ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO EN UNA INDUSTRIA GRÁFICA"

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

INGENIERAS INDUSTRIALES

Presentada por:

Célica Alborada Almeida Rivas

Elizabeth Lourdes Holguín Sornoza

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2010

Agradecimiento

En primer lugar a Dios por darnos la oportunidad de podernos graduar, a nuestros padres por su apoyo y en especial agradecemos a nuestro director que nos apoyo en todo momento aun a pesar de nuestras dificultades que el tiempo de nuestros trabajos nos impedía realizar con mayor prontitud.

Dedicatoria

Este trabajo realizado va dedicado en especial a nuestras familias por el tiempo dedicado y por la confianza que tuvieron al apoyarnos en seguir con nuestras carreras.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Víctor Guadalupe E.
DIRECTOR DEL PROYECTO
DE GRADUACIÓN

Ing. Jorge Roca G.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

Célica Almeida Rivas

Elizabeth Holguín Sornoza

ÍNDICE GENERAL

Abreviaturas I

Índice de Figuras II

Índice de Tablas III

Índice de Anexos IV

Resumen V

Capítulo 1:

1. GENERALIDADES…….....1

1.1. Antecedentes……...1

1.2. Objetivos……...3

1.2.1. General……...3

1.2.2. Específicos…….....4

1.3. Situación actual de una Industria Gráfica.- Diagnóstico……4

1.3.1. Análisis de datos…….....10

1.3.2. Diagrama Causa- Efecto……14

1.4. Análisis del Diagrama Causa-Efecto “Corte”……...15

1.4.1. Materiales……15

1.4.2. Equipos…….....16

1.4.3. Maquinaria…….....16

1.4.4. Procedimientos…….....17

1.4.5. Mano de obra…….....17

Capítulo 2

2. MARCO TEÓRICO…….....18

2.1. Herramientas estadísticas para mejorar la Calidad……..18

2.1.1. Tabulación e Histograma de frecuencia……18

2.1.2. Diagrama Causa Efecto……...23

2.1.2.1. Uso del Diagrama de Causa- Efecto…..……25

2.1.3. Diagrama Gantt…….....27

2.1.4. Diagrama de Flujo…….....29

2.1.4.1. Esquema del diagrama de Flujo Funcional.….30

2.1.5. Diagrama de Pareto……..32

2.2. Sistema de calidad…….....33

2.2.1. Estructura de la organización……33

2.3. Mejora Continua……..35

2.3.1. Principio de Deming……..36

2.4. Control de calidad…….....44

2.5. Proceso…….....48

2.5.1. Procesos productivos……51

2.5.1.1. Subprocesos……51

2.5.1.2. Sistema…….....51

2.5.1.3. Procedimientos……...52

2.5.1.4. Actividad…….....53

2.5.2. Factores del diseño del proceso……....53

2.6. Metrología…….....55

2.7. Aseguramiento metrológico……...56

2.7.1. Proceso de confirmación metrológica……57

2.8. Trazabilidad…….....59

2.8.1. Evaluación de trazabilidad……..…....61

2.9. Gráfica para mejorar la medida…….62

2.10. Tolerancia…….....66

2.10.1. Límites de tolerancia…….....66

Capítulo 3

3. Diseño del Sistema de aseguramiento metrológico en el proceso de corte y troquelado……72

3.1. Determinar responsable del sistema de confirmación metrológica……72

3.2. Determinar equipos críticos en el proceso……...73

3.3. Tolerancias del proceso. …….....78

3.4. Condiciones ambientales.…….....80

3.5. Evaluación del personal técnico (Pruebas de aptitud)……81

3.5.1. Prueba aptitud No. 1……..82

3.5.2. Prueba de aptitud No. 2……84

3.5.3. Prueba de R&R…….....86

3.6. Intervalo de calibración y mantenimiento……89

3.6.1. Determinación del periodo de recalibración……..91

3.7. Trazabilidad de equipo……..91

3.7.1. Evaluación de la trazabilidad…….92

3.7.2. Análisis de la trazabilidad……...92

3.8. Incertidumbre en los procesos de medición…….93

3.9. Rotulación de equipos según su uso……....95

3.10. Auditar el sistema……...96

3.11. Acciones correctivas y preventivas……96

Capítulo 4

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO EN EL PROCESO DE CORTE Y TROQUELADO……97

4.1. Determinar al responsable……...98

4.2. Determinar variables críticas……99

4.3. Identificar variables……..103

4.4. Clasificación de variables……...104

4.5. Determinar variables críticas……...105

4.6. Tolerancias…….....106

4.6.1. Análisis de límites de control……110

4.7. Pruebas de aptitud…….....112

4.7.1. Repetitividad…….....114

4.8. Evaluación de proveedores……117

4.9. Intervalo de calibración y mantenimiento……117

4.10. Trazabilidad del proceso…….....120

4.11. Auditoría de procesos…….....120

4.12. Acciones correctivas y preventivas.……..122

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…….....123

6. BIBLIOGRAFÍA.……125

7. ANEXOS……..127

ABREVIATURAS

CMYK	Cian, Mayenta, Negro y Amarillo
ISO	International Organization for Standardization
DIN	German Institute for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
$\hat{C}_p$	Capacidad Estimada
TUR	Traceability Uncertainty Ratio
TAR	Traceability Accuracy Ratio
LCS o UCL	Límite de Control Superior
LCL o LCI	Límite de Control Inferior
SAM	Sistema de Aseguramiento Metrológico
CMI	Capacidad Media Instalada
CMR	Capacidad Media Requerida
EEB	European Environmental Bureau
AMFE	Análisis Modal de Fallos y Efectos
NPR	Número de Prioridad de Riesgo
VIM	Vocabulary International of Metrology
R&R	Repetibilidad y Reproducibilidad
CGPM	Conferencia General de Pesos y Medidas
CENAM	Centro Nacional de Metrología
BIPM	Laboratorio Internacional de Pesos y Medidas
ESPOL	Escuela superior Politécnica del Litoral

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Tallados de impresiones en la antigüedad…….....1

Figura 1.2. Láminas de Zinc de colores……..2

Figura 1.3. Diagrama de frecuencia de Defectos…….....11

Figura 1.4. Diagrama de Pareto: Procesos……11

Figura 1.5. Diagrama de Pareto: Defectos……13

Figura 1.6. Diagrama Causa-Efecto del proceso de corte…….....14

Figura 2.1.Modelos de frecuencia. …….....23

Figura 2.2. Esquema 5S – Causa Efecto. ……25

Figura 2.3. Esquema del diagrama de Gantt.……29

Figura 2.4. Representación del diagrama de flujo……...31

Figura 2.5. Diagrama Pareto “regla 80/20”. …….....32

Figura 2.6. Esquema del límite del control……...48

Figura 2.7. Esquema de un proceso…….....53

Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso del Troquel……...74

Figura 3.2. Ejemplo de Prueba e Repetitividad……...88

Figura 3.3. Intervalo de Calibración……..90

Figura 3.4. Intervalo de Deriva. …….....91

Figura 4.1. Elaboración de un Troquel. ……....99

Figura 4.2. Positivo Realizado. …….....100

Figura 4.3. Verificación de las dimensiones. ……100

Figura 4.4. Positivo Terminado. …….....101

Figura 4.5. Máquina Troqueladora. ……....102

Figura 4.6. Troquel de Muestra. …….....104

Figura 4.7. Límites de control de la 1 era medición……..110

Figura 4.8. Límites de control de la 2 da medición……....111

Figura 4.9. Límites de control de la 3 era medición……...112

Figura 4.10. Repetividad desde MINITAB……116

Figura 4.11. Resultado de la Deriva…….....119

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.1. Hoja de Registro: Industria Gráfica……...10

Tabla 1.2. Análisis de Pérdida. …….....12

Tabla 2.1. Ejemplo de diámetro para gráfico de histograma…….....19

Tabla 2.2. Intervalo de confianza…….…….....20

Tabla 3.1. Matriz de variables del proceso…….…….....75

Tabla 3.2. Frecuencias de variables. …….……76

Tabla 3.3. Matriz del método AMFE…..…….……77

Tabla 3.4. Carta de control de muestra. …….…….....79

Tabla 3.5. Formato del ensayo de aptitud 1… …….....82

Tabla 3.6. Formato del ensayo de aptitud 2…….....84

Tabla 3.7 Hoja de registro de datos R&R……86

Tabla 3.8. Formato para evaluar proveedores de acuerdo a la trazabilidad…….....88

Tabla 3.9. Determinación de las variables el proceso……..93

Tabla 3.10. Normas y fórmulas…….....94

Tabla 3.11.Coloración para etiquetado para rotulación de equipo…… 96

Tabla 4.1. Identificación de variables por sus objetivos……103

Tabla 4.2. Variables del proceso. …….....104

Tabla 4.3. Método AMFE. …….....105

Tabla 4.4. Tolerancia del proceso. …….....107

Tabla 4.5. Muestra del troquel Prueba 1. ……108

Tabla 4.6. Muestra del troquel Prueba 2. ……..109

Tabla 4.7. Resultado de la prueba de Aptitud 1……113

Tabla 4.8. Resultado de la prueba de Aptitud 2……113

Tabla 4.9. Resultado de la prueba de Repetitividad……115

Tabla 4.10. Evaluar proveedores de acuerdo la trazabilidad…….117

Tabla 4.11. Resultado de pérdida por fallas……....118

Tabla 4.12. Resultado de la Trazabilidad del proceso……120

Tabla 4.13. Diagrama de Gantt de la Auditoría……121

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Diagrama Causa-Efecto del proceso de la industria……128

Anexo 2: Solicitud de empleo…….....129

Anexo 3: Gráficos de la prueba de aptitud No. 1……130

Anexo 4: Gráficos de la prueba de aptitud No. 4……131

Anexo No. 5: Hoja de registro de actividades de los procesos……132

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

Célica Almeida Rivas

Elizabeth Holguín Sornoza

RESUMEN

En la mayoría de Industrias pequeñas se observa que existe un ineficiente manejo y utilización de recursos, debido a la falta de conocimientos y aplicación de tecnologías modernas que ayuden a mejorar sus sistemas productivos, además de no contar con un sistema que planifique la producción, el mantenimiento y la calidad, lo que les hace más vulnerables, y menos competitivas ante las industrias internacionales o con otro tipo de visión, todo esto sumado a la falta de flexibilidad en sus sistemas y al status Quo de los administradores , como respuesta a este problema se diseñó e implantó en la industria gráfica, un sistema metrológico basado en compendio de algunas normas como: la ISO 9001; sobre Gestión de Sistemas de Calidad, ISO 17025 ; sobre acreditación de laboratorios y la ISO 10012 parte 1 y 2 basada en procesos de conformación metrológica, sistema que ayuda a la empresa a conocer sus fortalezas y debilidades en su sistema de producción, de todo este estudio se logró determinar las principales características de sus procesos productivos como: determinación de tolerancias, determinar el nivel de medida, aptitud de Talento Humano y cuantificación de desperdicios. Los mismos que generaban continuos reclamos por parte de los clientes.

También se logró unificar muchos conceptos que se utilizan en los sistemas de producción y que a la vez son los causantes de algunas desviaciones en las características de calidad de los productos, debido a que no eran diferenciados; conceptos como: exactitud, precisión, error, tolerancia, trazabilidad, incertidumbre, verificación, ajuste, calibración, los que impedían una buena planificación del proceso productivo y un mejor diseño en los productos existentes en la empresa.

Esta metodología está basada en el sistema de mejora continua, en donde se determina las desviaciones que existen en los procesos, y a través de planificaciones constantes ir reduciendo esa desviación para lograr productos de buena calidad, disminuir reclamos, desperdicios y el máximo aprovechamiento de los recursos de la empresa, lo que la volverá más competitiva.

Para realizar análisis comparativos se utilizó estándares nacionales como el INEN, ESPOL, e internacionales como el CENAM, METAS &ASOCIADOS de México, el VIM, etc. entidades que dan las directrices para mejorar procesos productivos.

La metodología utilizada se desarrolla con el soporte de métodos estadísticos para análisis y diagnóstico sencillos como diagramas de flujo,

diagramas Causa Efecto, Diagramas de Pareto, Cartas de control, estudios de variabilidad a través de estudio de R&R , variancia y pruebas de aptitud.

Para ayudar a determinar variables críticas se utilizó herramientas de calidad como AMFE , la cual es una herramienta que a través de la probabilidad, la ocurrencia y la gravedad ayuda a determinar variables críticas, considerado críticas todas las variables que afectan al proceso productivo y que no están definidas por norma o requerimiento del Cliente.

Con esta metodología se logró identificar que el área de mayor afectación estaba concentrada en el proceso de corte y troquelado, que es donde el producto toma la forma a través del corte y el trazado para el doblado de los productos terminados.

