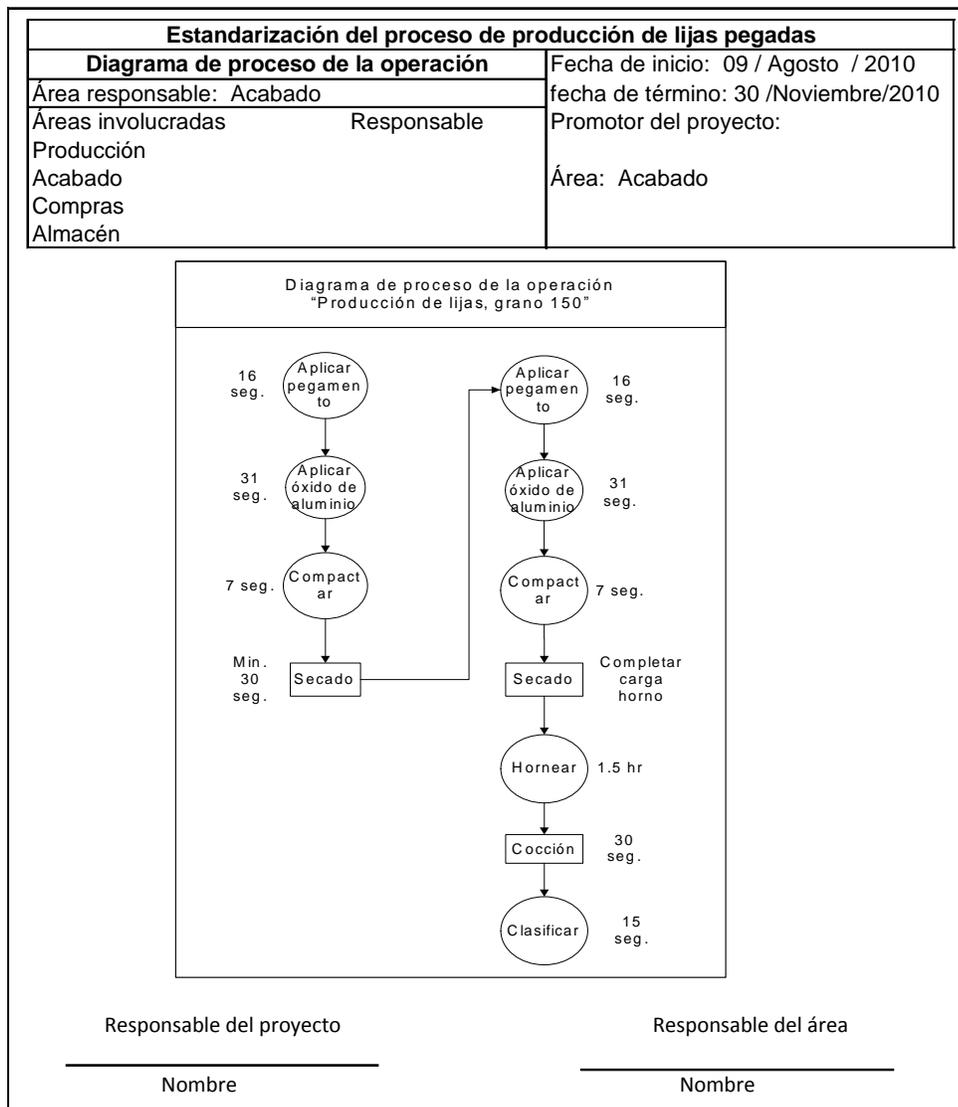


Figura 18. Diagrama de proceso de la operación (aplicación)

e) Diagrama de flujo de proceso

Con este diagrama se obtiene una visión más detallada de los pasos a seguir para la fabricación de las lijas pegadas. Identificar las demoras el transporte y almacenaje ocurridos puede contribuir a que en el futuro se generen acciones para el mejor aprovechamiento del tiempo.

El diagrama que se muestra en la tabla 10 puede contribuir en la empresa para facilitar la capacitación, servir como base para un estudio de movimientos que permita mejorar el método de trabajo, para identificar acciones innecesarias y prevenir errores en el trabajo, principalmente.

Estandarización del proceso de producción de lijas pegadas						
Diagrama de flujo de proceso				Fecha de inicio: 09 / Agosto / 2010		
Área responsable: Acabado		Responsable		fecha de término: 30 /Noviembre/2010		
Áreas involucradas				Promotor del proyecto:		
Producción				Área: Acabado		
Acabado						
Compras						
Almacén						
Descripción del método	Operación ○	Inspección □	Transporte ◇	Demora ⇓	Almacenaje ▽	Observaciones
Tomar la brocha	●					
Tomar la rueda	●					
Mojar brocha con pegamento	●					
Aplicar pegamento	●					
Soltar la brocha	●					
Aplicar óxido de aluminio	●	●				
Compactar	●	●				
Soltar la rueda	●					
Dejar secar				●		
Tomar la brocha	●					
Tomar la rueda	●					
Mojar brocha con pegamento	●					
Aplicar pegamento	●					
Soltar la brocha	●					
Aplicar óxido de aluminio	●	●				
Compactar	●	●				
Soltar la rueda	●					
Dejar secar				●		Hasta completar carga
Llevar al horno			●			
Hornear	●					
Clasificar	●					
Llevar a locker					●	
Responsable del proyecto			Responsable del área			
_____ Nombre			_____ Nombre			

Tabla 10. Diagrama de flujo de proceso (aplicación)

3.2.3 Medir

Debido a que el proceso bajo estudio no tenía documentación o registro alguno esta fase juega un papel fundamental para iniciar a la empresa en la medición de su desempeño. Para ello se implantó la hoja de indicadores de manufactura y, la matriz de correlación de indicadores, mismas que se describen a continuación.

a) Hoja de indicadores de manufactura

La matriz que se muestra en la figura 19 tiene un rol trascendental porque permitirá evaluar la utilización de los recursos. En el caso de estudio se muestran los resultados considerando el estado que guardaba el proceso antes de la aplicación (semana 1) y, los cambios generados con los cambios recomendados. Esta hoja será importante para monitorear la estabilidad en el aprovechamiento de los recursos y evaluar las mejoras obtenidas al realizar algún cambio en el proceso. Se nota que el cambio sucede en el horno, se redujo su utilización en un treinta y siete por ciento, lo cual es positivo, ya que esto implica reducción en costos de operación. Es necesario aclarar que este cambio no afecta el nivel de producción ni de calidad requerido. De los valores presentados en la figura 19 sólo el referente al horno es real, los demás por petición de la empresa son valores sólo para ejemplificar.

Estandarización del proceso de producción de lijas pegadas							
Diagrama de flujo de proceso							
Área responsable: Acabado			Fecha de inicio: 09 / Agosto / 2010				
Áreas involucradas			fecha de término: 30 /Noviembre/2010				
Producción			Promotor del proyecto:				
Acabado			Área: Acabado				
Compras							
Almacén							
	Semana	1	2	3	4	5	6
Indicador							
Efectividad total de los equipos (OEE, Horno)		50	50				
Utilización							
Horno		93.75	56.25				
Personal (conformación)		73.06	73.06				
Flujo							
Horno		88.89	88.89				
Personal (conformación)		99.01	99.01				
Tiempo ideal para rendimiento							
Horno		352.00	211.20				
Personal (conformación)		366.67	366.67				
OEE de manufactura							
Horno		78.22	78.22				
Personal (conformación)		87.13	87.13				
Responsable del proyecto		Responsable del área					
Nombre		Nombre					

Figura 19. Hoja de indicadores de manufactura

b) Matriz de correlación de indicadores

La figura 20 corresponde a la matriz de interacción de indicadores obtenida en la aplicación, puede notarse que la característica más importante a mejorar o controlar es que no se produzcan lijas con defectos y, que es fundamental trabajar con el personal de dicha área para evitar problemas.

Ante la ausencia de registros para emplear alguna técnica estadística que permitiera identificar un área de oportunidad se empleó la matriz de correlación de indicadores. Para realizarla se aprovechó la experiencia y conocimientos del personal del área.

Considerando que esta metodología se orienta a empresas en las cuales uno de sus principales es la ausencia de registros, esta herramienta es muy útil para detectar áreas de oportunidad de mejora aprovechando el conocimiento del personal.

Estandarización del proceso de producción de lijas pegadas				
Matriz de correlación de indicadores			Fecha de inicio: 09 / Agosto / 2010	
Área responsable: Acabado			fecha de término: 30 /Noviembre/2010	
Áreas involucradas		Responsable	Promotor del proyecto:	
Producción			Área: Acabado	
Acabado				
Compras				
Almacén				

	Escasez de lija	Lija no defectuosa	Clasificación correcta	Total
Horneado	△	⊙		10
Conformación	△	⊙		10
Almacén	⊙			9
Proveedor	○	⊙		12
Personal (producción de lijas)	⊙	⊙	⊙	27
Total	23	36	9	68

Relación	Fuerte: 9 puntos	Media: 3 puntos	Débil: 1 punto	Nula: 0 puntos
Símbolos	⊙	○	△	□

Responsable del proyecto

Nombre

Responsable del área

Nombre

Figura 20. Matriz de correlación de indicadores (aplicación)

3.2.4 Mejorar

A partir de la matriz de interacción de indicadores puede notarse que es prioritario que la lija no sea defectuosa. Por lo que se tomaron datos sobre el número de piezas lijadas por lija, así como su duración. A partir de estos datos se emplearon técnicas de inferencia estadística, y un diseño experimental con un factor completamente aleatorizado, que se describen a continuación.

3.2.4.1 Lija pegada, grano 150

De acuerdo a la experiencia del personal de la empresa un factor trascendental en la calidad de la lija es el tiempo de cocción de las lijas.

Para medir el efecto del tiempo de horneado en la vida de la lija se diseñó un experimento con un solo factor completamente aleatorizado. Los niveles del factor (tiempo de horneado) se fijaron por recomendaciones del personal de la empresa en una, una y media horas y, el tiempo actual de dos y media horas. Los tiempos de prueba son menores, debido a que si el tiempo de horneado puede ser menor al actual, esto representaría ahorros significativos en la energía empleada para la operación del horno.

Las hipótesis a contrastadas en el experimento fueron: $H_0: Duración_{1.5} = Duración_{2.5}$ y $H_1: Al menos una duración es diferente$. Esta hipótesis se probó con un nivel de significancia de 0.05. Para realizar el contraste se realizó el análisis que se describe a continuación.

a) Prueba de normalidad de los datos

En la figura 21 se nota como los tiempos de vida de las lijas se ajustan adecuadamente a una distribución normal, lo cual se corrobora con el p-valor de 0.293, el cual es mayor al nivel de significancia de 0.05.