Como conclusión se determina que la empresa en estudio necesariamente tiene que empezar por definir su misión, visión y de ahí realizar planes estratégicos para mejorar en los aspectos tecnológicos, técnicos, administrativos y operativos, en vista de que se observa un desorden en todas estas áreas, también se puede decir que la metodología utilizada va a servir para que cuando la empresa decida incursionar en Sistemas de Gestión de Calidad en vista de que fue desarrollada de acuerdo a procedimientos establecidos por las normas ISO

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

La industria gráfica tiene sus inicios en la antigua Babilonia, cuando las firmas o símbolos religiosos eras tallados sobre arcilla o piedra en su superficie. Dando así la formación de sellos o tapones para la impresión de estos símbolos con mayor facilidad.

FIGURA 1.1: TALLADOS DE IMPRESIONES EN LA NATIGUEDAD

Las primeras formas gráficas se produjo por la necesidad de comunicación con otras culturas, para involucrarse entre sí e intercambiar beneficios. Quedando así constituido un sistema

de escritura de proceso gráfico para poder escribir y transmitir dichos mensajes.

Ahora en el siglo XX con la evolución de la tecnología ha sido tal que ha dado cambio de nombre de Arte Gráfica a Industria Gráfica. Debido a la urgente necesidad de generar impresiones de mejor calidad aparece la preprensa o fotomecánica, la cual se desarrolla en láminas de Aluminio o Zinc; con la llegada de este tipo de impresión también llegaron las grandes máquinas y cámaras que podían dividir los colores de la imagen en CMYK.

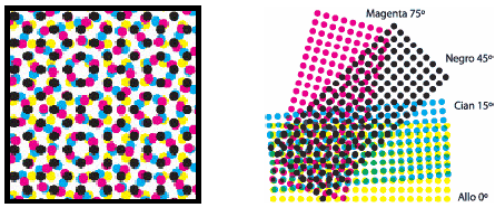


FIGURA 1.2: LÁMINAS DE ZINC DE COLORES

Estamos en el tiempo de la globalización, donde se están desarrollando nuevos avances tecnológicos que ayudan a tener mayor competitividad en el mercado, así mismo algunas empresas modernas están contaminadas por procesos tradicionales que resulta difícil cambiarlos para poder realizar una gestión de calidad tanto en sus procedimientos como en su recurso humano.

También se han creado otras formas de impresión como serigrafía, la flexografía y huecograbado o rotograbado.

En nuestro país los altos costos de la materia prima que se utiliza en la industria gráfica hace que se vuelva cada vez más difícil la competencia, a esto se suma que las máquinas se importan al igual que la tinta y las placas.

Entre las empresas existentes en el Ecuador, las principales se encuentran en Guayas (47%) y Pichincha (42%), el resto en Azuay, El Oro y las demás provincias.

Según los registros de la Superintendencia de Compañías, en el país existen más de 350 impresores comerciales que dan empleo a 3.823 personas aproximadamente.

Entre los productos más destacados que circulan en el mercado actual tenemos volantes publicitarias, cajas para diversos productos, adhesivos con logotipos, fundas para Shopping, blocks de facturación, gigantografías entre otros.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Diseñar un sistema metrológico capaz de detectar y controlar la variabilidad de los procesos de una industria gráfica y poder mejorarlos.

1.2.2. Específicos

- Elaborar un diagnóstico de la situación actual.
- Desarrollar un sistema de aseguramiento metrológico para los procesos en el área de producción, mediante la aplicación de Normar ISO.
- Determinar estándares de producción y tolerancias de los procesos.
- Establecer indiciadores para los procesos existentes, basándose en la regulación de las variables críticas existentes en los procesos.

1.3. SITUCIÓN ACTUAL DE UNA INDUSTRIA GRÁFICA.- DIAGNOSTICO

Para poder clarificar los detalles y falencias encontrados en una industria gráfica, se utilizará un diagrama CAUSA-EFECTO, el cual ayudará a determinar el diagnostico del tema en estudio:

- VER FIGURA EN ANEXO No. 1

Como se observa en el diagrama Causa-Efectos el procedimiento actual de la industria gráfica no es el más adecuado; se evidencia varios factores los cuales afectan de manera directa el proceso de producción llevando errores tanto

en el área mano de obra como de los equipos utilizados. Por esta razón se analizará y se descifrará el origen de cada una de ellas:

Medición.- Generalmente en la industria gráfica en las cuales los procesos de producción se realizan con la participación del recurso humano, se encuentran varios desbalances a causa la falta de capacitación lo cual genera la realización de mediciones por medio de su percepción, provocando que el trabajo se torne rutinario y la pérdida de interés en sus labores; conjuntamente el poco involucramiento por parte de los directivos y accionistas en nuevos programas de adquisición de nuevos instrumentos y equipos que pueden a mejorar la productividad y calidad de los productos y servicios; como consecuencia de estos factores no existen sistemas de medición y estándares adecuados, que puedan reducir la alta variabilidad en los diseño, en medición, además de los desperdicios ocasionados en material y tiempo, originando constantes retrasos para la entrega de la producción, ocasionando que la empresa se vuelva menos competitiva.

Materiales.- La mayoría de las empresas cuando inicia sus actividades comerciales lo hacen con un área determinada de espacio, pero cuando la empresa va creciendo

progresivamente, se le va quitando espacio a varias áreas. Una de las más afectadas es el área del almacenamiento. Al reducir el espacio a dicha área se va generando una importante afectación a los materiales ahí almacenados, los cuales son afectados por la temperatura, la humedad y por la falta de un lugar que cumpla con las condiciones mínimas para su almacenamiento y poder así conservar sus condiciones químicas y físicas que son importantes para la ejecución de los procesos y productos. Si estas dos condiciones no se cumplen se tiene un desgaste de la maquinaria al momento de la producción y genera alto índice de desperdicios por suciedad, debilidad del material.

La selección de los proveedores equivale a una producción con calidad, además de ser un factor indispensable para que la industria cumpla con todos los estándares de calidad y servicios.

Maquinaria.- Uno de los componentes importantes sin los cuales una producción no se ejecutaría, es la maquinaria las mismas que por faltan de inversión en el mantenimiento o en la adquisición de nuevas tecnologías perjudican el sistema de producción dejando que su maquinaria se vuelva obsoleta, esto produce mayores pérdidas.

Máquinas Obsoletas/falta de calibración.- Debido al modelo las maquinarias utilizadas en este proceso es demasiado antiguo, se tiene que realizar el mismo trabajo en varias fases, obteniendo un mayor desgaste en la maquinaria, pérdida de tiempo, además que no se cuenta con manuales de equipos e información necesaria para poder realizar una buena calibración y mantenimiento de las máquinas y equipos que permita alargar el tiempo de vida.

No existen un plan de mantenimiento.-El atraso inesperado de la producción ocasionado por la maquinaria al no contar con un plan de mantenimiento preventivo, genera pérdida de tiempo, desperdicio de material y el incremento de los costos de producción. Como consecuencia, la paralización de la maquinaria, la desprogramación de la producción y el incumplimiento con el cliente.

Métodos.- La falta de estándares para los colores empleados en los diferentes procesos que los operarios utilizan, induce a la percepción visual individual para llegar a los colores necesarios; lo que implica desperdicio de materiales, pérdida de tiempo variabilidad en el acabado y diseño de los productos por alcanzar la precisión de los colores.

El tiempo improductivo es la consecuencia de la falta de iniciativa y el temor de poder realizar una producción defectuosa en vista de que no existen los manuales como respaldo o información que ayuden a verificar el nivel de trabajo y su evaluación.

Mano de obra.- Los continuos retrasos y errores que se encuentran en las diferentes etapas del proceso, son consecuencia de la apatía que existe en los diversos cargos y áreas. No se cuenta con ningún tipo de programas que fortalezcan los vínculos entre jefes, personal administrativo y operarios. Además se pudo detectar por medio de pruebas de aptitud, que los operarios tienen una falta de orientación con respecto a toma de mediciones. Como tampoco se evidencia la existencia de un sistema o plan de capacitación para el personal que ayude a los trabajadores en sus labores diarias.

Por los factores antes mencionados se evidencia poco interés en la realización de las diferentes tareas asignadas, producto de la poca motivación de la remuneración económica recibida por los trabajadores; provocando así la generación de entes aislados, sin el afán de mejorar o colaborar los procesos en los cuales se trabaja.

Ocasionando alta rotación en el personal técnico y obreros, lo que genera muchos problemas en la producción; obligando al personal nuevo sin experiencia empezar desde cero, tratando de conocer los problemas técnicos según la práctica en las labores de los equipos a medida de que avanza la producción.

Excesiva delegación de funciones.- Como consecuencia de la alta rotación de personal, también genera que en los diferentes departamentos se comisionan más funciones a los antiguos trabajadores hasta que el personal nuevo reciba la inducción necesaria para poder realizar sus respectivos trabajos.

Conclusión.- Se debe tomar en cuenta todos los agentes influyentes en la industria gráfica, los mismos que están afectando de manera significativa no solo el proceso sino el recurso humano existente, debido que la falta de capacitación, la desmotivación y la alta rotación entre el personal, además de la falta de sistemas de calibración y de mantenimiento de instrumentos y equipos con los que se realizan diariamente la producción, la obsolescencia de maquinarias y la falta de una propuesta para la inversión. Todos estos agentes negativos son los que están generando una baja productividad, convirtiéndola en menos competitiva.

1.3.1. ANÁLISIS DE DATOS

Debido a la existencia de errores y desviaciones en el proceso de producción, se procederá a cuantificarlos mediante un análisis estadístico que nos permita realizar un análisis más explícito y determinar las pérdidas existentes.

TABLA 1.1: HOJA DE REGISTRO.- INDUSTRIA GRAFICA.

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA			
Fecha:	10 de julio del 2,009	Maquinas a usar:	
Proceso:	GENERAL	MZ, MO, CILINDRICA PEQUEÑA, CILINDRICA GRANDE	
Operador:	NN		
Supervisor:	NN		

Defectos	Días						Total
	1	2	3	4	5	6	
Color	3	2	2	3	4	3	17
Corte (maquinista/troquel)	5	4	3	5	6	1	24
Diseño	1	0	1	1	2	1	6
Plancha	1	2	1	0	2	0	6
Confusón del Material	1	2	0	1	0	0	4
Total	11	10	7	10	14	5	**57**

Los datos descritos en la hoja de registro, son obtenidos en semanas de trabajos, los mismos que ayudan a la determinación del mayor número de errores provocados por los agentes internos del proceso.

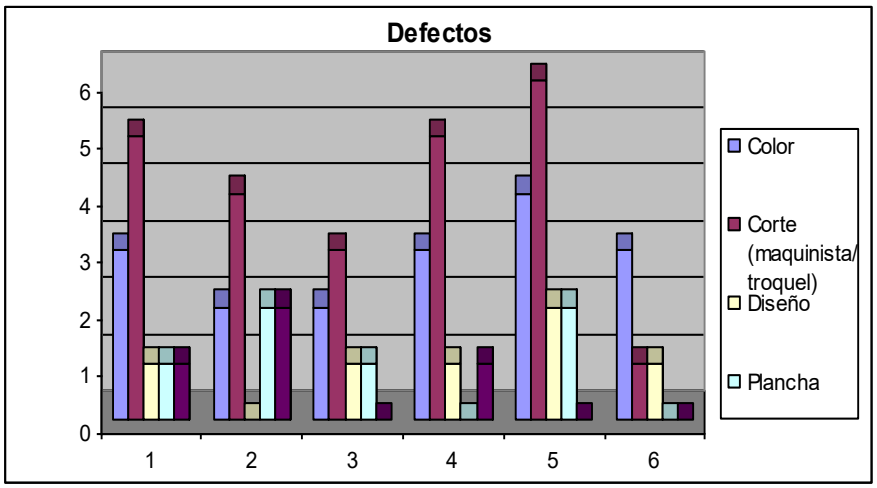


FIGURA 1.3.: DIAGRAMA DE FRECUENCA DE DEFECTOS

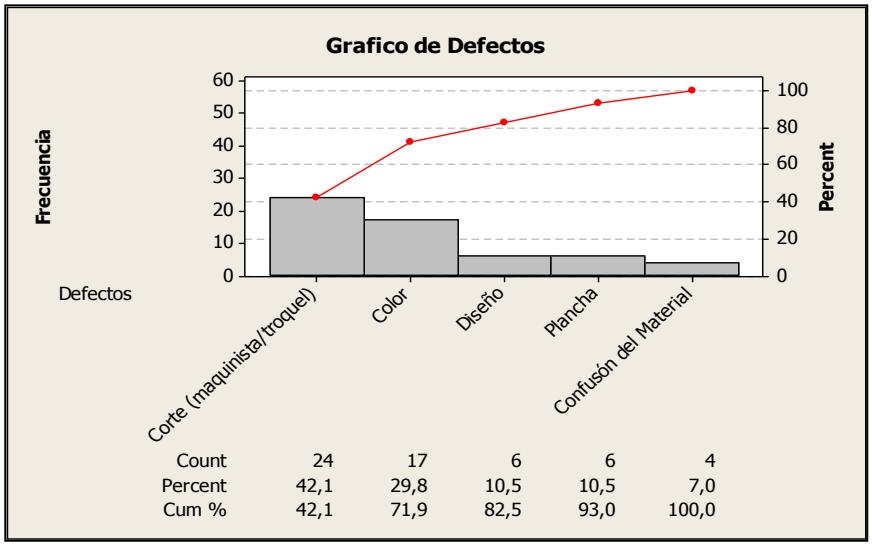


FIGURA 1.4: DIAGRAMA DE PARETO: PROCESOS

Como se observa en el diagrama de frecuencias el proceso que mayor problema tiene es el área de corte y troquelado. La razón de esta mayoría se debe a que en esa etapa se necesita de personal técnico con

conocimiento en el uso de máquinas y equipos, además es la parte clave de todo el proceso y como se detalló en el diagrama causa efecto los problemas son generados con mayor frecuencia en esa área.

Para tener un conocimiento sólido de las etapas que afectan al proceso, se debe hacer uso del diagrama de Pareto, el mismo que determina que el 42,1 % de defectos se produce en el proceso de corte y troquelado; ahora para conocer los costos que generan esos defectos se utilizar un diagrama de Pareto, cuantificando los errores de acuerdo al tipo y consecuencias.

Datos y Valores:

TABLA 1.2: ANÁLISIS DE PERDIDAS

Defectos	Frecuencias	Costo/ Unid.	Costo/Tot Defec.
Color	17	$0,50	$8,54
Corte	24	$27,74	$665,76
Diseño	6	$4,38	$26,25
Plancha	6	$0,75	$4,50
Confusón del	4	$1,95	$7,80

Para mejor ilustración tenemos el siguiente diagrama de Pareto:

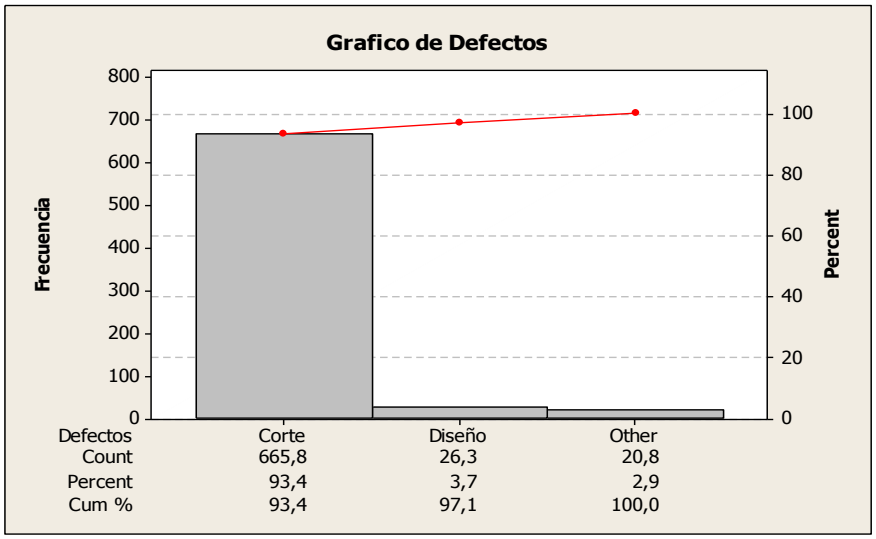


FIGURA 1.5: DIAGRAMA PARETO: DEFECTOS

Como se observa en la tabla Nº 1 y en el diagrama de Pareto nos indica que el proceso de “corte” tiene una influencia de 93.4% en pérdidas, provocando un costo de US$665,8 dólares como desperdicio, el mismo que se puede traducir en horas hombre y materiales.

Por los análisis efectuados se detecta que en el área de corte y troquelado se tiene mayor afectación, por lo que el estudio en curso realizará un análisis más detallado y exhaustivo, de tal manera que pueda reducir la variabilidad y mejorar el proceso para alcanzar una buena calidad del producto y evitar los desperdicios, como incrementar el positivismo y motivación en el recurso humano.

1.3.2. Diagrama Causa- Efecto

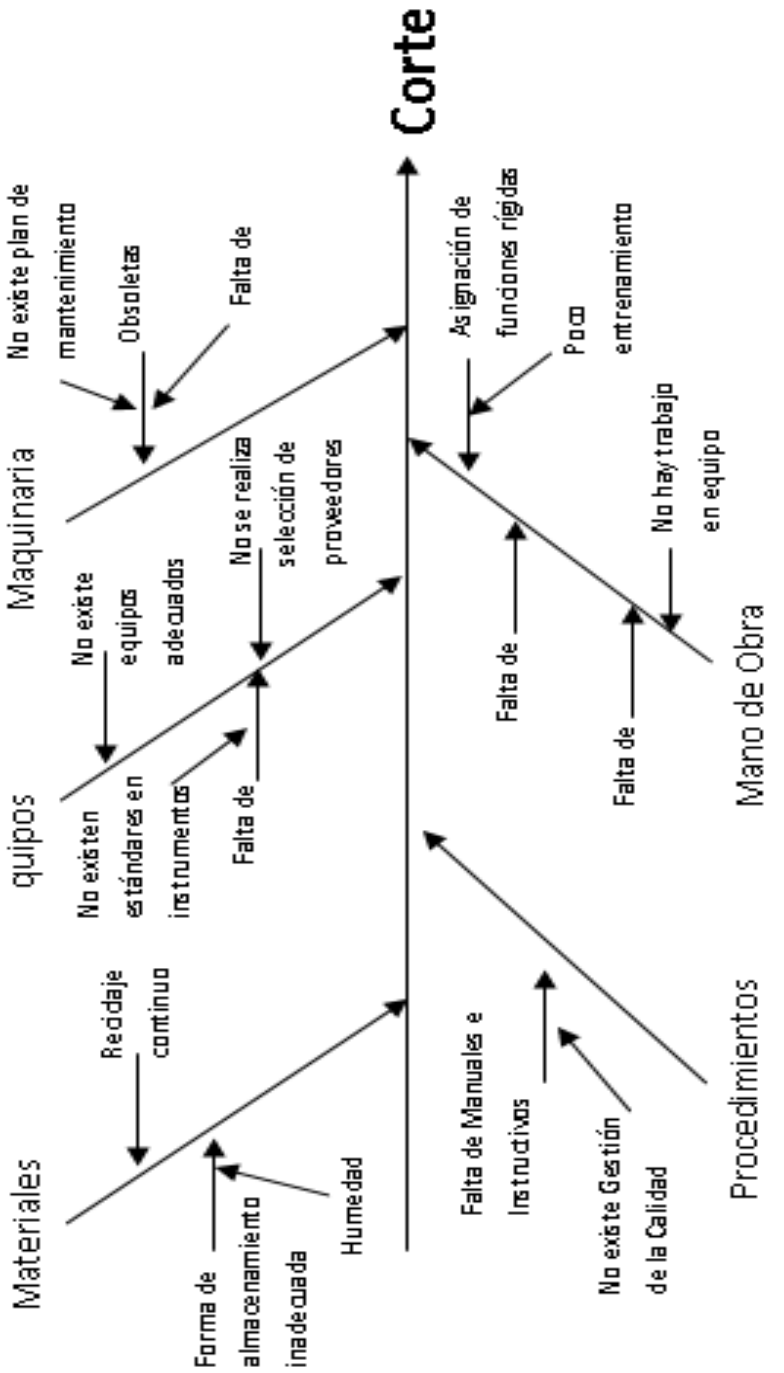


FIGURA 1.6: DIAGRAMA CAUSA EFECTO DEL PROCESO DE CORTE

1.4. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO “CORTE”

1.4.1. MATERIALES

El almacenamiento inadecuado de la materia prima es uno de los factores que afectan de manera directa el proceso de corte y troquelado, siendo así que al momento de realizar el despellejo (es la operación en donde se retiran los excesos de las partes troqueladas o cortadas cuando se le da forma a un producto) del material terminado; provocando pérdidas constantes de hora hombre por volverse difícil la manera de realizarlo habitualmente, debido que la humedad ha provocado un deterioro del mismo.

El constante reciclaje de los troqueles utilizados para la diferentes producciones y una falta de control de el desgaste que en estos, provoca pérdidas de material, perdida de mano de obra y pérdida de tiempo, debido al desgaste y deformación de los troqueles solo pudiendo detectarlos con la presentan de reclamos o devoluciones de los productos o cuando el pedido está terminado y se procede a realizar la última etapa de todo el proceso.

1.4.2. EQUIPOS

En los procesos tanto de corte, como en el de troquelado son donde necesita de la utilización de equipos y medidas para poder realizar un buen acabado, pero la falta de equipos adecuados, falta de calibración y de un sistema estandarizado de medidas en instrumentos y tolerancias, son lo que no permiten realizarlo con exactitud, precisión y mayor facilidad y en un tiempo aceptable, generando así la pérdida constante de material, tiempo de ensamblaje y poca productividad. Además que no existe un programa de selección a los proveedores que permita la clasificación más precisa de los instrumentos y materiales.

1.4.3. MAQUINARIA

El continuo desgaste de las maquinarias, la falta de un plan de mantenimiento que permita alargar el tiempo de uso de las maquinarias, la falta de calibración y la antigüedad de las mismas, genera mayor cantidad de desperdicios de materiales y tiempo hombre.

1.4.4. PROCEDIMIENTOS

La poca visión por parte de la gerencia al no querer implementar un sistema de gestión de calidad para poder mejorar los procesos existentes, la falta de manuales e instructivos ocasiona que el personal no pueda corregir los problemas existentes y mejorar la calidad de los mismos.

1.4.5. MANO DE OBRA

El trabajo en equipos es uno de los pilares centrales para que el funcionamiento de un proceso tenga éxito, pero si existe poca motivación, integración y si al personal se le asigna demasiadas funciones, genera que el trabajador tenga poco rendimiento en el área que se desempeña y provoca la asignación de funciones rígidas para aquellos que ya conocen el trabajo.

Conclusión.-Por todo lo detallado anteriormente, se puede concluir que la empresa debería tener un sistema de gestión de calidad, el mismo que no se puede llegar a implantarse debido a la falta de recursos, pero servirá para estandarizar la mayoría de procesos.

Este trabajo tiene como objetivo reducir la variación en las áreas donde existe mayor error; pero como base fundamental los lineamientos de las normas ISO, de tal manera que al momento de la decisión de los directivos en realizar la implantación de un sistema de calidad, todos los procesos analizados puedan ser parte del sistema.

Se puede determinar por medio de los análisis antes realizados que el área de mayor incidencia de errores en el proceso de producción es el área de corte y troquelado; y por todos los análisis realizados se considera que una manera de reducir los errores y defectos es a través de: la creación de un sistema de medición, establecer estándares de trabajo, diseñar procedimiento y métodos de trabajo, determinar tolerancias para cada etapa y seguimiento de las operaciones y procesos de la empresa. Además de ayudar a cada operario involucrado en el proceso mediante una capacitación adecuada que le permita realizar los procesos con mayor motivación y precisión.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Herramientas estadísticas para mejorar la Calidad

2.1.1. Tabulación e Histograma de Frecuencia

A través de un ejemplo se puede entender como calcular un histograma.

A continuación se presenta en una tabla los valores recogido de una producción consecutiva de 100 diámetro de 100 ejes de especificaciones de 32.21+/- 0.05 mm.

Como se puede observar en la tabla 2.1, aunque la medida más frecuente es el valor nominal 32.21mm, no todos los valores son igual.

TABLA 2.1: EJEMPLO DE DIÁMETROS PARA GRÁFICO DE HISTOGRAMA

TABLA			*Diámetro de 100 ejes de especificaciones 32.21 +/- 0.05 mm*						
32.20	32.23	32.20	32.22	32.18	32.23	32.17	31.19	32.21	32.19
32.23	32.21	32.21	32.24	32.21	32.23	32.20	32.21	32.19	32.20
32.22	32.25	32.20	32.24	32.19	32.18	32.21	32.17	32.22	32.23
32.18	32.21	32.22	32.24	32.23	32.20	32.19	32.18	32.17	32.20
32.22	32.22	32.22	32.20	32.17	32.20	32.22	32.23	32.18	32.25
32.21	32.22	32.20	32.25	32.17	32.21	32.22	32.20	32.19	32.19
32.18	32.25	32.22	32.21	32.24	32.22	32.19	3225	32.23	32.20
32.25	32.18	32.23	32.21	32.21	32.24	32.22	32.16	32.22	32.21
32.19	32.19	32.20	32.19	32.20	32.22	32.23	32.24	32.19	32.20
32.21	32.20	32.21	32.23	32.21	32.19	32.26	32.23	32.21	32.21

Por lo cual podría parecer que los resultados aleatorios de una producción son totalmente erráticos. Sin embargo aunque resulte paradójico, cuando el número de observaciones de la muestra crece, la distribución de los valores observado se aproxima a la medida establecida y esto se lo podrá ver con mayor facilidad con histograma de frecuencia.