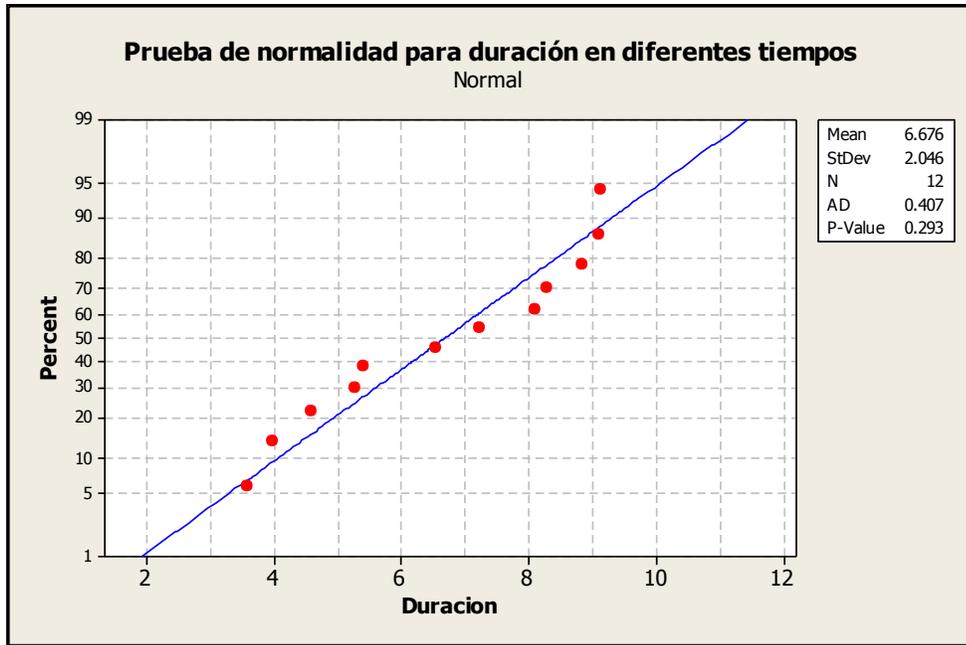


Figura 21. Prueba de normalidad, lijas de grano 150

b) Análisis de independencia de los datos

El siguiente paso fue probar la independencia de los datos, en la figura 22 se observa que no existe alguna tendencia.

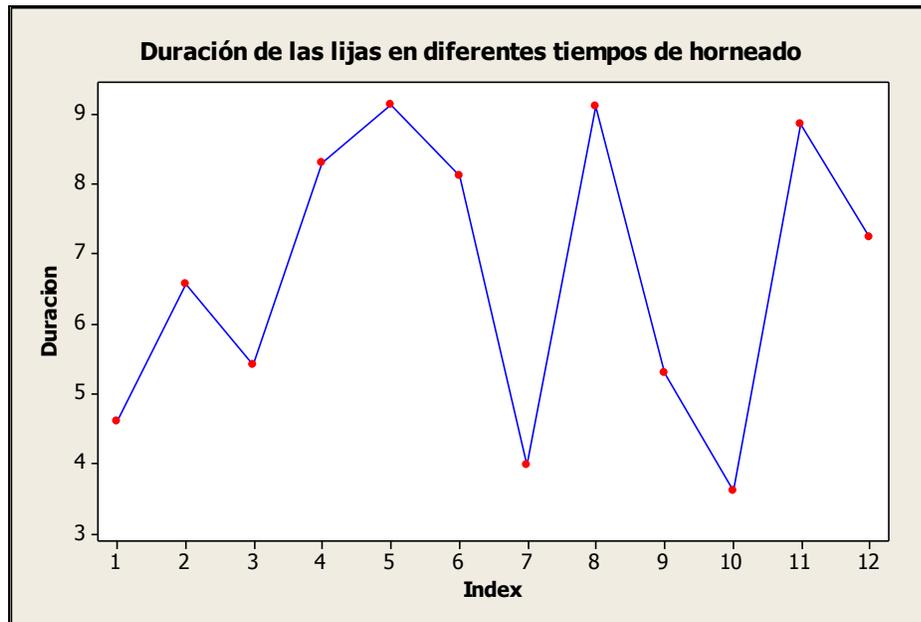


Figura 22. Análisis de independencia, lijas de grano 150

Para corroborarlo se efectuó una prueba de corridas con un nivel de significancia de 0.05. En la figura 23 se nota que el p-valor de la prueba es 0.545, por lo cual se confirma que los datos son independientes.

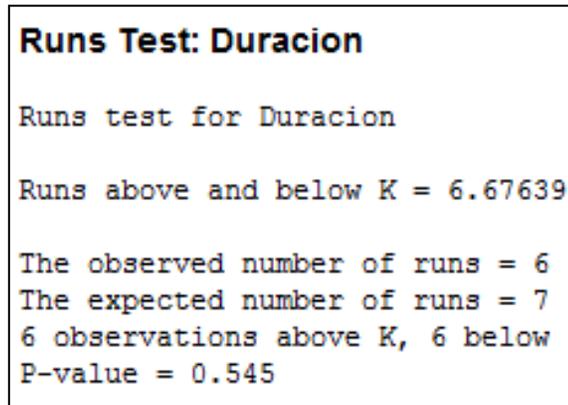


Figura 23. Prueba de independencia, lijas de grano 150

c) Prueba de igualdad de varianzas

Otra prueba fundamental para el adecuado análisis estadístico de un diseño de un factor completamente aleatorizado es la prueba de igualdad de varianzas, cuyos se muestran en la figura 24. La prueba se realizó con un nivel de significancia de 0.05, por lo cual debido a los p-valor obtenidos se concluye que existe igualdad de varianzas entre las diferentes muestras.

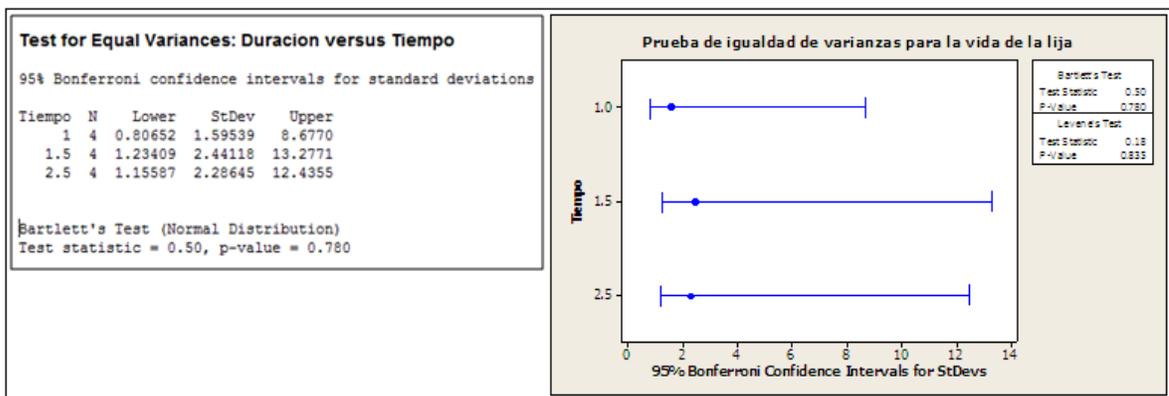


Figura 24. Prueba de igualdad de varianzas, lijas de grano 150

d) Análisis de variancia y gráfico de efectos para analizar el efecto del tiempo en la duración de la lija

- Análisis de variancia

Para probar el efecto del tiempo de horneado en la duración de las lijas se realizó un diseño de un solo factor completamente aleatorizado, con cuatro réplicas. El análisis de variancia de este diseño se muestra en la figura 25

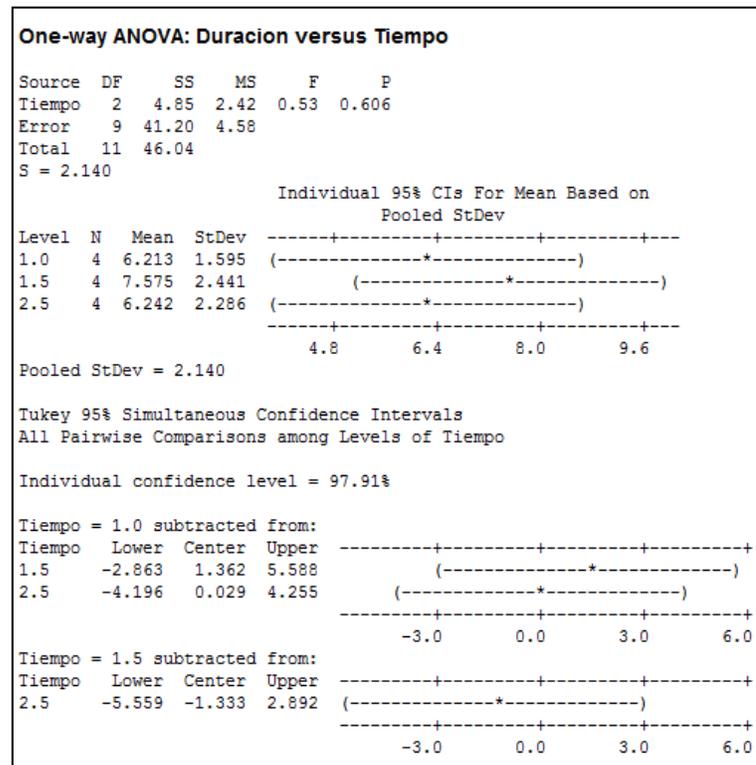


Figura 25. Análisis de variancia, lijas de grano 150

Debido a que el p-valor para el tiempo es de 0.606, y considerando que el nivel de significancia de la prueba es de 0.05, puede concluirse que no es significativo en la duración de las lijas. Además se muestran los intervalos de confianza para la media de cada uno de los tiempos experimentados, los cuales de acuerdo a la prueba de Tukey no tienen diferencias estadística significativas, dado que todos se interceptan e incluyen el cero.

- **Supuestos de normalidad e independencia de los residuos del modelo**

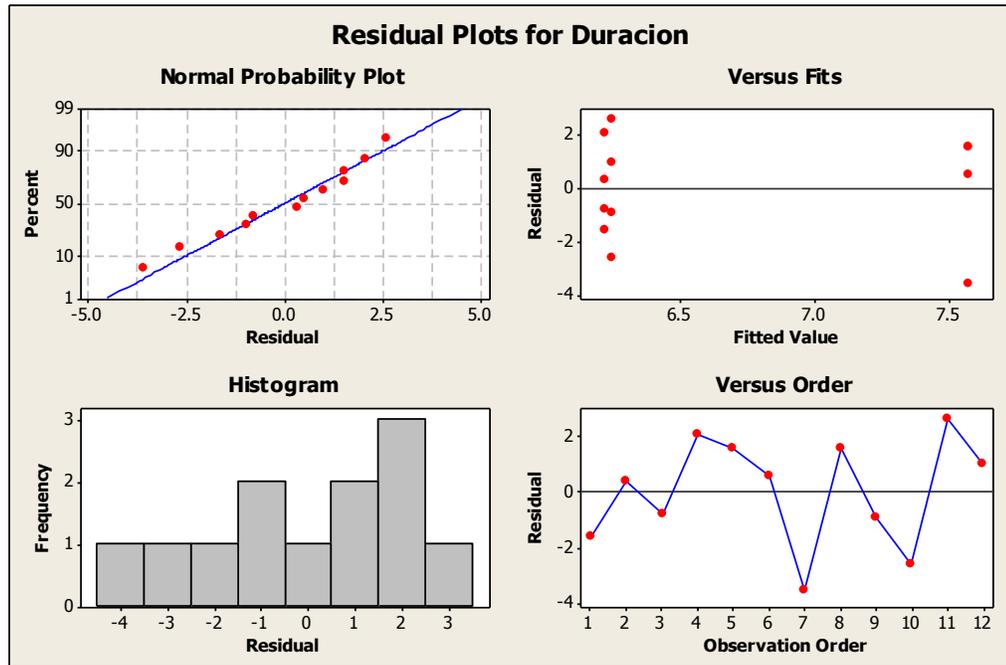


Figura 26. Análisis de normalidad e independencia de residuos, lijas de grano 150

Como el tiempo no es significativo, y los supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad en los residuos se cumplen, el tiempo de horneado se determinó considerando la información de la figura 27.