Existen diversa reglas heurísticas de las que parece ser la mejor y más utilizada, siguiente:

No representar en un histograma menos de 50 datos.- pues se corre el riesgo de obtener una visión deformada de la distribución real de datos.

El número de intervalos debe estar entre 6 y 20, de acuerdo con la tabla dependiendo del número de dato

TABLA 2.2: INTERVALO DE CONFIANZA

NÚMERO DE DATOS (N)	NÚMERO DE INTERVALOS (K)
50-100	6-10
100-200	10-15
> 200	15-20

Nótese que el número de intervalo es aproximadamente la raíz cuadrada del número de datos.

Los valores de los límites de los intervalos deben ser cómodos de manejar, por lo que el límite inferior del primer intervalo será ligeramente inferior al valor de los datos y tanto ese límite inferior como la amplitud de todos los intervalos será números "redondo". Para ello procederemos así:

a) Calcular el rango de los datos, es decir, $\Delta = x_{max} - x_{min}$.

b) Determinar, el numero de intervalo "k" mediante la tabla… o mediante $k=\sqrt{N}$, en el que N es el número de datos.

c) Obtener una primera amplitud de los intervalos mediantes $h=\Delta / K$

d) Si h es un valor fácil de manejar, sumando a cada límite inferior de un intervalo tendremos el límite

superior de ese intervalo. Si el límite inferior del primer intervalo es ligeramente inferior al menor de los datos y es redondo lo serán todos los límites de los intervalos. Sin h no es redondo, tomaremos un valor próximo al calculado y que sí lo sea (h') y entonces se modificará el número de intervalo k'=Δ/h'.

e) Habrá que tener en cuenta en la definición de la h la precisión de los datos pues, en caso contrario, pueden aparecer intervalos vacíos.

El histograma tiene diferentes tipos de modelo que a continuación se detalla:

El histograma del tipo a) es el que usualmente se encuentra y corresponde a la población ***Normal*** o Gaussiana.

El histograma del tipo b) o ***asimétrico,*** presenta una asimetría, en este caso, positiva, que sugiere que la distribución poblacional no es una variable aleatoria Normal. Posiblemente se trate de una variable Logaritmo-Normal. La transformación logarítmica de los datos puede

ser de utilidad. Estos histogramas suelen aparecer cuando solo se considera una tolerancia.

El histograma tipo c) denominado ***en peineta***, suele aparecer por la forma de redondear los datos o por la forma de adscribirlos a las clases cuando perteneces a los límites.

El histograma tipo d) es ***en precipicio o en acantilado***, y sugiere un truncamiento de la distribución por la eliminación de piezas. Si la muestra ha sido extraída de una partida o lote, el histograma puede estar indicando que el proveedor tiene un proceso que no es capaz de cumplir con las especificaciones y efectúa una inspección al 100% eliminando las piezas que están fuera de tolerancias.

Los histograma tipo e) ***de doble pico o bimodal*** sugieren mezcla de producciones

Los histograma del tipo f) ***de pico aislado*** indica la existencia de “outliers”, es decir, de pieza que no pertenecen a la misma población y que, por tanto, son anormales. Seguramente se generaron con el proceso fuera de control.

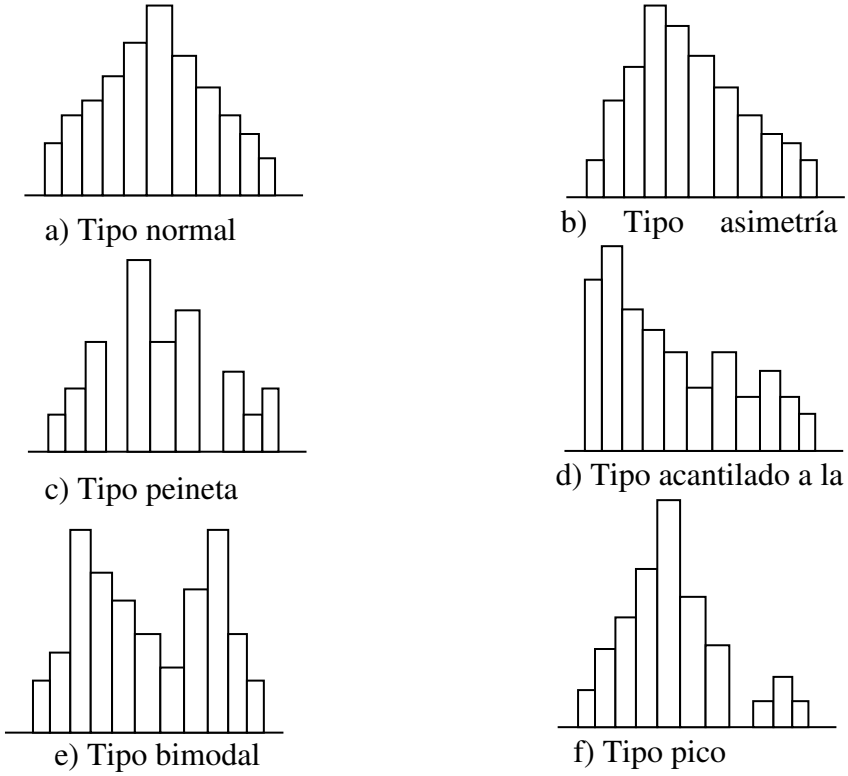


FIGURA 2.1: MODELOS DE FRECUENCIA

2.1.2. DIAGRAMA CAUSA EFECTO

Sirve para controlar y mejorar la calidad de un proceso, se debe conocer las causas que están afectando para potenciarlas y de esta manera mejorarlas o eliminarlas; en ciertos casos reducirla si lo empeoran. Mediante esto se puede afirmar que las interrelaciones causa-efectos de un proceso son bien conocidas por el personal de la empresa.

Por esta razón la mejora continuada de la calidad está asegurada con tal de que estas complejas interrelaciones sean adecuadamente clasificadas, representadas y sintetizadas, de tal forma que permitan una segura identificación. Para encontrar las causas que inciden sobre la calidad no es tarea fácil por la complejidad de las mismas y las complicadas interrelaciones que entre ellas existen. A veces se confunden los síntomas con las causas.

Un diagrama de causa- efecto consiste en determinar la estructura de las múltiples relaciones causa-efecto que influyen en una determinada característica de la calidad. Como la estructura de las relaciones causa – efecto suele ser compleja, su utiliza el principio de subdividir el problema en problemas más simples y estudiar estos por separado.

El diagrama de causa y efecto tiene la semejanza del esqueleto de un pez, comienza en una línea central horizontal donde se coloca el mayor problema y sus ramificaciones son los factores posibles que afectan al problema principal.

Habitualmente, los factores suelen estar predefinidos como las “4 emes” o “5 emes” (ver en el gráfico) 2.2., dependiendo del contexto:

1ª M: Máquinas

2ª M: Mano de obra

3ª M: Método

4ª M: Materiales

5ª M: Medio (entorno de trabajo)

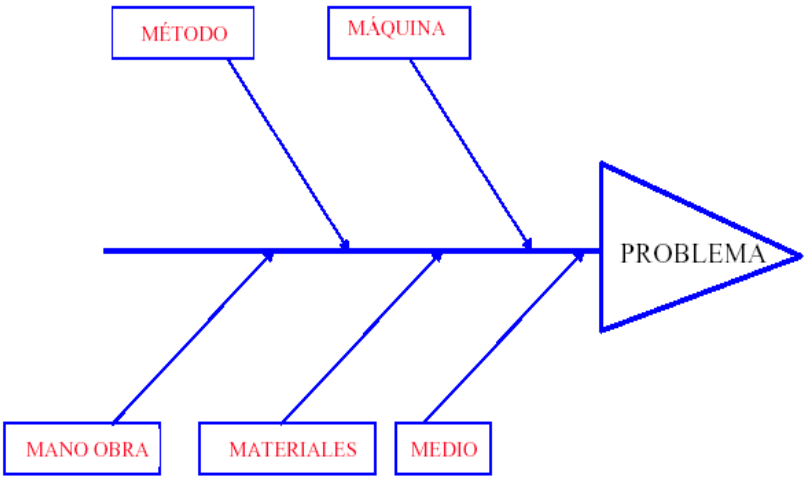


FIGURA 2.2: ESQUEMA DE 5 M – CAUSA EFECTO

1.2.1.1. USO DEL DIAGRAMA DE CAUSA- EFECTO

Un diagrama causa efecto puede ser de gran utilidad a la hora de encontrar esas causas y eliminarlas, volviendo el proceso a su estado de bajo control. Pero además existen otras utilidades de los diagramas. A continuación enumeramos las más importantes:

a) Búsqueda de causa: Cada vez que encontremos la aspiración anormal de defectos, o cuando se produce una salida de control del proceso, un diagrama causa – efecto bien desarrollado nos ayudará a localizar la causa de la disminución de la calidad. Si se localiza la causa y ésta no se encuentra en el diagrama, deberá ser incluida en el mismo, consiguiéndose de esta forma actualizar, ampliar y mejorar el diagrama.

b) Mejora del conocimiento del proceso: El siguiente hecho de construir el diagrama, y durante la discusión del mismo en el proceso de elaboración, genera tipo de aprendizaje que

mejora el conocimiento del proceso que los expertos tienen sobre el mismo. Indudablemente esto redunda en una mejora de la calidad del producto. La aparición, detección e inclusión en el diagrama de nuevas causas perfecciona nuestro conocimiento del proceso.

2.1.3. DIAGRAMA GANTT

Esta herramienta permite al usuario modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto. Debido a la relativa facilidad de lectura de los diagramas de "Gantt", esta herramienta es utilizada por casi todos los directores de proyectos en todos los sectores.

El cual les permite realizar una representación gráfica del progreso del proyecto, pero también es un buen medio de comunicación entre las diversas personas involucradas en el proyecto.

En el eje Horizontal: un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.

En el eje Vertical: Las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra.

Símbolos Convencionales: En la elaboración del gráfico de Gantt se acostumbra utilizar determinados símbolos, aunque pueden diseñarse muchos otros para atender las necesidades específicas del usuario. Los símbolos básicos son los siguientes:

- Iniciación de una actividad.
- Término de una actividad.
- Línea fina que conecta las dos “L” invertidas. Indica la duración prevista de la actividad.
- Línea gruesa. Indica la fracción ya realizada de la actividad, en términos de porcentaje. Debe trazarse debajo de la línea fina que representa el plazo previsto.
- Plazo durante el cual no puede realizarse la actividad. Corresponde al tiempo improductivo puede anotarse encima del símbolo utilizando una abreviatura.
- Indica la fecha en que se procedió a la última actualización del gráfico, es decir, en que se hizo la

comparación entre las actividades previstas y las efectivamente realizadas.

- Cada actividad se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración; la altura carece de significado.
- La posición de cada bloque en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden.
- Los bloques correspondientes a tareas del camino crítico acostumbran a rellenarse en otro color.

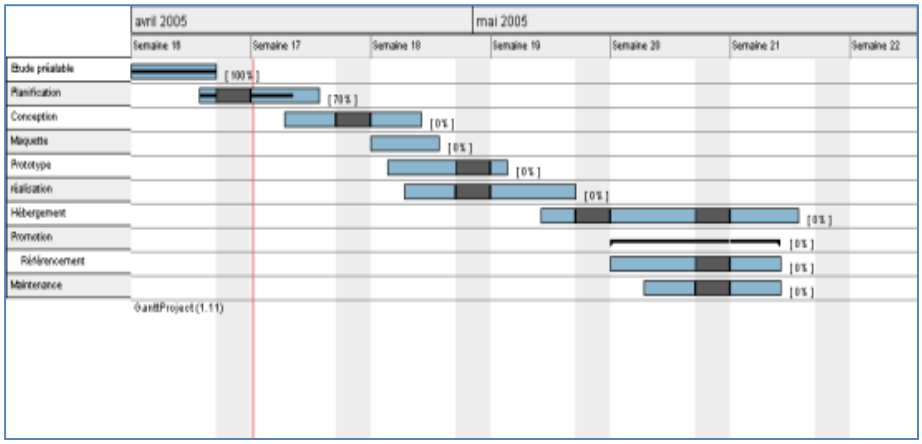


FIGURA 2.3: ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE GANTT

2.1.4. DIAGRAMA DE FLUJO

Es una representación gráfica de actividades utilizadas como herramienta de análisis, relativa a un proceso industrial o administrativo.