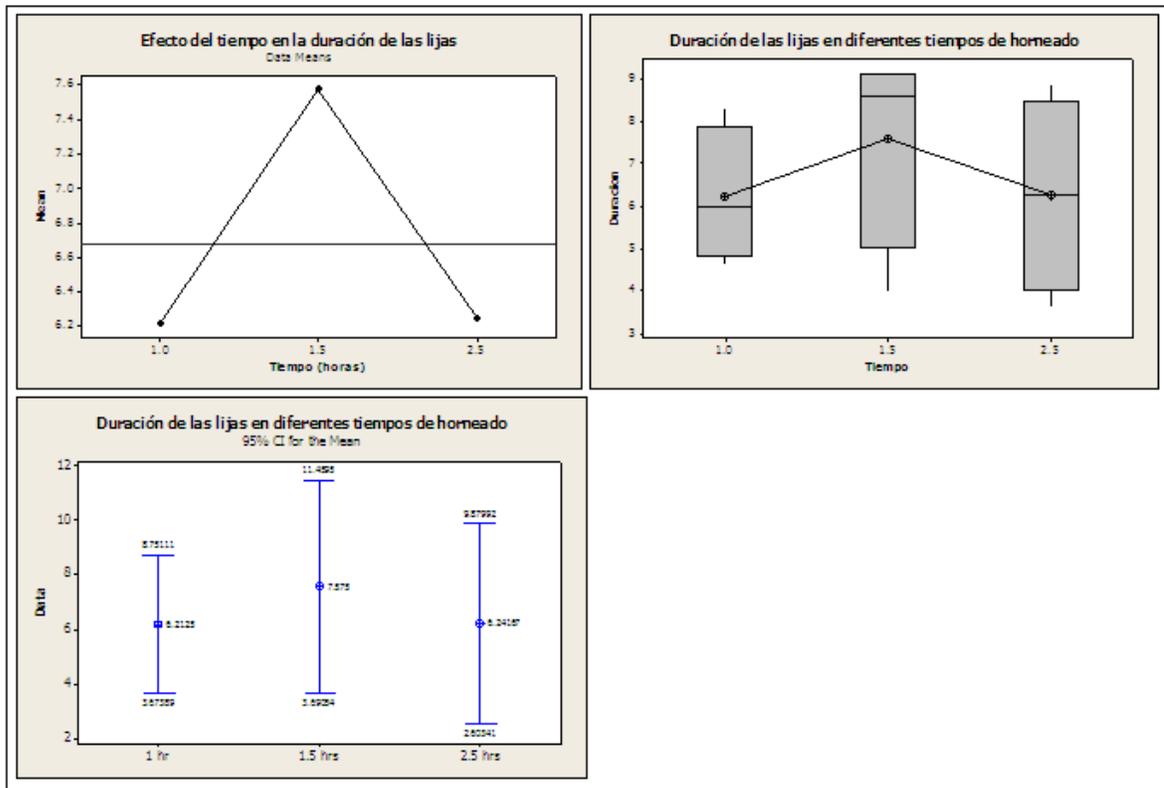


Figura 27. Gráficos de efectos, lijas de grano 150

A partir del análisis del experimento se concluyó que el tiempo de horneado afecta significativamente al tiempo de vida (en operación) de las lijas, por lo que se recomienda emplear un tiempo de horneado de 1.5 horas, debido a que ofrece un mayor tiempo medio de vida y, el límite inferior del intervalo de confianza para la media es mayor que cualquiera de los otros dos tiempos.

3.2.4.2 Lija pegada, grano 240

En esta lija el óxido de aluminio se pega con cola que es preparada en la misma área, para su preparación es mezclada con ajo, el cual de acuerdo al personal de la empresa está ligado al tiempo de vida de la lija.

Como primer paso en para determinar las condiciones de operación para la producción de esta lija, se realizó un análisis estadístico para analizar el efecto del ajo en la duración de la lija, posteriormente se realizó un experimento de un factor completamente aleatorizado para determinar el tiempo de horneado de la misma.

a) Análisis del efecto del ajo en la vida de la lija

Como primer paso se analizó el efecto de agregar ajo a la cola empleada en la producción de la lija de grano 240.

Para ello se produjeron lijas con y sin ajo en la cola, y se tomaron los tiempos en que cada una de ellas daba el correcto terminado a las piezas, el objetivo fue comparar el valor medio entre las dos condiciones de producción. Los pasos realizados para este análisis se resumen a continuación.

- **Prueba de ajuste de distribución de los datos**

Para los datos obtenidos en cada una de las condiciones de producción se aplicó la prueba de normalidad con un nivel de significancia de 0.05, de las cuales se concluye que los tiempos de vida no siguen una distribución normal. Los gráficos de estas pruebas se muestran en la figura 28.

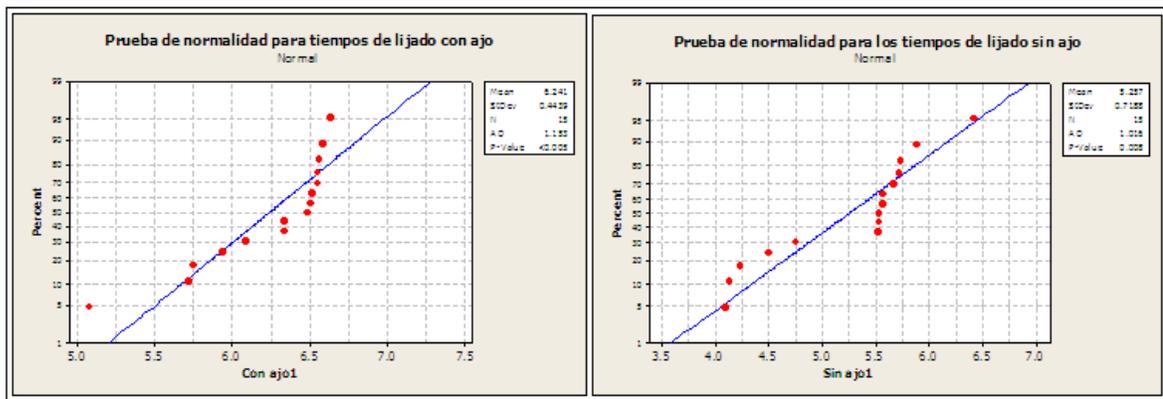


Figura 28. Prueba de normalidad, lijas de grano 240

Lagos y Varga (2003) explican que en los casos que existan datos que no se ajustan a una distribución normal es posible transformarlos empleado el sistema de familias de distribuciones de Johnson. A continuación se resume el uso de esta familia de distribuciones en el caso de aplicación.

- Los datos se ordenaron en forma ascendente
- Se calcularon los quintiles correspondientes
- Se calculó el valor de QR, los cuales fueron 0.44 y 103 para las pruebas con y sin ajo, respectivamente.
- Como $QR < 1$ cuando se agrega ajo y $QR > 1$ cuando no se agrega, esto implica que las familias a emplear para la transformación de los datos sea X acotada (SB) y X no acotada (SU), respectivamente.
- Se empleó el software Minitab™ para graficar los datos y estimar los parámetros y la ecuación de regresión. Los resultados se muestran en las figuras 29 y 30, por medio de tales figuras puede corroborarse como los datos ajustados consiguen un adecuado ajuste a la distribución normal.

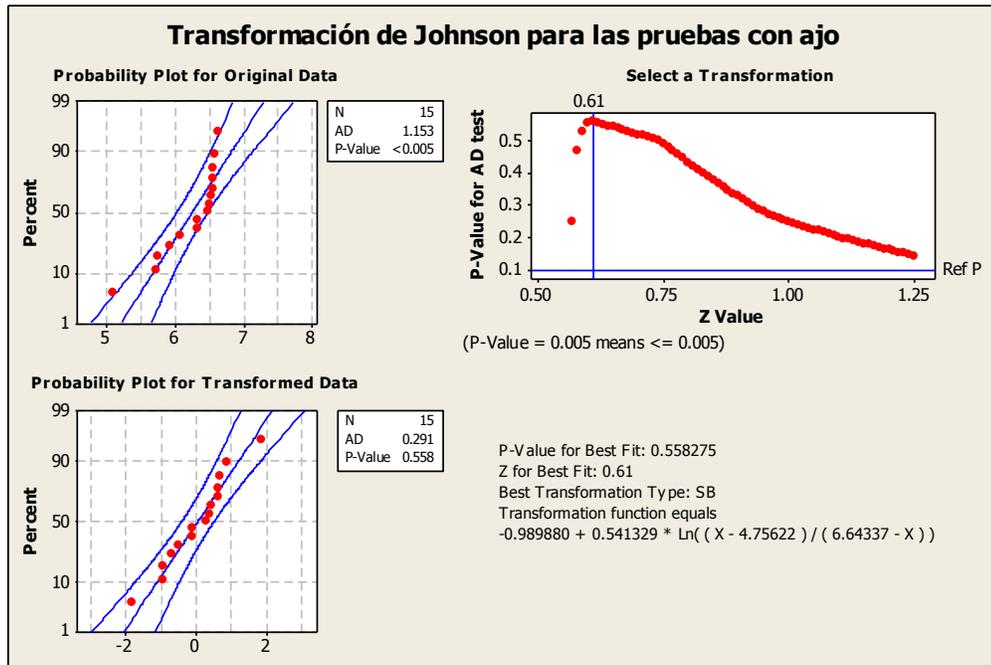


Figura 29. Transformación de Johnson, Lijas de grano 240, con ajo

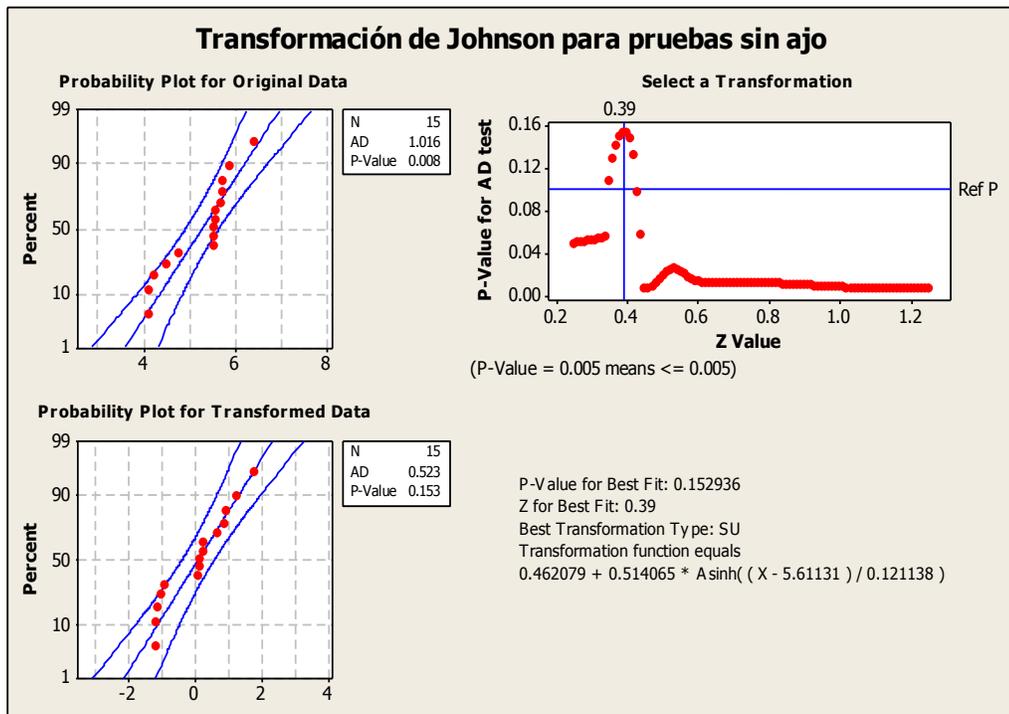


Figura 30. Transformación de Johnson, Lijas de grano 240, sin ajo

- **Prueba medias**

Debido a que los datos generados a partir de la transformación de Johnson se ajustan a la distribución normal puede emplearse estadística paramétrica para la toma de decisiones.