¿Cómo se construyen?

- Identificar INICIO y FIN del proceso que se va a representar
- Identificar las actividades que lo componen
- Ordenarlas secuencialmente
- Representarlas gráficamente de acuerdo al tipo de Diagrama de Flujo escogido
- Proceder al análisis y determinar posibles mejoras al mismo

Clasificación de los Diagramas de Flujo

Por componentes gráficos

- Esquemáticos
- Constructivos

Por el tipo de secuencia

- Diagrama operativo
- Diagrama funcional

Por la unidad de análisis

- Diagrama de flujo del producto

2.1.4.1. ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE FLUJO FUNCIONAL

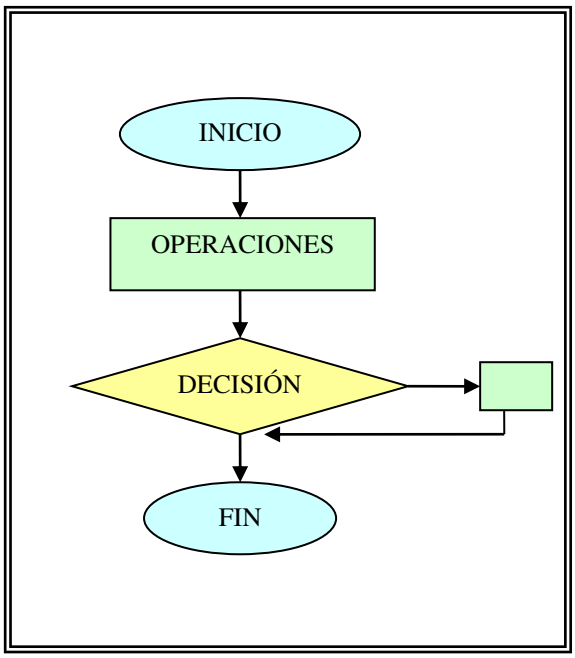


FIGURA 2.4: REPRESENTACION DEL DIAGRAMA DE FLUJO

Es un diagrama que describe también el recorrido de la unidad de producción, pero en este caso de entre los diferentes departamentos que agregan valor al producto.

COMPONENTES

- Departamentos que intervienen en el proceso
- Breve descripción de cada actividad por la que un área agrega valor

- Representación gráfica para cada una de las actividades. Generalmente se utiliza la misma simbología que el diagrama operacional.

2.1.5. DIAGRAMA DE PARETO

Un diagrama de Pareto es una de las herramientas básicas de control de calidad utilizadas para resaltar los defectos que se producen con mayor frecuencia, las causas más comunes de los defectos o las causas más frecuentes de quejas de los clientes.

El diagrama de Pareto debe su nombre a Wilfredo Pareto y su principio de la "regla 80/20." Es decir, el 20% de las personas poseen el 80% de la riqueza; o el 20% de la línea de producto puede generar el 80% de los desechos; o el 20% de los clientes puede generar el 80% de las quejas, etc.

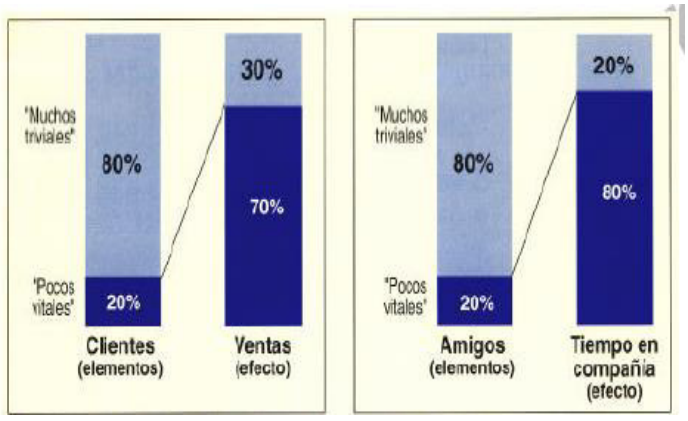


FIGURA 2.5: DIAGRAMA PARETO " REGLA 80/20"

2.2. Sistema de Calidad

Un sistema de calidad es un método planificado y sistemático de medios y acciones, encaminado a asegurar suficiente confianza en que los productos o servicios se ajusten a las especificaciones.

También se denomina al conjunto de normas interrelacionadas de una empresa u organización por los cuales se administra de forma ordenada la calidad de la misma, en la búsqueda de la satisfacción de las necesidades y expectativas de sus clientes. Entre dichos elementos, los principales son:

2.2.1. Estructura de la organización

Responde al organigrama de los sistemas de la empresa donde se jerarquizan los niveles directivos y de gestión. En ocasiones este organigrama de sistemas no corresponde al organigrama tradicional de una empresa.

Estructura de responsabilidades.- Implica a personas y departamentos. La forma más sencilla de explicitar las responsabilidades en calidad, es mediante un cuadro de doble entrada, donde mediante un eje se sitúan los diferentes departamentos y en el otro, las diversas funciones de la calidad.

Procedimientos.- Responden al plan permanente de pautas detalladas para controlar las acciones de la organización.

Procesos.- Responden a la sucesión completa de operaciones dirigidas a la consecución de un objetivo específico.

Recursos.- No solamente económicos, sino humanos, técnicos y de otro tipo, deben estar definidos de forma estable y circunstancial.

Estos cinco apartados no siempre están definidos ni son claros en una empresa. Existen unos estándares de gestión de calidad normalizados, es decir, definidos por un organismo normalizador, como ISO, DIN, etc. que permiten que una empresa con un sistema de calidad pueda validar su efectividad mediante una auditoría de una organización u ente externo. Una de las normas más conocidas y utilizadas a nivel internacional para gestionar la calidad, es la norma ISO 9001.

También existen normas específicas para determinados sectores o actividades, por ejemplo la norma ISO/IEC 17025:2005 que aplica para el diseño de un sistema de gestión de la calidad en Laboratorios.

Un sistema de calidad es una herramienta para alcanzar, mantener y mejorar la calidad. No solo se trata de conseguir que un producto o servicio se ajuste a los requisitos establecidos, lo que pudiéramos considerar como una medida temporal o coyuntural, para un contrato, un producto o un servicio concreto, sino que el sistema ha de ser permanente, pues esto es lo único que nos permitirá mantener y mejorar la calidad en todos nuestro productos o servicios.

2.3. MEJORA CONTINUA

Se utiliza como una herramienta de incremento de la productividad que favorece al crecimiento estable y consistente en todos los segmentos de un proceso. A través de una mejora continua se asegura la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora la producción.

Algunas de las herramientas utilizadas incluyen las acciones correctivas, preventivas y el análisis de la satisfacción en los miembros o clientes. Se trata de la forma más efectiva de mejora de la calidad y la eficiencia en las organizaciones.

Unos de los métodos más adecuados de poder realizar este mejoramiento es fundamentarlos con los 14 principios de Deming.

2.3.1. Los 14 principios de Deming

Constancia en el propósito de mejorar productos y servicios.- Mediante este paso se busca mejorar el sistema actual de medición en el área del troquelado. De esta manera se mejora el acabado del producto con la innovación y mejora constante del proceso. Al mismo tiempo se mejora la calidad del servicio al cliente. De igual manera se establece una permanencia en el competitivo mercado.

Adoptar la nueva filosofía.- Para lograr la constancia en el propósito de mejorar continuamente, debe aceptarse como una filosofía propia, el trabajo de calidad y el mejoramiento continuo para desterrar los errores y el negativismo del personal que opera en las diferentes etapas del proceso de una manera permanente. De esta manera el personal comenzará a sentirse parte del cambio y su vez ayudar al crecimiento de la industria.

No depender más de la inspección masiva.- La calidad "NO" proviene de la inspección sino de la mejora del

proceso, es lo que se busca ganar en varias y puntuales etapas. De esta manera se lograra eliminar las inspecciones que solo son perdidas continuas de material y recurso humano, logrando así un mejor desempeño del personal. Sin embargo, esto no significa que no se anularía completamente las inspecciones, sino que serán reducidas en cantidad. De esta manera se logrará realizar los productos con mayor precisión, de mayor calidad y poder lograr así una mayor eficiencia de parte del personal.

Acabar con la práctica de adjudicar contratos de compra basándose exclusivamente en el precio.- Para conseguir cumplir con el presente paso, debemos seguir el principio de Deming de “fuente única para cada producto”. Esto nos ayudará a estabilizar el proceso en relación a los gramajes de los materiales utilizados para la impresión de los productos finales. Además se logra garantizar la calidad de la materia prima mediante la selección adecuada de los proveedores, teniendo así uniformidad en el tipo de material utilizado. Se debe pensar no solo en el precio del producto sino en lograr la misma calidad en todos los lotes producidos.

Mejorar continua e indefinidamente los sistemas de producción y servicio.- La administración está obligada a buscar constantemente maneras de reducir el desperdicio y mejorar la calidad mediante la capacitación continua y la implementación de nuevos sistemas de medición que aporten mejoras al proceso de corte y que a su vez garantice la optimización de los recursos al igual que la calidad de los mismos. Para reforzar nuestro procedimiento de mejora, nos referimos concretamente en la cláusula 8.5.1 de ISO 9001, que establece: "La organización debe mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad mediante el uso de la política de la calidad, objetivos de la calidad, resultados de las auditorías, análisis de datos, acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección".

Instituir la capacitación en el trabajo.- En muchas industrias los errores más comunes y más perjudiciales son generados por la mala o nula capacitación de los trabajadores, quienes enseñan a otros trabajadores la rutina diaria del trabajo que ellos realizan lo cuál no puede ser considerado una capacitación formal. El personal está obligado por ende a seguir instrucciones ininteligibles lo

cual provoca que no puedan cumplir bien su trabajo, teniendo como resultado la repetición de los errores que causan la mayor parte de los desperdicios en la producción. Más allá de ser parte del procedimiento que debe ser ejecutado, podemos confirmar nuestra aseveración basados en el estamento 6.2 de la Norma ISO 9000 el cual establece que "el personal que realice trabajos que afecten la calidad del producto debe ser competente con base en la educación, formación, habilidades y experiencia apropiadas". Dicho estamento también establece qué: "La organización debe:

a) Determinar la competencia necesaria para el personal que realiza trabajos que afectan la calidad del producto;
b) Proporcionar formación o tomar otras acciones para satisfacer dichas necesidades;
c) Evaluar la eficacia de las acciones tomadas;
d) Asegurarse de que su personal es consciente de la pertinencia e importancia de sus actividades y cómo contribuyen al logro de los objetivos de la calidad.”

De esta manera se puede lograr un sistema de medición con las normas adecuadas para cada una de las etapas que las necesiten.

Instituir el Liderazgo.- La forma de dirigir al personal no es solo decirle como y que hacer, sino ayudar al personal a realizar el trabajo de la mejor manera y aprender de los métodos más sencillos pudiendo así descubrir el liderazgo existente en el personal. De esta manera se puede llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.

La motivación, la integración y el desarrollo personal de cada empleado son las pautas que llevan a lograr este involucramiento de manera permanente y obtener mejores resultados en un corto plazo. Esta es la mejor forma de eliminar la individualidad generada por los diferentes conflictos que se presentan cuando en una industria predomina la diferenciación de cargos y puestos asignados para las tareas de producción.

Reforzar la confianza (Desterrar el temor).- Debido a las múltiples y constantes pérdidas económicas generadas por la falta de un personal permanente en el puesto de trabajo (muy probablemente resultado de la falta de conocimiento en el área en la que trabaja), es muy posible que los operarios realizan su trabajo con el temor de saber si lo están realizando bien o mal. Es por esto que es necesario

capacitar a cada una de las personas que inician o que ya están familiarizadas con el proceso, para que de esta manera sea más fácil la implementación del sistema de aseguramiento metrológico que se aplicaría en cada una de las etapas. De esta manera buscamos la confianza de los trabajadores a través de los procedimientos y estándares implementados.

Derribar las barreras que hay entre áreas de staff.- Los departamentos de la industria gráfica motivo del presente estudio compiten entre sí o tienen metas separadas lo cual provoca constantes atrasos porque no trabajan como equipo para resolver o prever los problemas. Es aquí donde se tiene que implementar programas sociales que ayuden al los departamentos a involucrarse y poder llegar a el trabajo en equipo, sin caer en la imposición de este requerimiento sino mas bien en lograr formar una nueva comunidad de trabajadores emprendedores y comprometidos.