Se aplicó una prueba de diferencia de medias, con un nivel de significancia de 0.05. Las hipótesis a contrastar fueron: $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ y $H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$, donde μ_1 y μ_2 corresponden a las medias del tiempo de trabajo de las lijas con y sin ajo, respectivamente. De la prueba se obtuvo un p-valor de 0.540 por lo cual se concluye que no existe diferencia significativa en la aplicación del ajo a la cola. Los resultados del análisis se muestran en la figura 31

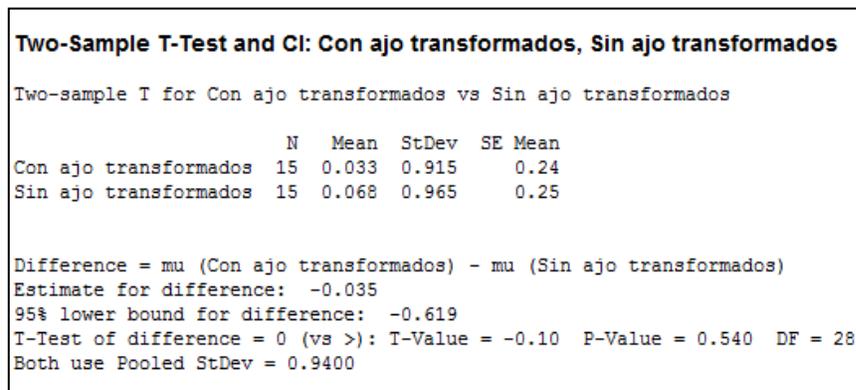


Figura 31. Prueba de medias, lijas de grano 240

La figura 32 corresponde a la gráfica de cajas con los tiempos de observados, en ella se nota que las medias son muy similares, sin embargo cuando se emplea ajo la dispersión es menor, y debido a su bajo costo es recomendable continuar empleándolo, a fin de tener mayor estabilidad en el proceso.

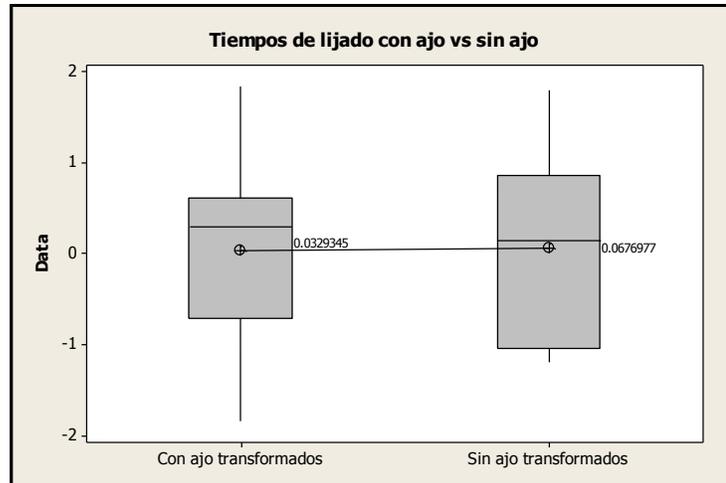


Figura 32. Diagrama de cajas para lijas con ajo vs sin ajo, lijas de grano 240

b) Análisis del efecto del tiempo de horneado en la vida de las lijas, grano 240.

Para medir el efecto del tiempo de horneado en la vida de la lija se diseñó un experimento con un solo factor completamente aleatorizado. Los niveles del factor (tiempo de horneado) se fijaron por recomendaciones del personal de la empresa en una, una y media horas y, el tiempo actual de dos y media horas. Los tiempos de prueba son menores, debido a que si el tiempo de horneado puede ser menor al actual, esto representaría ahorros significativos en la energía empleada para la operación del horno, por restricciones de disponibilidad de equipo y unidades muestrales se hizo desbalanceado, con tres observaciones para una hora de horneado, cinco para una hora y media y, dos para dos horas y media.

Las hipótesis a contrastadas en el experimento fueron: $H_0: Duración_{1.5} = Duración_{2.5}$ y $H_1: Al menos una duración es diferente$. Esta hipótesis se probó con un nivel de significancia de 0.05.

De manera similar al análisis realizado para el efecto del tiempo de horneado en la lija de grano 150, se realizaron pruebas de normalidad e independencia de datos, de las cuales se concluyó que los datos se ajustaban adecuadamente a una distribución normal y que eran independientes.

e) Análisis de variancia y gráfico de efectos para analizar el efecto del tiempo en la duración de la lija

- Análisis de variancia

La figura 34 muestra el análisis de variancia, realizado con nivel de significancia de 0.05. En base a los resultados se concluye que el tiempo no tiene un efecto significativo en la duración de las lijas. Se realizó una prueba para verificar la igualdad de varianzas, con el mismo nivel de significancia, lo cual confirma que estadísticamente son iguales y mediante la prueba de Bartlett se concluye que no existe diferencia significativa entre las varianzas.

El gráfico de residuales que aparece en la figura 34 muestra que se ajustan adecuadamente a una distribución normal y que no presentan problemas de independencia.

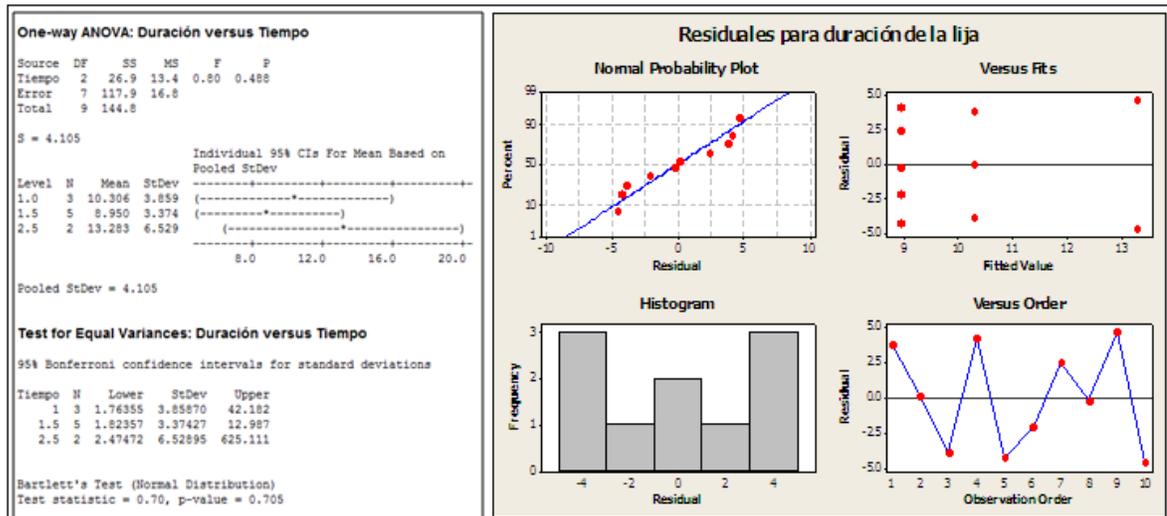


Figura 33. Análisis de variancia, lijas de grano 240

c) Análisis del efecto del tiempo de horneado en la vida de la lija

La figura 35 muestra el efecto del tiempo en las lijas. Considerando que el tiempo de horneado no es significativo en la duración de las lijas se recomienda producirlas con una hora de horneado debido a que la media del tiempo de vida es la segunda mejor y su dispersión menor que la del tiempo de dos horas y media. Además, esto facilitará la producción debido a que las lijas de grano 150 y 240 se tendrían el mismo tiempo, lo que conlleva a aprovechar la capacidad del horno.

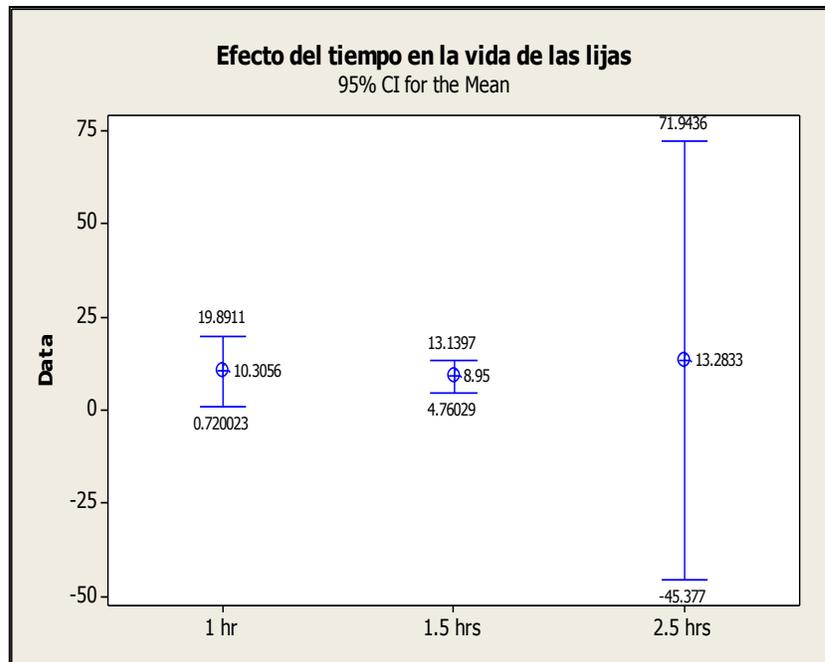


Figura 34. Efecto de tiempo de horneado, lijas de grano 240

3.2.5 Mantener

En las fases anteriores se han formalizado los métodos y determinado las condiciones de trabajo. Sin embargo, es necesario monitorear la estabilidad del proceso, razón por la cual en el presente capítulo se establecen gráficos de control para controlar los procesos y, evaluar la calidad de los insumos.

3.2.5.1 Muestreo de insumos

Un objetivo de esta metodología es iniciar a las empresas que la empleen en el intercambio de información con sus proveedores sobre la conformidad de sus insumos. Para ello requieren realizar las mediciones que les permita evaluarlos, para lo cual es necesario apoyarse en conceptos de muestreo de aceptación y gráficos de control de calidad.

Es importante aclarar que los granos del óxido de aluminio son medidos con dos tamices, para asegurar que se encuentran dentro de los límites permitidos, por lo cual el plan de muestreo se estableció como uno de atributos, bajo el principio “pasa – no pasa”.

El nivel de inspección general considerado es el nivel I, correspondiente a la *inspección normal*, la cual de acuerdo a Pulido y de la Vara (2009) es el más recomendable emplear cuando se inicia en esta actividad.

En el caso que nos ocupa, lo primero fue investigar las tolerancias permitidas a las dimensiones del diámetro de los grano en cuestión (150 y 240), bajo la norma ANSI (Instituto Nacional de Normalización Estadounidense, ver anexo VIII. De acuerdo a esta norma los intervalos permitidos son: 38 a 140 y 25 a 85 micras, para los granos 150 y 240, respectivamente.

a) Plan de muestreo para el óxido de aluminio, grano 150

El tamaño de lote recibido de este insumo es de 125 kilogramos. Se consideraron este tamaño de lote y un nivel general de inspección I, para buscar en la tabla MIL STD 105E la letra código para el tamaño de la muestra, el cual es D; por consecuencia se busca esta letra en la tabla para inspección normal para muestreo simple perteneciente a la MIL STD 105E, donde se obtiene un tamaño de muestra $n=8$, y números de aceptación y rechazo de 1 y 2, respectivamente.

Lo anterior indica que se deben tomar 8 kilogramos de muestra de manera aleatoria en el lote recibido, en caso de encontrar dos muestras fuera de límites el lote debe ser rechazado y, en caso de ser solo uno el lote puede aceptarse.

b) Plan de muestreo para el óxido de aluminio, grano 240

El tamaño de lote recibido de este insumo es de 66 kilogramos. Considerando este tamaño de lote y un nivel general de inspección I para buscar en la tabla MIL STD 105E la letra código para el tamaño de la muestra es C; por lo cual se busca esta letra en la tabla para inspección normal para muestreo simple perteneciente a la MIL STD 105E, donde se obtiene un tamaño de muestra $n=5$, y números de aceptación y rechazo de 0 y 1, respectivamente.

Lo anterior indica que en deben tomar 5 kilogramos de muestra de manera aleatoria en el lote recibido, en caso de encontrar al menos una muestra fuera de especificaciones el lote debe rechazarse.

3.2.5.2 Gráficos de control

a) Capacidad del proceso

Considerando que Gutiérrez y de la Vara (2009) señalan que si la muestra es pequeña (menor a 80, por ejemplo), es incorrecto comparar los valores estimados con los valores mínimos recomendados para los índices. En la aplicación de esta metodología no fue posible al menos reunir la mitad de dicha cantidad de datos (restricciones de la empresa), no obstante, se generó una plantilla en Excel® para el cálculo de este importante índice. Sin embargo, para futuras aplicaciones se

recomienda conocer la capacidad del proceso antes de implementar gráficos de control de calidad, porque de lo contrario se adquiere el riesgo de monitorear algo incorrecto.

El c_{pk} se generó en la misma hoja de los gráficos de control de calidad para tener la versatilidad de monitorear y evaluar el proceso en el tiempo, además, para el caso de aplicación al obtener datos la empresa conocerá la capacidad de su proceso.

b) Gráficos de control para el óxido de aluminio, (granos 150 y 240)

El gráfico de control establecido para este insumo es la carta c, debido a que el tamaño de la muestra es constante y, las muestras que no se encuentren en los límites de tolerancia son definidas como defectos.

Para monitorear la variabilidad de este insumo, se generó un plantilla en una hoja de Excel™, donde deberá registrarse el resultado del muestreo efectuado al recibir un lote de este material. Los detalles de este gráfico se muestran en la figura 35.

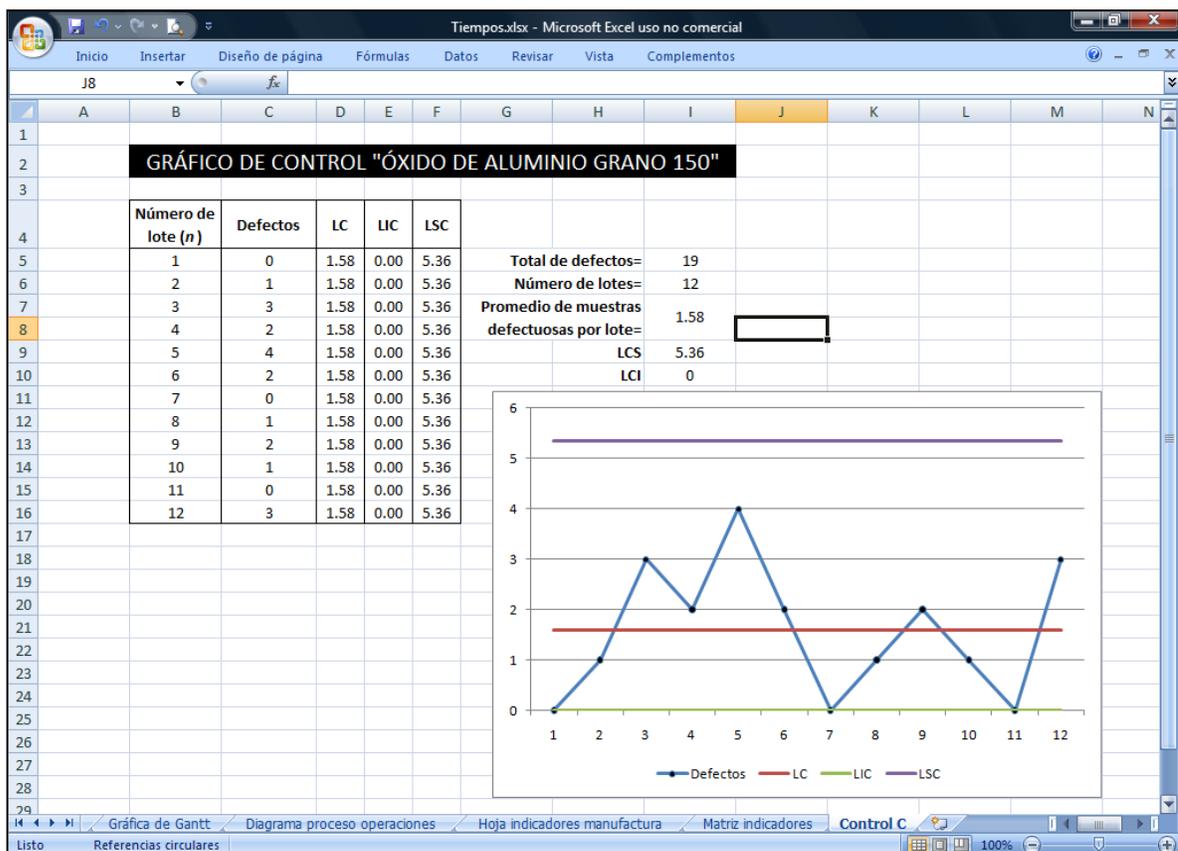


Figura 35. Gráficos de control de calidad para el óxido de aluminio

c) Gráfico de control de calidad para la duración de las lijas (granos 150 y 240)

El proceso que nos ocupa no es un proceso de producción masivo y la vida de la lija sólo puede conocerse después de ser empleada, la carta de control más adecuada para monitorear esta variable, es la carta para valores individuales.

En la figura 36 se muestra la hoja de Excel™ en la cual se diseñó una estructura para realizar los gráficos de valores individuales y rangos móviles.

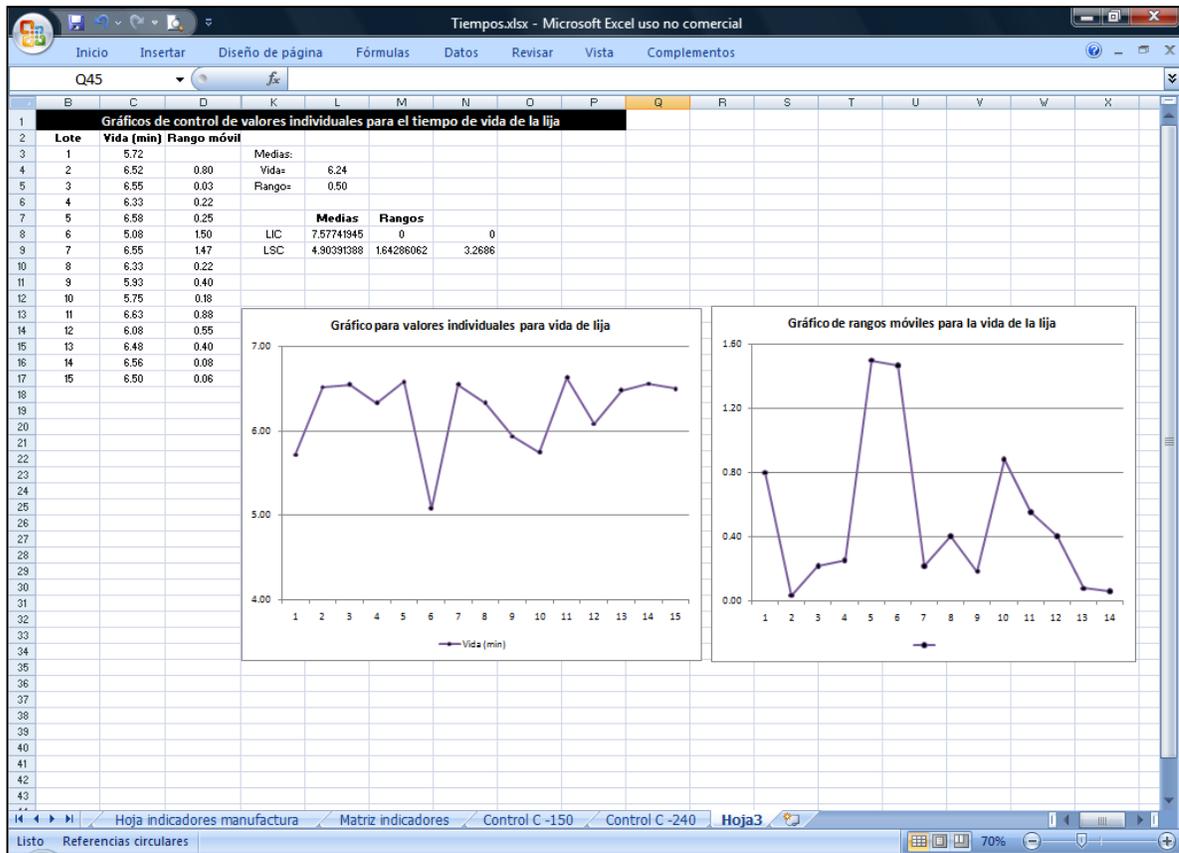


Figura 36. Gráfico de control de calidad para la duración de las lijas

4. Resultados

La aplicación de la metodología propuesta en una empresa de tamaño mediano, permite visualizar claramente los beneficios de su aplicación, los cuales se citan a continuación:

- Mediante la definición del modelo de interacciones de negocio, se obtuvo una visión clara y amplia del proceso, actividades y elementos de la organización involucrados en la fabricación de las lijas.
- El modelo de flujo de trabajo permitió conocer más a detalle el proceso, e identificar puntos de decisión.
- Los demás diagramas facilitan la comprensión del proceso, siendo más específicos en una etapa en particular.
- La hoja de indicadores de manufactura es muy útil para evaluar, en primer término el impacto del proyecto de mejora, y además, el comportamiento del proceso en el tiempo.
- Se corroboró la potencialidad de la matriz de correlación de indicadores para detectar áreas de oportunidad de mejora cuando no se cuentan con datos para aplicar otras herramientas.
- Mediante la aplicación de elementos de ingeniería de calidad se logró la mejora del proceso, en la cual el tiempo de horneado se redujo en una hora, lo que representará ahorros significativos para la empresa en el largo plazo.
- Se establecieron los gráficos de control para el óxido de aluminio y la duración de las lijas, lo que permitirá prevenir defectos.
- En la tabla 13, que aparece a continuación se muestra la comparación entre la metodología propuesta y otros sistemas de administración de procesos.