Eliminar los lemas, las exhortaciones y las metas de producción para la fuerza laboral.- La inversión para la capacitación e integración de los empleados en la industria es un factor que se debe implementar de manera urgente,

ya que son ellos los que necesitan de la motivación e integración para poder comprometerse por completo en los procesos y la nueva implementación del sistema de aseguramiento metrológico. Es por esto que se debe incentivar a cada uno a formar parte de cada equipo y ayudarlos para que sean ellos que formen las metas a seguir. De esta manera tendremos un personal comprometido y una empresa más competitiva.

Eliminar las cuotas numéricas.- Una nueva meta sin un nuevo método no cambia el proceso, es por esto que en la implementación del sistema de medida y de los estándares para cada etapa, deben ser realizados con metas y procedimientos alcanzables por los trabajadores. De esta manera se buscan la forma de que al siguiente trabajo sean los mismos trabajadores quienes establezcan las metas para la producción.

Derribar las barreras que impiden el sentimiento de orgullo que produce un trabajo bien hecho.- Con mucha frecuencia, los supervisores mal orientados, los equipos defectuosos y los materiales imperfectos no permite un buen desempeño en la ejecución del proceso. Estas tres variables pueden ser consideradas como las barreras que

impiden que los trabajadores emprendedores sientan la motivación cuando desean realizar un buen trabajo. Partiendo de las premisas anteriormente mencionadas en este inciso los materiales y los equipos no resultarían de gran ayudan sino mas bien perjudican el desempeño, provocando los continuos retrasos y los desacuerdos entre el personal. También podemos mencionar que ningún empleado que ingresa a una empresa entra desmotivado. Sin embargo debido a los diferentes problemas que se encuentran dentro de la empresa, o tal vez por los mismos superiores que no depositan adecuadamente la confianza necesaria, los trabajadores terminan por desmotivarse. Otro de los factores que debemos tener presente es que las personas no cometen errores premeditados, sino involuntarios, ya que actúan dentro de lo que el sistema les permite. Por tal razón debemos tener en cuenta en reconocer los logros y en estudiar las causas de falla, en la ausencia de procesos de mejora continua.

Establecer un exhaustivo programa de educación y entrenamiento.- Uno de los factores que debe tener claros la empresa es el programa de ayuda, el mismo que debe estar diseñado para mejorar el trabajo en equipo, no debe

ser solo implantado para la fuerza laboral sino también para la administración de tal forma que refuerce los nuevos métodos a implementar, (entre ellos el trabajo en equipo y la implementación del sistema metrológico), permitiendo así el incentivo en una forma de ejemplo dando como resultado trabajadores que se sienten apoyados en el cambio que se desea realizar para la mejora de la empresa.

Tomar medidas para lograr la transformación.- En este paso se quiere que la empresa pueda llevar a cabo la misión de la calidad, pero para esto se necesitará un grupo especial que apoye a la alta administración de tal manera que se pueda implementar el sistema de aseguramiento que se busca establecer. No solo los trabajadores ni los administradores son los únicos llamados a acatar las nuevas políticas y normas de la implementación, la empresa debe contar con una masa crítica de personas que entienda con claridad los mecanismos para lograr una buena transformación. [Ref. 7.6]

2.4. CONTROL DE CALIDAD

Quizá algunas personas les sorprenda saber que dos piezas aparentemente idénticas, elaboradas en condiciones

cuidadosamente controladas, a partir del mismo lote de materia prima y fabricación solo con diferencias de segundos por la misma máquina, pueden ser, sin embargo, diferentes en muchos aspectos. Ciertamente cualquier proceso de manufactura, por bueno que sea, se caracteriza por una cierta cantidad de variabilidad que es de naturaleza aleatoria y que no puede eliminarse por completo.

Usualmente los procesos de manufactura pasan por varias etapas de desarrollo antes de que propiamente comience la producción. Deben hacerse evaluaciones para determinar si el proceso puede producir unidades que cumplan con las especificaciones de ingeniería. Si una característica está casi normalmente distribuida, su variación natural queda dentro de más o menos tres desviaciones estándar de su media. Una evaluación típica en línea base es determinar si este intervalo de longitud 6σ está dentro de los límites especificados. La capacidad de un proceso puede cuantificarse con base en esto. Sean *LSL* el límite inferior especificado y *USL* el límite superior del proceso. Entonces, el potencial del proceso puede evaluarse a partir de un **índice de capacidad del proceso** que se calcula como:

$$\hat{C}_{pk} = \frac{USL-LSL}{6s}$$

Donde *s* es la desviación estándar obtenida midiendo una muestra de unidades. Como debemos tratar con el índice de capacidad estimada $\hat{C}_p$, los ingenieros prácticos sugieren que se requiera un valor de por lo menos 1.33 antes de que un proceso puesto en macha se considere capaz.

Cuando la media del proceso no está centrada entre los límites especificados, la especificación más cercana puede ser muy importante. Un índice alternativo de capacidad del proceso con valor estimado toma en cuenta esta distancia.

$$\hat{C}_{pk} = \frac{\text{mín } (\bar{x} - \text{LSL}, \text{USL} - \bar{x})}{3s}$$

De acuerdo con las ideas de la mejora de calidad, obtener el intervalo seis sigmas dentro de las especificaciones es sólo un primer paso. Mejoras adicionales pueden conducir a especificaciones más estricta y a la producción de mejores unidades. Sin embargo, antes de poder hacer cualquier evaluación de la capacidad, el proceso debe hacerse estable o tenerlo bajo control.

Cuando la variabilidad presente en un proceso de producción están confinada, se dice que el proceso está bajo **control estadístico**. Tal estado se alcanza usualmente encontrando

y eliminando problemas del tipo que causan otra clase de variación, llamada **variación asignable**, que puede deberse a operadores mal capacitados, materia prima de baja calidad, ajustes defectuosos de la maquinaria, partes desgastadas, etc.. Como los procesos de manufactura rara vez están exentos de problemas de esta clase, es importante disponer de algún método sistemático para detectar series de desviaciones de un estado de control estadístico en el momento, o si es posible antes, de que ellas ocurran, con este fin es que se usan principalmente las **gráficas de control.**

En lo que sigue, diferenciaremos entre **gráficas de control para mediciones** y **gráficas de control para atributos**, dependiendo de si las observaciones que nos interesan son datos mensurables o bien contables (por ejemplo, el numero de productos defectuosos en una muestra de tamaño dado). En cualquiera de los casos, una gráfica de control consiste en una **línea central** (figura2.3) correspondiente a la calidad *media* bajo la cual el proceso debe operar y en líneas correspondiente a los **límites superior e inferior de control.** Estos límites se escogen de manera que los valores que caigan entre ellos puedan atribuirse al azar, mientras que los valores que se ubiquen más allá de ellos se interpreten como indicación de una falta de control. Marcando los

resultados obtenidos de muestras tomadas periódicamente a intervalos frecuentes, es posible verificar, por medio de tal gráfica, si el proceso de está bajo control o es que problemas del tipo señalados antes se han infiltrado en el proceso. Cuando un punto muestral cae más allá de los límites de control, se busca el problema, pero aun si los puntos caen dentro de los límites de control, una tendencia o algún otro patrón sistemático debe verse como un aviso e que debe tomarse alguna medida para evitar dificultades.

La habilidad para “leer” gráficas de control y a partir de ellas determinar qué acciones correctivas emprender depende de las experiencia y de un juicio altamente desarrollado.

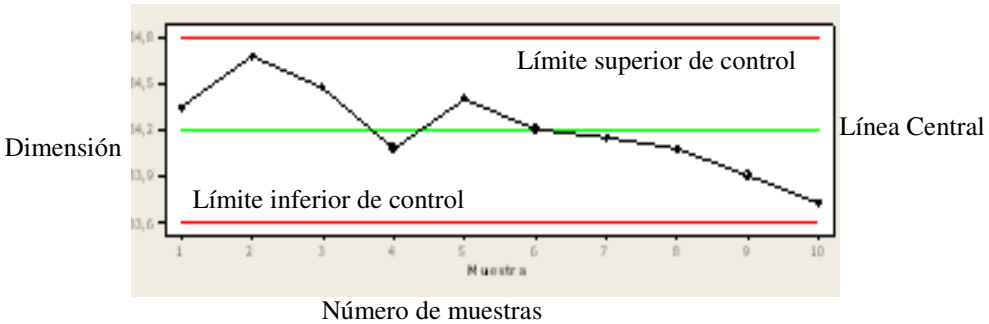


FIGURA 2.6: ESQUEMA DE LIMESTES DE CONTROL

2.5. PROCESO

Secuencia de pasos o etapas que comprenden transformaciones del insumo en bien o servicio.

Es el conjunto de recursos y actividades interrelacionados que transforman elementos de entrada en elementos de salida en bienes y/o servicios por medio del uso de recursos físicos, tecnológicos, humanos, finanzas, instalaciones, equipos, técnicas y métodos.

Un proceso (del latín processus) es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) con un fin determinado. Este término tiene significados diferentes según la rama de la ciencia o la técnica en que se utilice.

También se puede decir que un proceso es un programa en ejecución. Un proceso simple tiene un hilo de ejecución. Una vez definido qué es un proceso nos podríamos preguntar cuál es la diferencia entre un programa y un proceso, y básicamente la diferencia es que un proceso es una actividad de cierto tipo que contiene un programa, entradas, salidas y estados.

Los procesos pueden ser cooperantes o independientes, en el primer caso se entiende que los procesos interactúan entre sí y pertenecen a una misma aplicación. En el caso de procesos independientes en general se debe a que no interactúan y un

proceso no requiere información de otros o bien porque son procesos que pertenecen a distintos usuarios.

Estados de los procesos.- Un proceso puede estar en cualquiera de los siguientes tres estados: Listo, En ejecución y Bloqueado.

Los procesos en el estado listo son los que pueden pasar a estado de ejecución si el planificador los selecciona. Los procesos en el estado ejecución son los que se están ejecutando en el procesador en ese momento dado. Los procesos que se encuentran en estado bloqueado están esperando la respuesta de algún otro proceso para poder continuar con su ejecución. Por ejemplo operación de E/S.

Comunicación entre procesos

Condiciones de competencia

Las condiciones de competencia se dan cuando dos o más procesos intentan acceder a un mismo recurso.

Secciones críticas

Para solucionar las condiciones de competencia se implementó un modelo para prohibir que dos procesos accedan al mismo recurso. El modelo en cuestión se denomina exclusión mutua.

Exclusión mutua con espera ocupada

Las soluciones con espera ocupada funcionan de la siguiente manera, cuando un proceso intenta ingresar a su región crítica,

verifica si está permitida la entrada. Si no, el proceso se queda esperando hasta obtener el permiso.

2.5.1. Proceso productivo

Un proceso productivo incluye acciones que ocurren en forma planificada, y producen un cambio o transformación de materiales, objetos y/o sistemas, al final de los cuales obtenemos un producto.

2.5.1.1. Subprocesos

Son partes bien definidas en un proceso. Su identificación puede resultar útil para aislar los problemas que pueden presentarse y posibilitar diferentes tratamientos dentro de un mismo proceso

2.5.1.2. Sistema

Estructura organizativa, procedimientos, procesos y recursos necesarios para implantar una gestión determinada, como por ejemplo la gestión de la calidad, la gestión del medio ambiente o la gestión de la prevención de riesgos laborales. Normalmente están basados en una norma de reconocimiento internacional que tiene como

finalidad servir de herramienta de gestión en el aseguramiento de los procesos.

2.5.1.3. Procedimiento

Método a seguir para lograr un resultado con eficacia y eficiencia. Forma específica de llevar a cabo una actividad. En muchos casos los procedimientos se expresan en documentos que contienen el objeto y el campo de aplicación de una actividad; que debe hacerse y quién debe hacerlo; cuándo, dónde y cómo se debe llevar a cabo; qué materiales, equipos y documentos deben utilizarse; y cómo debe controlarse y registrarse.

Un procedimiento es la descripción de las actividades que se desarrollan dentro de un proceso e incluyen el qué, el cómo y a quién corresponde el desarrollo de la tarea, involucrando el alcance, las normas y los elementos técnicos entre otros.

FIGURA 2.7.ESQUEMA DE UN PROCEDIMIENTO

Dentro de una aplicación, se denomina procedimiento al conjunto de instrucciones, controles, etc. que hacen posible la resolución de una cuestión específica. La impresión es un procedimiento, como lo es la incorporación de una imagen a un texto predeterminado, etc.

2.5.1.4. Actividad

Es la suma de tareas, normalmente se agrupan en un procedimiento para facilitar su gestión. La secuencia ordenada de actividades da como resultado un subproceso o un proceso. Normalmente se desarrolla en un departamento o función.

2.5.2. Factores del Diseño del Proceso

Campo de aplicación

- Sistema manual (100% el recurso humano)
- Sistema máquinas (40% recurso humano, 60% máquinas)
- Sistema automático (20% recurso humano, 80% máquinas)
- Sistema automatizados (97% maquinas y robots, 3% recurso humano)

Modo de aplicación

- Base física (cambio de forma)
- Base química (transformación de características)
- Unión (adición, montaje o ensamble)

Tipo de maquinaria

- Estándar (varias operaciones)
- Especial (volúmenes altos de producción)
- Automatizadas (incorpora control automático)

Secuencia del proceso

- Continuo (operaciones ininterrumpidas)
- Serie (control antes, durante y después)
- Intermitente (sin ordenamientos de operaciones)

Desarrollo del proceso

- Analítico (a partir de una materia prima)

- Sintético (a partir de varias materias primas)

Naturaleza

- Productos de consumo
- Productos industriales

2.6. METROLOGÍA

La metrología es la ciencia que estudia los sistemas de medida; en mecánica tiene una aplicación de suma importancia y de uso casi continuo.

El calibrador es el instrumento de medida lineal que más se utiliza en los diferentes talleres.

Se define tolerancia como los márgenes superior e inferior de una cota (medida), es decir, los incrementos que una cota tiene de margen para estar fuera de medida.

El construir piezas a medidas rigurosamente exactas es casi imposible, por este motivo los márgenes de tolerancia son lo que nos dan la posibilidad de construir piezas válidas y muy aproximadas.

Los márgenes de tolerancia son particularmente interesantes cuando se trata de trabajos en serie y se elaboran piezas que han de ser totalmente intercambiables, tanto para el montaje de una máquina como recambio, lo cual ocurre en especial en la fabricación de automóviles, máquinas, barcos, etc. [Ref. 7.3]

2.7. ASEGURAMIENTO METROLÓGICO

Aseguramiento = Asegurar	Dar confianza
	Cumplir con un requisito
Metrológico = Metrología	Metro = Medida
	Logos = Tratado

El aseguramiento metrológico corresponde a toda acción emprendida para cumplir los requisitos estipulados en normas propias, nacionales o internacionales, las cuales están dirigidas al desarrollo de la forma que genera más confianza para realizar una medición.

Un Sistema de Aseguramiento Metrológico (SAM), es único para un proceso, aunque dicho proceso sea igual o similar para diferentes proveedores.

Podemos definir un SAM como el conjunto de actividades asumidas por la empresa para generar confianza al cliente y a ella misma, con el fin de entregar un producto conforme a las exigencias de un medio o una norma.
Ese plan de actividades se debe diseñar, interiorizando las verdaderas pretensiones que van a tener el producto en el medio y el compromiso como proveedor.

La implementación y la implantación de un sistema de aseguramiento metrológico, requiere de personal calificado, que logre entender la verdadera realidad de la empresa y que no se deje llevar por el ímpetu de la satisfacción propia.

Se requiere entonces conocer sobre las variables metrológicas, su manejo, la calibración, los instrumentos, los procesos, las normas y otros que deben permanecer en continua actualización.

2.7.1. Proceso de confirmación metrológica

Dentro del proceso de confirmación metrológica, es necesario que además de la calibración del equipo realizada normalmente por un laboratorio de tercera parte, se lleve a cabo el proceso de verificación metrológica por parte del usuario del equipo, lo cual implica conocer tanto 1) la *capacidad de medición instalada* (CMI) como 2) la *capacidad de medición requerida* (CMR). Obviamente la capacidad de medición instalada se conoce conjugando las características metrológicas del equipo conocidas a través del proceso de calibración más el proceso de medición desarrollado por el usuario.

CMI = Características Metrológicas + Proceso de Medición

La verificación metrológica implica evaluar la conformidad de la capacidad de medición instalada con respecto a la capacidad de medición requerida.

CMI <= CMR

La verificación metrológica también contempla evaluar el índice de consistencia metrológica (IC) de la capacidad de medición instalada con respecto a la capacidad de medición requerida, lo cual es un requisito de los sistemas

de calidad como el ISO 9001 (2000) en el control de equipo de monitoreo y medición.

IC = CMI/CMR ˜ 1

[Ref. 7.5.]

2.8. TRAZABILIDAD

La trazabilidad es un término que responde a las exigencias de los consumidores, quienes se implicaron fuertemente a raíz de las crisis sanitarias que ocurrieron en Europa y del descubrimiento e impacto de las Vacas Locas (EEB) en los distintos países.

La trazabilidad es de gran importancia para la protección de la salud de los consumidores y para mejorar el seguimiento y la transparencia de los movimientos de los animales y sus productos, así como el procesado de canales y productos cárnicos para la venta al público.

A fin de ser operativa dentro de un sector animal, la trazabilidad requiere un compromiso y adhesión de los distintos agentes que intervienen en dicho sector, conllevando cambios en la actitud y los hábitos de manejo de los operadores.

Estos esfuerzos adicionales de los agentes de cada sector animal deben combinarse con la implementación, dentro de cada país, de una organización capacitada para la gestión y seguimiento de dicha trazabilidad.

Igualmente debe generarse una reglamentación que recoja las reglas generales de la trazabilidad con las obligaciones de los distintos agentes que intervienen y las posibles sanciones en caso de fallo o mal funcionamiento en la gestión de dicha trazabilidad de animales o productos.

La trazabilidad mejora la imagen y la caracterización de los productos, y por tanto favorece la comercialización de los animales y sus productos, así como la comunicación y seguridad a los consumidores.

Definimos como trazabilidad a la habilidad de trazar o dejar huella de los movimientos y procesos por los que pasa un determinado producto principalmente destinado al consumo humano, aunque la trazabilidad es también muy aplicable al manejo logístico de almacenes, inventarios, procesos de producción de cualquier producto etc., en la actualidad existen

implantaciones en sector alimenticio, salud, transporte, textil, juguetes, animales, vidrio, cerámica entre otros.

2.8.1. EVALUACIÓN DE TRAZABILIDAD

La evaluación de la trazabilidad no está limitada a una evaluación puramente documental, sino que debemos realizar una evaluación objetiva en base a números. Una evaluación clásica del factor de riesgo en la trazabilidad es la llamada relación de exactitud (TAR, Traceability Accuracy Ratio) la cual de acuerdo con la norma ISO 10012-1 (1992) implicaba una relación mínima de tres a uno (3:1) e idealmente mayor a diez (10:1).

TAR = Exactitud del Equipo/Exactitud del Patrón = 3

Considerando las incertidumbres de medición en lugar de la exactitud podemos evaluar el factor de riesgo en la trazabilidad con la llamada relación de incertidumbres (TUR, Traceability Uncertainty Ratio) el cual es un concepto más adecuado para la evaluación del riesgo de trazabilidad

en laboratorios de metrología, el cual implica una relación mínima de diez a uno (10:1), lo que correspondería un factor de riesgo del 10 %.

$$\mathbf{TUR = \frac{(Incertidumbre\ del\ Equipo)2}{Incertidumbre\ del\ Patrón)2} = 10}$$

El concepto capacidad de medición sigue siendo una incertidumbre por lo tanto debemos evaluar factor de riesgo de la trazabilidad de acuerdo con el método cuadrático TUR y no el método lineal de TAR.

TUR = (CM del Usuario)2 / (CM del Laboratorio)2 = 10

2.9. GRÁFICA PARA MEJORAR LA MEDIDA

Al tratar con mediciones es usual ejercer control sobre la calidad media de un proceso, así como sobre su variabilidad. La primera meta se logra graficando las medias de muestras periódicas sobre una **gráfica de control a medias**, sobre una gráfica $\bar{\mathbf{x}}$.

La variabilidad se controla graficando los intervalos muéstrales o las desviaciones estándar, respectivamente, sobre una **gráfica R** o sobre una **gráfica** σ, dependiendo de qué

estadística se use para estimar la desviación estándar de la población.

Si μ y la desviación estándar σ del proceso se conocen, y es razonable tratar las mediciones como muestras de una población normal, podemos afirmar con probabilidad 1 - α que la media de una muestra aleatoria de tamaño *n* caerá entre:

$$\mu - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{y} \quad \mu + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Esos límites para $\bar{x}$ proporcionan límites superior e inferior de control y bajo las suposiciones dadas, permiten al ingeniero de control de calidad determinar si hacer o no un ajuste en el proceso.

En la práctica, μ y σ por lo general se desconocen y es necesario estimar sus valores de una muestra (o muestras) de gran tamaño tomada mientras el proceso se halla “bajo control”. Por esta razón y porque no puede haber garantía de que las mediciones puedan tratarse como muestras de una población normal, el nivel de confianza de (1 - α)100% asociado con los límites de control es sólo aproximado y tales “límites de probabilidad” rara vez se usan en la práctica. En vez de esto, es práctica común en la industria

usar **límites tres sigma** obtenidos al sustituir 3 por $Z_{\alpha/2}$. Con los límites tres sigma se tiene usualmente una confianza razonable de que el proceso no será declarado fuera de control cuando, de hecho, esté controlado.

Si existe una larga historia de un proceso en buen control, μ y σ pueden estimase a partir de los datos del pasado prácticamente exentos de error. Así, la línea central de una gráfica $\overline{x}$ está dada por μ y los límites tres sigma superior e inferior están dados por $\mu \pm A\sigma$, donde $A = 3/\sqrt{n}$ y n es el tamaño de cada muestra. Los valores de A para n = 2, 3,…… y 15 están dados en la tabla A1. El uso de tamaño *n* constante para una muestra simplificada el mantenimiento e interpretación de una gráfica, $\overline{x}$ esta restricción no es absolutamente necesaria.

En el caso más común en que los parámetros de la población son *desconocidos*, es necesario estimar a éstos con base en muestras preliminares. Con este fin, lo deseable por lo general es obtener los resultados de 20 o 25 muestras consecutivas tomadas cuando el proceso está bajo control. Si se usan *k* muestras, cada una de tamaño *n*, se denota la media de la iésima muestra con $\overline{x}_i$ y la media de las *k* medias muestrales con $\overline{x}$, esto es,

Gran media de las medias muestrales

$$\overline{\overline{x}} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\overline{x}_i$$

La variabilidad σ del proceso puede estimarse a partir de las desviaciones estándar o de los intervalos de las *k* muestras. En vista de que el tamaño de nuestra comúnmente usado en conexión con la gráfica de control para las mediciones es pequeña, por lo general es poca la perdida de eficiencia al estimar σ a partir de los intervalos de las muestras. Denotando el intervalo de la iésima muestra con R_i, se hara uso de la estadística

Intervalo medio de las muestras

$$\overline{R} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} R_i$$

Como x proporciona una estimación no sesgada de la media μ de la población, la línea central de la gráfica x está dada por x. La estadística R no proporciona una estimación no sesgada de σ, pero multiplicando R por la constante A_2, obtenemos una estimación no sesgada de $3\sigma/\sqrt{n}$. El multiplicador constante A_2, tabulado en la tabla A1 para varios valores de n, depende de la hipótesis de que las mediciones constituyen una muestra de una población normal. Así, la línea central y los límites de control tres

sigma superior e inferior, *UCL* y *LCL*, para una gráfica x (con μ y σ estimados de datos pasados) están dados por

Valores de gráfica de control para una gráfica $\overline{x}$

$$\text{línea central} = \overline{\overline{x}}$$
$$\text{UCL} = \overline{\overline{x}} + A_2\overline{R}$$
$$\text{LCL} = \overline{\overline{x}} - A_2\overline{R}$$

2.10. TOLERANCIA

Intervalo especificado de valores dentro del cual debe estar un resultado, la cual es determinada por la criticidad del proceso o de la medición

2.10.1. LIMITES DE TOLERANCIA

Inherente a cada fase del control de calidad industrial está el problema de comparar alguna característica o medición de calidad de un producto terminado contra especificaciones dadas. Algunas veces las especificaciones, o **límites de tolerancia**, la formula el cliente o el ingeniero de diseño de tal modo que cualquier desviación apreciable hará que el producto no sea utilizable. Sin embargo, persiste el problema de producir la parte de manera que una proporción aceptablemente

de unidades caiga dentro de los límites de tolerancia especificados para la característica dada de calidad. Además, si un producto sin especificaciones previas, o si se efectúan modificaciones, es deseable conocer dentro de qué límites el proceso puede mantener una característica de calidad durante un porcentaje razonablemente alto de tiempo. Hablar así de límites de tolerancia "naturales", es decir, dejamos que el proceso establezca sus propios límites, los que, de acuerdo con la experiencia, pueden cumplirse en la práctica real.