	Radical BPR	TQM	Six Sigma	Metodología propuesta
Nivel de cambio	Radical	Incremental	Incremental	Incremental
Alcance	Organización	Procesos	Procesos individuales	Procesos individuales
Centro de atención	Inicia desde el desperdicio	Rediseño de procesos existentes	Mejora de procesos existentes	Estandarización y mejora de procesos
Participación	Alto-bajo	Alto-bajo / bajo-alto	Bajo-alto	Bajo-alto
Papel de la TI	Esencial	Clave	Clave	Necesario
Sustento	Dueños de procesos	Herramientas estadísticas	Herramientas estadísticas	Herramientas estadísticas, ingeniería de métodos y, Procesos de negocios
Riesgo	Alto	Moderado	Moderado	Moderado
Principal objetivo	Reducción de costos	Mejora de calidad	Mejora de calidad	Mejora de la gestión de procesos

Tabla 11. Comparación de sistemas de administración de procesos

Fuente: Valentine, R. and Knights (1998)

5. Conclusiones y recomendaciones

1. Se estructuró una metodología con herramientas de ingeniería existentes que al aplicarla en un proceso permitió su comprensión y mejora.
2. El incorporar conceptos y herramientas de procesos de negocios, permitió conocer las diferentes áreas que interactúan para el logro de un objetivo, lo que se traduce en la mejora de comunicación, la delimitación de funciones y el intercambio de información.
3. Integrar herramientas de ingeniería de métodos y de ingeniería de calidad, condujo a conocer el proceso a detalle y mejorar la calidad, aprovechando los recursos con los que cuenta la empresa.
4. Ante los retos de gestión interna que presentan las PyMEs es factible aplicar la metodología que se propone, debido a que en su primera aplicación se obtuvieron mejoras significativas, tales como: disminución de costos y de variabilidad en el proceso y mejoras de los canales de comunicación.
5. Aunque el ambiente de trabajo y la convicción de los directivos de la empresa contribuyeron a que la aplicación no presentara barreras, es importante resaltar la oportuna comunicación de los objetivos del proyecto a las personas involucradas.
6. Por la universalidad de las herramientas empleadas, es posible que rinda resultados al aplicarse en empresas con otra actividad económica.
7. Es importante aplicarla en empresas con actividad económica diferente para observar su efecto, siempre teniendo en cuenta que los procesos son similares, pero dependiendo de su naturaleza, no necesariamente se apliquen todos los elementos propuestos.

Bibliografía

- APQC (2004). Process classification framework. APQC, Houston, Tx. May 2004.
- Ackoff, Russel L. (1991). Un concepto de planeación de empresas. Limusa.
- Alukal, George y Manos, Anthony. (2008). Lean Kaizen. Second Edition. American Society for Quality (ASQ), Quality Press
- Arriaza Gómez, A.J. Fernández Palacín, F. López Sánchez, M. A. Muñoz Márquez, M. Pérez Plaza, S. y Sánchez Navas A.. (2008). Estadística básica con R y R-Commander. Universidad de Cádiz.
- Arrieta Posada, Juan Gregorio (2004). Herramientas de producción aplicadas en el sector metalmeccánico en Medellín. Revista Universidad EAFIT. Vol. 40 Número 133.
- Beck, Ulrich (1998), ¿Qué es la globalización? Falacias del globalismo, respuesta a la globalización, España, Paidós.
- Boxwell J. Robert (1994). Benchmarking, para competir con ventaja. Mc Graw Hill.
- Cardona Henao, Mario (2008). Ingeniería de métodos y medición del trabajo: Eficiencia para pequeña industria. Revista de Ingeniería. Instituto Superior Tecnológico José Antonio Echeverría. Núm. XXIX. Habana, Cuba.
- Cabello Chávez, A. Solís Pérez, P. y Reyes Avellaneda, R. (2004). El perfil organizacional de las PyMEs (Microempresas, Pequeñas y Medianas Empresas) en el sector manufacturero, Departamento de economía de la UAM-I.
- Cedillo Campos, M. Gastón y Sánchez Ramírez Cuauhtémoc. (2008). Análisis dinámico de sistemas. Primera edición. Trillas.
- De la Horra Navarro, Julián (2003). Estadística aplicada. 3ª Edición. Ediciones Díaz de Santos, Madrid España.
- Diario oficial de la federación del 30 de Junio de 2009.
- Fernández F., Santiago, Cordero S., Jose María & Córdoba L., Alejandro (2002). Estadística descriptiva. Segunda edición. ESIC Editorial. España
- Flores Arrigaga, Juan F. (2004). Medición de la efectividad de la cadena de suministro. Primera edición. Panorama.

- Forsman, Helena. Bussines development succes in SMEs: a case study approach. Journal of Small Bussiness and Enterprises Development. Vol. 15 No 3, 2008. Emerald Group Publishing Limited
- Fuentes, Xenon (2008). Apuntes de planeación prospectiva. Posgrado en ingeniería de sistemas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Freund, John E. (2000). Estadística matemática con aplicaciones. Sexta edición. Pearson Prentice Hall.
- García Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo. Segunda edición. Mc Graw Hill.
- Gilbreth, L. M., (1998). As I remember: An autobiograph, Norcross, GA, Engineering & Management Press.
- Golden Pryor, Milded (2008). What Management and Quality Theories Are Best for Small Businesses? Journal of Management and Marketing Research.
- Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma. Segunda edición. Mc Graw Hill.
- Gutiérrez Pulido, H. y de la Vara Salazar R. (2004). Análisis y Diseño de experimentos. Primera edición. Mc Graw Hill.
- Hansen, Bertrand L. & Ghare, Probakar M. (1990). Control de calidad, principios y aplicaciones. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid, España.
- Hernández Sampieri, Roberto (1991). Metodología de la investigación. Segunda Edición. Mc Graw Hill. México.
- Hines William, W. Montgomery, Douglas C. & Goldsman, David M. (2008). Probabilidad y estadística para ingeniería. (2008). Tercera edición. Grupo editorial Patria.
- Hirano, Hiroyuki (1991). Tecnologías para el cero defectos; Inspecciones en la fuente y el sistema Poka Yoke. Portland, USA: Productivity Press.
- Janania Abraham, Camilo. (2008). Manual de tiempos y movimientos, ingeniería de métodos. Limusa. México.
- Jurado A., Vivar V., Pérez R. (1997). Programa de apoyo a la pequeña y mediana empresa: Estrategias para el impulso de la vinculación Universidad-Empresa. Pallán C. Ávila G. eds., 3er Congreso Nacional de Vinculación, ANUIES. Cuernavaca Morelos. 27 y 28 de enero.

- Kanawaty, George (1996). Introducción al estudio del trabajo. Cuarta edición. Organización Internacional del Trabajo. Ginebra, Suiza.
- Kanigel, R. (1997). One best way, New York, Viking.
- Kenett Ron, S. y Zacks, Shelemyahu. (2000). Estadística industrial moderna. Primera edición. Thomson.
- Kerzner, Harold. (2003). Project management a systems aproach to planing, scheduling and controlling. Eighth edition. John Wiley and Sons, Inc.
- Kuehl, Robert O. (2000). Diseño de experimentos. Segunda edición. Thomson Learning.
- León, Samuel (1992), La nueva estrategia económica y la modernización laboral, en Bensusan Areous, Graciela, Las relaciones laborales y el tratado de libre comercio, México, UAM-X, Miguel Ángel Porrúa.
- Lowenthal, Jeffrey N. (2005). Definición y análisis de un proceso de negocios. Primera edición. Panorama.
- Miller, J.C. y Miller, J.N. (1993). Estadística para química analítica. Segunda Edición. Adisson Wesley Iberoamericana.
- Montgomery, D.C. (2009). Control estadístico de la calidad. Tercera edición. Limusa.
- Montgomery, D.C. (1991). Diseño y análisis de experimentos. Grupo editorial Iberoamérica.
- Montgomery, D.C. y Runger, George C. (1996). Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. Primera edición. Mc Graw Hill.
- Niebel, Benjamín y Freivalds, Andris (2004). Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo. Onceava edición. Alfaomega.
- Novalés Cinca, Alfonso. (1993). Econometría. Segunda Edición. Mc Graw Hill.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). Introducción al estudio del trabajo.
- Palomo González, Miguel A. (2005). Los procesos de gestión y las problemáticas de las PyMEs. Ingenierías, Julio-Septiembre 2005, Vol. VIII No. 28. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Pinson, Linda. (2003). Anatomy of a business plan. Fifth edition. Deaborn Trade, Chicago IL.

- Quevedo Urias, Héctor y Pérez Salvador, Blanca R. (2008). Primera edición. Grupo Editorial Patria.
- Riggs James, L. (1998). Sistemas de producción. Tercera edición. Limusa
- Sánchez S. (2003). ¿Por qué mueren las empresas? Periódico AM de León, 24 nov. 2003. (En línea: www.leon.uia.mx/publicaciones/laiberoopina23.htm)
- SMEs in Mexico: Issues and Policies, OCDE, 2007
- Sánchez Lara, Benito. (2005). Identificación de elementos básicos de diagnóstico para potenciar la implantación exitosa de prácticas de calidad de las prácticas de calidad. Tesis. UNAM
- Sánchez Lara, Benito y Jiménez, Jaime. ¿Por qué fallan las prácticas de calidad?. Programa de postgrado en ingeniería, UNAM.
- Tovar, Arturo y Mota, Alejandro. (2007). CPIMC, un modelo de administración por procesos. Primera edición. Panorama.
- Valentine, R. and Knights D. (1998). Can you spot the difference? Personnel Review. Vo. 27. No 1.
- Windsor E., Samuel (2007). Six sigma transaccional. Primera edición. Panorama.
- Wedgwoog, Ian D. Lean Sigma (2007). Second edition. Prentice Hall. EE.UU.
- Watson Bradlee, J. SIPOC diagram. Marriot t School of Management. Brigham Young University.

Mesografía

Barón López, Francisco J. (2010) Bioestadística. Universidad de Málaga. Obtenido de <http://www.bioestadistica.uma.es/libro/> en Noviembre de 2009.

Calculadora de planes de muestreo

<http://www.sqconline.com/mba.html?N=1&AQL=15&level=6&type=1>

Consultada el 11 de noviembre de 2010 (Calculadora de muestreo).

Como seleccionar la lija adecuada. Obtenida de

<http://sol.sodimac.cl:90/hum.nsf/CDUNID/F4DEFD6EF6C22EBD85256C320054F4A5?OpenDocument&537QYK> el 10 de junio de 2010

Conceptos de manufactura esbelta. <http://www.beyondlean.com/poka-yoke.html>

Consultada el 22 de septiembre de 2010

Diagramación. <http://www.slideshare.net/anieto61/flujogramas> Consultada el 30 de septiembre de 2010.

Encuesta Nacional de Empleo, Secretaría de Trabajo y Previsión Social.

http://interdsap.stps.gob.mx:150/302_0058enoe.asp Consultada el 15 de octubre de 2010.

Fingar, Peter. What is BPM?. www.bpm.com (consultada el 15 de agosto de 2010).

Hebb, Nicholas. Flowchart Symbols Defined: Flowchart Symbols and Their Meanings . <http://www.breezetre.com/article-excel-flowchart-shapes.htm>

Consultada el 10 de septiembre de 2010.

Información técnica del aluminio. [http://www.alu-](http://www.alu-stock.es/catalogo/cap.10_Informacion.pdf)

[stock.es/catalogo/cap.10_Informacion.pdf](http://www.alu-stock.es/catalogo/cap.10_Informacion.pdf) Consultada el 12 de junio de 2010

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). Censos económicos, 2004.

http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/economicos/2004/industrial/estratifica2004.pdf Consultada el 28 de abril de 2010.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). El comercio

<http://cuentame.inegi.org.mx/economia/terciario/comercio/default.aspx?tema=E#>. Consultada el 20 de septiembre de 2010

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). Estructura exportadora nacional (excluyendo el petróleo)
<http://www.observatoriopyme.org/encuestas-y-estudios/estructura-exportadora-nacional-excluyendo-petroleo/>
Consultada el 10 de diciembre de 2010.

Kauffman, S. (2001), El desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresas: un reto para la economía mexicana. (En línea <http://www.uv.mx/iiesca/revista/documents/empresas2001-1.pdf>) (Consultada el 10 de Julio de 2010).

Kerri Simon. SIPOC diagram.
http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1013:sipoc-diagram&Itemid=155 Consultada el 10 de septiembre de 2010.

Larson, Isabel y Larson, Richard. BPM: perspective analitic. www.bpm.com (17 de agosto de 2010).

Lijado efectiva de madera. <http://www.mirka.com/2EEEE662-2E91-4EB8-84C4-ABA6EB62F380> Consultada el 10 de junio de 2010

Mistake proofing and Poka Yoke.
http://www.landp.com.au/special/presentation_demos/mproof_smpl_1.ppt#527_3,Diapositiva_3 Consultada el 20 de septiembre de 2010.

NetMBA, Business Knowledge Center.
<http://www.netmba.com/operations/project/gantt/> Consultada el 25 de agosto de 2010.

Observatorio de la pequeña y mediana empresa en México.
<http://www.cipi.gob.mx/html/manufacturas.pdf> Consultada el 10 de mayo de 2010.

Process analysis. Business Knowledge Center.
<http://www.netmba.com/operations/process/analysis/> Consultada el 05 de septiembre de 2010.

Rodríguez Rubio Carlos <http://www.comerciointernacional.cl/2009/07/las-pymes-en-mexico-una-breve-descripcion-por-dr-carlos-rodriquez-rubio/> Consultada el 10 de marzo de 2010.

Virtual Healthcare Quality Center. Gantt Chart
http://improhealth.tnuni.sk/fileadmin/Documents/Improvement_Tools/Gantt_Chart.pdf Consultada el 27 de agosto de 2010.

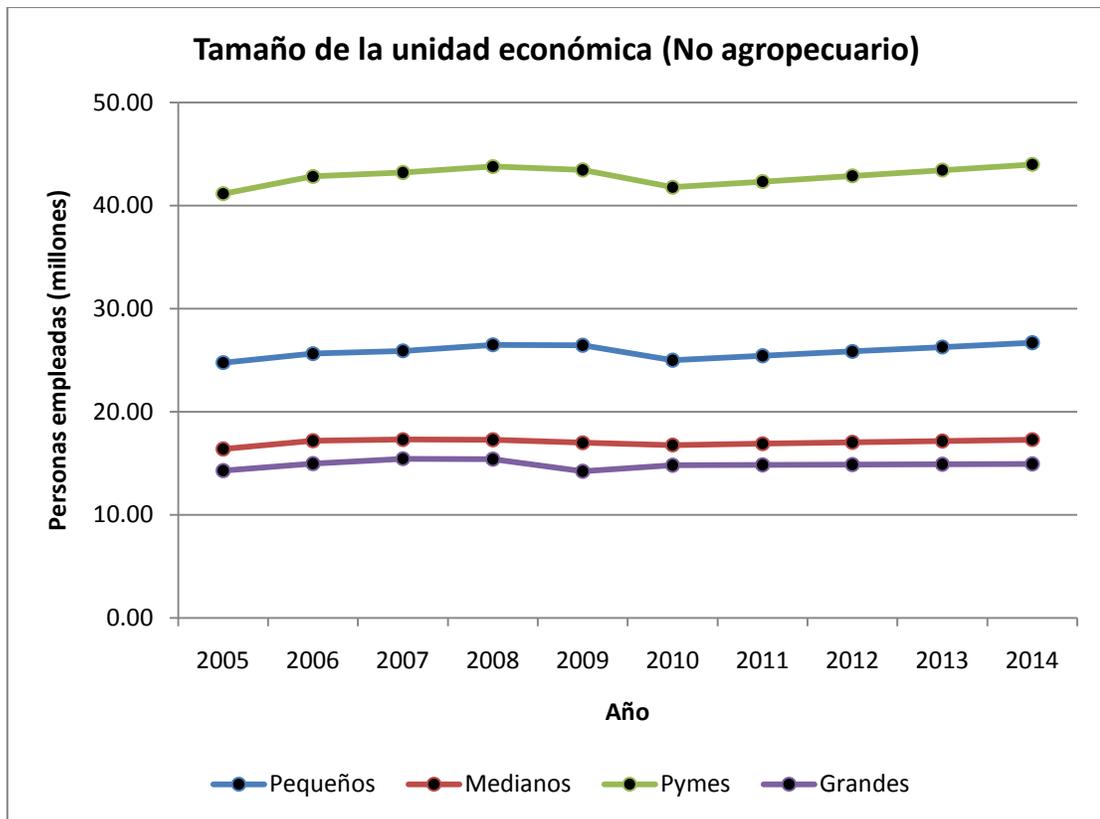
Swenson, Keith. BPM is not engineer system. www.bpm.com (17 de agosto de 2010)

Poka Yoke or Mistake Proofing. <http://thequalityportal.com/pokayoke.htm>
Consultada el 20 de septiembre de 2010.

PoKa Yoke. http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dhg/POKA_YOKE.pdf
Consultada el 22 de septiembre de 2010.

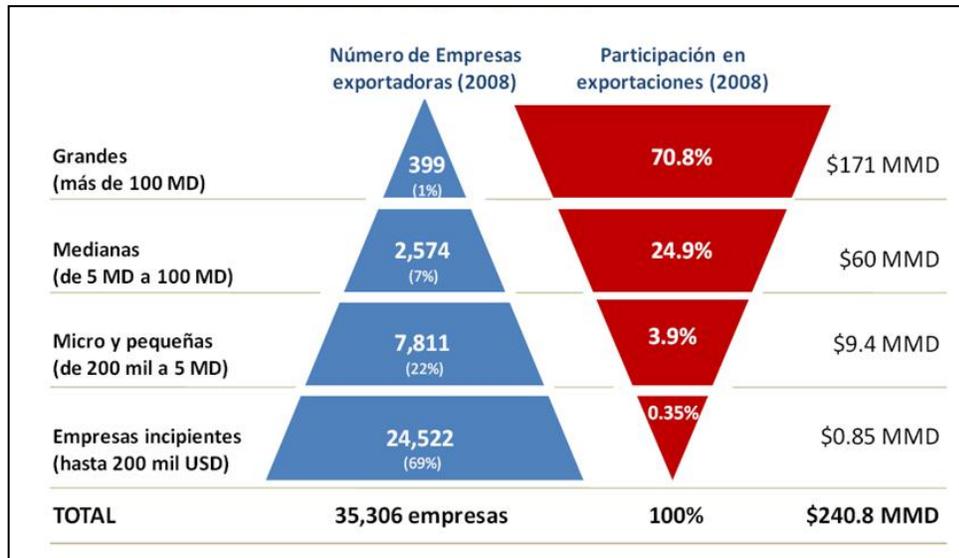
Anexos

I. Empleo en empresas no agropecuarias



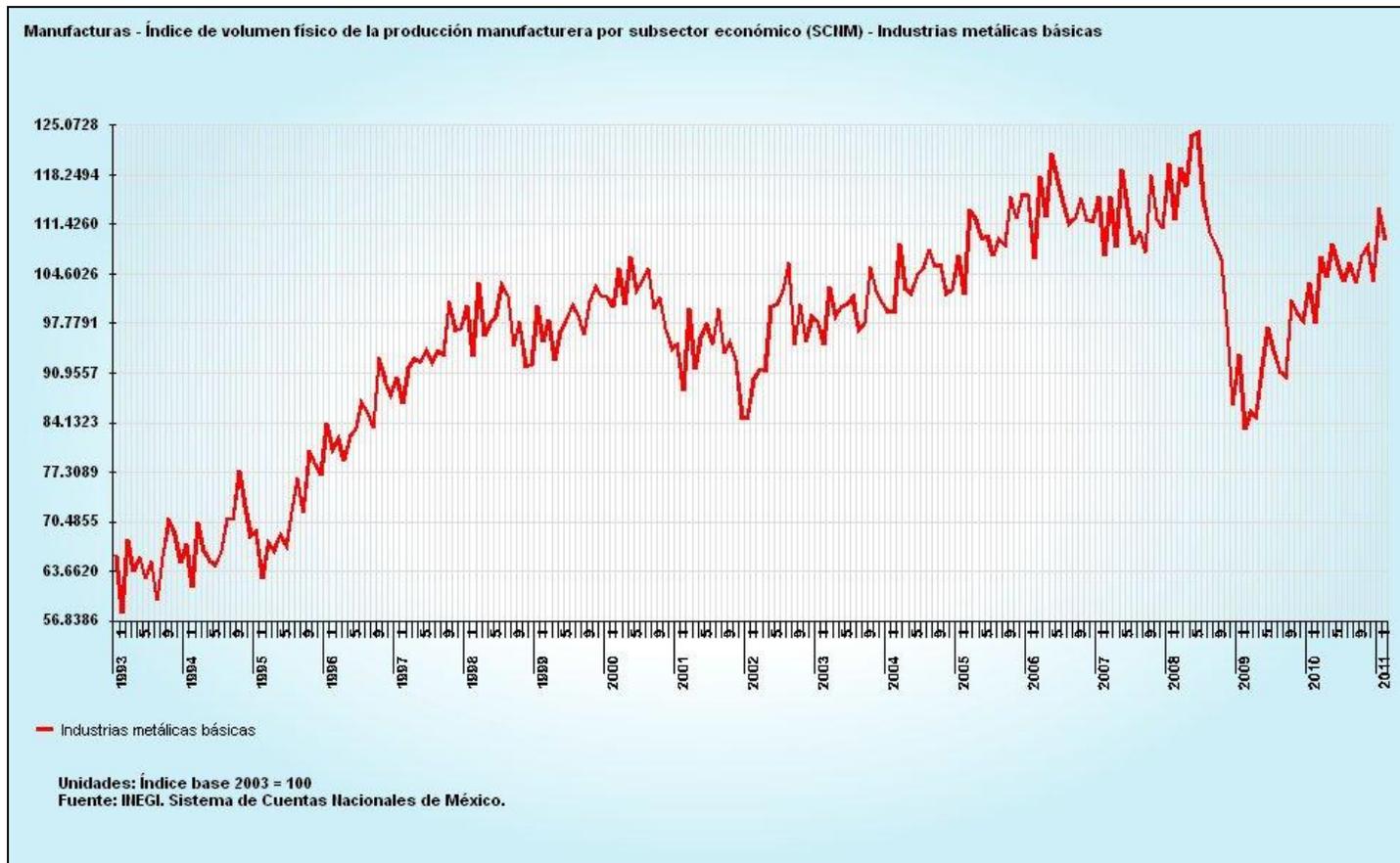
Los datos que aparecen en la gráfica a partir del año 2011 fueron pronosticados mediante regresión lineal, con un coeficiente de determinación R^2 de 84%.

II. Estructura exportadora nacional (excluyendo petróleo)



Fuente: Observatorio pyme México, 10 de diciembre de 2010.