Si se dispone de datos confiables sobre la distribución que subyace a la edición correspondiente, entonces es relativamente sencillo encontrar los límites naturales de tolerancia. Por ejemplo, si una larga experiencia con un producto nos permite suponer que una cierta dimensión esta normalmente distribuida con media μ y desviación estándar σ, es fácil construir límites entre los cuales podamos esperar encontrar cualquier proporción P dada de la población. Para P = 0.90 tenemos los límites de tolerancia $\mu \pm .645\sigma$ y para P = 0.95 tenemos $\mu \pm 1.96\sigma$, como

puede verificar fácilmente en una tabla de áreas de curvas normales.

En la mayoría de las situaciones prácticas, los valores verdaderos de μ y σ no se conocen y los límites de tolerancia deben basarse en la media x y en la desviación estándar σ de una muestra aleatoria. Mientras que $\mu \pm 1.96\sigma$ son límites que incluyen 95% de una población normal, no puede decirse lo mismo de los límites X±1.96S. Tales límites son variables aleatorias y pueden incluir o no una proporción dada de la población. Sin embargo, es posible determinar una constante K de modo que uno pueda afirmar con (1-α) 100% de confianza que la proporción de la población contenida entre x-ks y x+ks es por lo menos igual a P. Tales valores de K para muestras aleatorias de poblaciones normales se dan en la tabla A2 para P = 0.90, 0.95 y 0.99, con 95%, 99% de niveles de confianza y valores seleccionados de n de 2 a 1.000.

Para ilustrar esta técnica, se debe suponer que un fabricante toma una muestra de tamaño n=100 de un lote muy grande de resortes de compresión producidos en

masa y que obtiene x=1.507 ± y s = 0.004 pulgadas para las longitudes libres de los resortes. Al escoger el nivel de confianza de 99% y una proporción mínima de P=0.95, el obtiene los límites de tolerancia 1.507±(2.355)(0.004); en otras palabras, el fabricante pude afirmar con 99% de confianza que por lo menos 95% de los resortes en el lotes total tiene longitudes libres de entre 1.497 y 1.517 pulgadas. Nótese que en problemas como éste la proporción mínima P, así como el grado de confianza 1-α, deben especificarse; nótese también que el límite inferior de tolerancia se redondea hacia abajo y que el límite superior de tolerancia se redondea hacia arriba.

Para evitar confusión, hay que señalar también que hay una diferencia esencial entre límites de confianza y límites de tolerancia. En tanto que los límites de confianza se usan para estimar un parámetro de una población, los límites de tolerancia se usan para indicar entre qué límites uno puede encontrar cierta proporción de una población. Esta distinción la remarca el hecho de que cuando n es grande, la longitud es un intervalo de confianza tiende a cero mientras que los límites de tolerancia tenderán a los

valores correspondientes de la población. Así, para una n grande, K tiende a 1.96 en las columnas para P = 0.95 en la tabla A2.

La situación para los límites de tolerancia unilaterales es diferente. En el contexto de la resistencia de materiales, son los especímenes más débiles los que se rompen. En consecuencia, es importante para los ingenieros tener una estimación precisa de la cola inferior de la población de resistencias. Recientemente, los ingenieros se han dado cuenta que es mejor fijar las especificaciones para resistencias en términos de un percentil menor η_β que la media μ. Son los especímenes más débiles los que se rompen, no los de resistencia media. La industria maderera y muchos grupos elaboradores de materiales de la era espacial especifican que se calcule un límite unilateral de confianza de 95% para el quinto percentil $\eta_{0.05}$. [Ref. 7.2.].

CAPÍTULO 3

Luego de la descripción de los problemas actuales presentes en la industria gráfica en estudio, y haber logrado realizar una clasificación de los diferentes problemas y la frecuencia de ocurrencia, ha quedado expuesto las limitaciones existentes en la organización, el desconocimiento de estándares y normas, y sobre todo una forma de trabajar empírica y artesanal; situación que se detecta con mayor incidencia en el área de Corte y Troquelado. Y como parte fundamental de este estudio es tratar de mejorar los procesos y los productos que realiza la empresa al revisar el marco teórico se determina que para cumplir este objetivo se debe elaborar e implementar una metrología basada en un sistema de control metrológico, el mismo que va a ayudar a determinar las variables de mayor afectación. Y poder determinar la capacidad de medida instalada y requerida, se estima que utilizando principales indicadores a través de los cuales se realizar el seguimiento y controlar los procesos, desarrollar el sistema de mejora continua con el cual la industria mejorará los procesos, productos, servicios y mejorará la productividad y la competitividad.

3. Diseño del Sistema de Aseguramiento Metrológico en el proceso de Corte y Troquelado.

Como parte del diseño del sistema de aseguramiento metrológico se plantea la utilización de actividades que ayuden a controlar las cuatro variables principales en los sistemas de medición: Recursos Humanos, Equipos, Métodos, y Medio Ambiente, variables que se van a analizar con el soporte de herramientas de calidad y estadísticas en las etapas, el sistema consiste en la aplicación de los siguientes etapas:

3.1. Determinar responsable del sistema de confirmación metrológica

Una parte importante del sistema es la persona que se encargará de implantar, mantener y mejorar el sistema, para ello se debe buscar a la persona con ciertas competencias y aptitudes las mismas que van desde la formación, experiencia, capacitación y habilidades; además que debería formar parte del personal administrativo o técnico de la empresa.

Para que en el momento de desarrollar el proyecto no implique aumento de recursos y el proyecto sea viable, además se mejora la autoestima y motivación de los trabajadores.

Para poder definir a la persona con mayor competencia se va a empezar con el análisis de su hoja de vida la misma que va a ayudar a determinar algunas de las características y requisitos que

se necesitan para desempeñar esta labor, dentro de los principales requisitos el aspirante debe tener como mínimo:

- Formación: Se escogerá a la persona que tenga mínimo un título de bachiller.
- Experiencia: Que trabaje actualmente en la empresa por un periodo de por lo menos 2 años.
- Capitación: Por medio del análisis realizado, se debe tener en cuenta los tipos de debilidades para de esta manera lograr la búsqueda de la persona responsable según las necesidades de la empresa.
- Habilidades: Esta etapa es la más delicada en vista de que debe evaluar que tan apto es el responsable del sistema, para ello se va a utilizar pruebas de aptitud las mismas que han sido diseñadas en un trabajo de maestría.

3.2. Determinar equipos críticos en el proceso.

Para conocer todas las actividades que se realizan en el proceso de corte y troquelado se utiliza un diagrama de flujo el mismo que va a ayudar a realizar un análisis de cada etapa del proceso, de tal manera que se pueda identificar todas las variables que intervienen en el proceso, las tolerancias y los objetivos de medición.

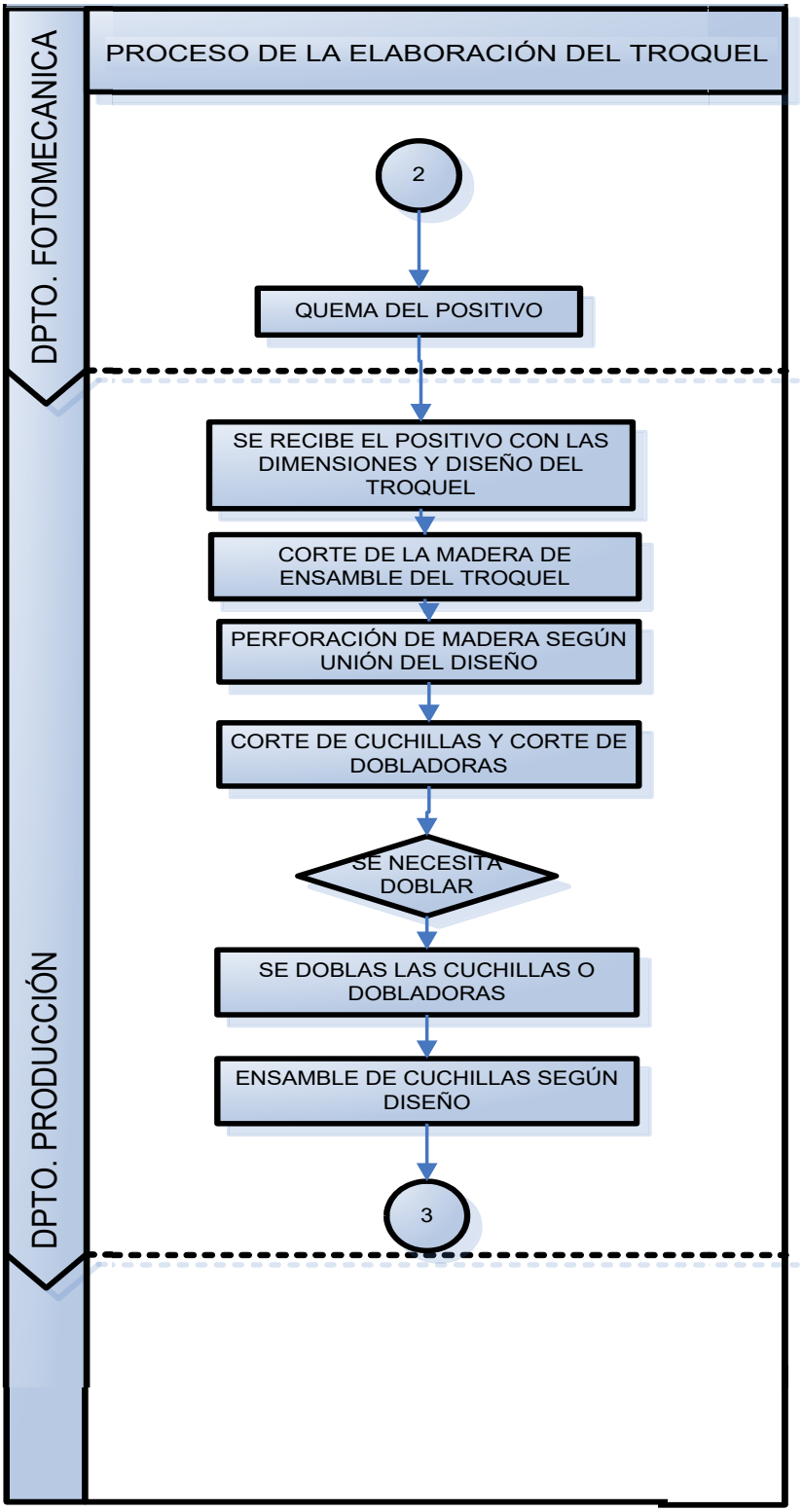


FIGURA 3.1: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DEL TROQUEL

Haciendo énfasis en el diagrama de flujo del proceso de corte y troquelado se puede llegar a analizar con mejor precisión las variables que intervienen en cada una de las etapas, para ello se va a utilizar la matriz tabla 3.1, en la que se ubican todas las etapas del proceso, se identifica las variables que se manejan en cada etapa, las unidades de medida y los objetivos de medición de cada variable.

Esta matriz va ayudar a definir el valor agregado en cada medida del sistema de medición.

TABLA 3.1: MATRIZ DE VARIABLES DEL PROCESO

ETAPA/PROCESO	VARIABLES	UNIDADES	OBJETIVOS

Determinadas las etapas y los objetivos de medición del proceso, se procede a elaborar una matriz en donde se ubicara todas las variables que se va a medir en el proceso y la frecuencia de cada variable en las diferentes etapas, esta matriz va a ayudar a determinar que variable se mide con mayor frecuencia, de tal manera que la empresa pueda realizar un análisis costo beneficios y determine si la verificación y calibración de equipos se realice

con proveedores externos o que la empresa invierta en patrones para poderlo realizar internamente.

TABLA 3.2: FRECUENCIAS DE LAS VARIABLES

ETAPA / PROCESO	Variables del Proceso		
	COLOR	DIMENSION	GRAMAJE
FRECUENCIA			

Una vez conocidas las variables que se van a medir y la frecuencia de cada una de ellas (tabla 2), se procede a identificar las variables que son críticas, y las variables propias del sistema, entendiéndose como variables que son obligatorias, y las están en Normas, requisitos del cliente. La matriz de la tabla 3 va a ayudar a encontrar la variable que mayor afectación tiene el proceso para realizar un control y seguimiento meticuloso, para determinar las variables críticas se utiliza la herramienta de calidad AMFE o también conocido como análisis de falla modal.

TABLA 3.3: MATRIZ DEL MÉTODO AMFE							
PROCESOS	Variables			PESO (1-3)			Número prioridad de Riesgo (NPR)
				Gravedad	Ocurrencia	Detección	
							0
							0
							0

AMFE determina las variables críticas con los siguientes parámetros:

Gravedad: Mide las consecuencias que se pueden producir durante la elaboración del producto y las especificaciones que el cliente a solicitado de acuerdo al color, tamaño y corte:

3 Puede tener consecuencias en la salud del consumidor

2 Puede tener consecuencias económicas

1 No tiene ninguna de las consecuencias anteriores

Ocurrencia: Mide la probabilidad en que falle un producto es devuelto por el cliente