III. Índice de volumen físico de la producción manufacturera por sector- Industrias metálicas básicas.



Fuente: INEGI Banco de información económica

IV. Factores para construir gráficos de control

n	MEDIAS				DESVIACIONES TÍPICAS						RANGOS					
	A	A ₂	A ₃	C ₄	1/C ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.580	2.659	0.979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.88865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8662	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.882	0.9594	1.04230	0.115	1.882	0.1113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.564
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.516
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2580	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2757	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.738	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541
Para n > 25 :										$B_3 = 1 - \frac{3}{C_4 \sqrt{2(n-1)}} ; B_4 = 1 + \frac{3}{C_4 \sqrt{2(n-1)}}$						
$A = \frac{3}{\sqrt{n}} ; A_3 = \frac{3}{C_4 \sqrt{n}} ; C_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}$										$B_5 = C_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} ; B_6 = C_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$						

V. Código de letras para tamaños de muestra

Tamaño de lote	Nivel de inspección general			Nivel de inspección especial			
	I	II	III	S1	S2	S3	S4
2 a 8	A	A	B	A	A	A	A
9 a 15	A	B	C	A	A	A	A
16 a 25	B	B	D	A	A	B	B
26 a 50	C	D	E	A	B	B	C
51 a 90	C	E	F	B	B	C	C
91 a 150	D	F	G	B	B	C	D
151 a 280	E	G	H	B	C	D	E
281 a 500	F	H	J	B	C	D	E
501 a 1200	G	J	K	C	C	E	F
1201 a 3200	H	K	L	C	D	E	G
3201 a 10000	J	L	M	C	D	F	G
10001 a 35000	K	M	N	C	D	F	H
35001 a 15000	L	N	P	D	E	G	J
150001 a 500000	M	P	Q	D	E	G	J
500001 y más	N	Q	R	D	E	H	K

VII. Determinación de tiempos estándar

Análisis de Tiempos		
Departamento: <u>Producción</u>	Elemento	
Sección: <u>Fabricación de lijas</u>	Aplicar Nuglu	Aplicar Óxido de aluminio
Producto: <u>Lija pegada (Grano 150)</u>	17	24
Insumos: <u>Oxido de aluminio</u>	12	34
<u>Nuglu</u>	16	24
Herramientas: <u>Brocha</u>	12	22
Unidad de tiempo: <u>Segundos</u>	9	32
	15	21
	17	33
	15	22
	17	27
	16	29
	11	27
	14	25
	13	33
	12	29
	16	19
	Total	212
	Promedio	14
	Factor de nivelación	1.02
	Tiempo base	14
	Suplementos	1.15
	Tiempo estándar	16
	27	31
	1.15	1.15
	16	31

<table style="width: 100%;"> <tr> <td>Habilidad buena (C)</td> <td style="text-align: right;">0.02</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo bueno (C)</td> <td style="text-align: right;">0.02</td> </tr> <tr> <td>Condiciones de trabajo (E)</td> <td style="text-align: right;">-0.03</td> </tr> <tr> <td>Consistencia</td> <td style="text-align: right;">0.01</td> </tr> <tr> <td>Factor de nivelación</td> <td style="text-align: right;">0.02</td> </tr> </table>	Habilidad buena (C)	0.02	Esfuerzo bueno (C)	0.02	Condiciones de trabajo (E)	-0.03	Consistencia	0.01	Factor de nivelación	0.02	
Habilidad buena (C)	0.02										
Esfuerzo bueno (C)	0.02										
Condiciones de trabajo (E)	-0.03										
Consistencia	0.01										
Factor de nivelación	0.02										
<table style="width: 100%;"> <tr> <td>Hombre</td> <td style="text-align: right;">9</td> </tr> <tr> <td>Trabajo de pie</td> <td style="text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>Postura incómoda (inclinado)</td> <td style="text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>Trabajo aburrido</td> <td style="text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>Suplementos</td> <td style="text-align: right;">15</td> </tr> </table>	Hombre	9	Trabajo de pie	2	Postura incómoda (inclinado)	2	Trabajo aburrido	2	Suplementos	15	
Hombre	9										
Trabajo de pie	2										
Postura incómoda (inclinado)	2										
Trabajo aburrido	2										
Suplementos	15										
Observado por:											
Revisado por:											
Aprobado por:											

Observaciones:

Análisis de Tiempos

Departamento: Producción

Sección: Fabricación de lijas

Producto: Lija pegada (Grano 240)

Insumos: Oxido de aluminio

Cola preparada

Herramientas: Brocha

Unidad de tiempo: Segundos

Habilidad buena (C)	0.02
Esfuerzo bueno (C)	0.02
Condiciones de trabajo (E)	-0.03
Consistencia	0.01
Factor de nivelación	0.02

Hombre	9
Trabajo de pie	2
Postura incómoda (inclinado)	2
Trabajo aburrido	2
Suplementos	15

Observado por:

Revisado por:

Aprobado por:

Elemento	
Aplicar Nuglu	Aplicar Óxido de aluminio
11	28
12	30
12	30
11	32
14	31
11	29
12	27
14	29
10	26
12	26
11	27
13	22
10	30
12	29
9	22

Total	174	418
Promedio	12	28
Factor de nivelación	1.02	1.02
Tiempo base	12	28
Suplementos	1.15	1.15
Tiempo estándar	14	33

Observaciones:

VIII. Tamaño de grano del oxido de aluminio, norma ANSI

WASHINGTON MILLS						
ANSI GRIT SIZE CONVERSION CHART						
Macro Grit	Inches			Microns		
	Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average	Minimum
8	0.130	0.087	0.065	3300	2210	1650
10	0.105	0.073	0.055	2667	1854	1397
12	0.090	0.063	0.045	2286	1600	1143
14	0.075	0.053	0.037	1905	1346	940
16	0.065	0.043	0.031	1650	1092	787
20	0.053	0.037	0.026	1346	940	660
24	0.043	0.027	0.018	1092	688	457
30	0.032	0.022	0.014	813	559	356
36	0.030	0.019	0.012	762	483	305
46	0.022	0.014	0.0095	559	356	241
54	0.0195	0.012	0.0080	495	305	203
60	0.0160	0.010	0.0065	406	254	165
70	0.0130	0.008	0.0050	330	203	127
80	0.0115	0.0065	0.0040	292	165	102
90	0.0095	0.0057	0.00350	241	145	89
100	0.0080	0.0048	0.0025	203	122	63
120	0.0065	0.0040	0.0020	165	102	50
150	0.0055	0.0035	0.0015	140	89	38
180	0.0045	0.0030	0.0010	114	76	25
220	0.0040	0.0025	0.0008	102	63	20
Micro Grit	Inches			Microns		
	Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average	Minimum
240	0.00330	0.00200	0.00099	85	50	25
280	0.00280	0.00154	0.00075	70	39	19
320	0.00240	0.00122	0.00055	60	31	14
400	0.00180	0.00087	0.00043	45	22	11
500	0.00160	0.00075	0.00039	40	19	10
600	0.00140	0.00063	0.00035	35	16	9
700	0.00130	0.00055	0.00028	32	14	7
800	0.00120	0.00047	0.00020	30	12	5
900	0.00090	0.00035	0.00012	23	9	3
1000	0.00090	0.00028	0.00008	23	7	2
CF1	0.00374	0.00189	0.00087	95	48	22
F	0.00303	0.00160	0.00071	77	40	18
FF	0.00270	0.00130	0.00055	67	33	14
FFF Coarse	0.00217	0.00099	0.00043	55	25	11
FFF	0.00180	0.00075	0.00039	45	19	10
FFFF	0.00140	0.00043	0.00016	35	11	4

IX. Tabla de conversión de niveles de calidad aceptable

Para valores especificados de AQL que caigan dentro de estos intervalos	Use este valor de AQL
0-0.049	0.04
0.050-0.069	0.065
0.070-0.109	0.10
0.110-0.164	0.15
0.165-0.279	0.25
0.280-0.439	0.40
0.440-0.699	0.65
0.700-1.09	1.00
1.10-1.64	1.50
1.65-2.79	2.50
2.80-4.39	4.00
4.40-6.69	6.50
1.00-10.9	10
11.00-16.4	15

Fuente: Hansen & Ghare, 1990

X. Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales

Instituto de Administración Científica de las Empresas				
Curso de "Técnicas de organización"				
Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales				
	Hombres	Mujeres		
1. Suplementos constantes			E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)	
Suplementos por necesidades personales	5	7	índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de - Suplementos	
Suplementos base por fatiga	4	4	Kata (milicalorías/cm ² /segundo)	
			16	0
2. Suplementos variables			14	0
			12	0
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	10	3
			8	10
B. Suplementos por postura anormal			6	21
Ligeramente incómoda	0	1	5	31
Incómoda (Inclinado)	2	3	4	45
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	3	64
			2	100
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular			F. Concentración intensa	Hombres Mujeres
(levantar, estirar o empujar)			Trabajos de cierta precisión	0 0
Peso levantado por kilogramo			Trabajos de precisión o fatigosos	2 2
2.5	0	1	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5 5
5	1	2	G. Ruido	
7.5	2	3	Continuo	0 0
10	3	4	Intermitente y fuerte	2 2
12.5	4	6	Intermitente y muy fuerte	5 5
15	5	8	H. Tensión mental	
17.5	7	10	Proceso bastante complejo	1 1
20	9	13	Proceso complejo o atención	4 4
22.5	11	16	dividida entre muchos objetos	
25	13	20 (máx.)	Muy complejo	8 8
30	17	---	I. Monotonía	
33.5	22	---	Trabajo algo monótono	0 0
D. Mala iluminación			Trabajo bastante monótono	1 1
Ligeramente por debajo de la potencia	0	0	Trabajo muy monótono	4 4
Bastante por debajo	2	2	J. Tedio	
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo aburrido	2 2
			Trabajo muy aburrido	5 5

XI. Diagramas de proceso para la producción de lijas pegadas

Diagrama de proceso							
Departamento: <u>Producción</u>				Pág. <u>1</u> de <u>1</u>			
Sección: <u>Fabricación de lijas</u>				Unidad de tiempo: <u>Segundos</u>			
Producto: <u>Lija pegada (Grano 150)</u>				Fecha: <u>11-sep-10</u>			
Descripción del método	Operación ○	Inspección □	Transporte ⇩	Demora D	Almacenaje ▽	Tiempo	Observaciones
Aplicar Nuglu (Aplicación I)	•					16	
Aplicar Oxido de aluminio (Aplicación I)	•					31	
Dejar secar				•		600	
Aplicar Nuglu (Aplicación II)	•					16	
Aplicar Oxido de aluminio (Aplicación II)	•					31	
Consolidar cinco lijas				•		250	
Llevar a horno			•			10	
Consolidar carga de horno				•			
Hornear	•						
Clasificar	•					8	
Colocar en locker					•		
Observado por:		Revisado por:		Aprobado por:			

Diagrama de proceso

Departamento: Producción

Pág. 1 de 1

Sección: Fabricación de lijas

Unidad de tiempo: Segundos

Producto: Lija pegada (Grano 240)

Fecha: 11-sep-10

Descripción del método	Operación ○	Inspección □	Transporte ⇨	Demora D	Almacenaje ▽	Tiempo	Observaciones
Aplicar Nuglu (Aplicación I)	•					14	
Aplicar Oxido de aluminio (Aplicación	•					33	
Dejar secar				•		600	
Aplicar Nuglu (Aplicación II)	•					16	
Aplicar Oxido de aluminio (Aplicación	•					31	
Consolidar cinco lijas				•		250	
Llevar a horno			•			10	
Consolidar carga de horno				•			
Hornear	•						
Clasificar	•					8	
Colocar en locker					•		

Observado por:

Revisado por:

Aprobado por: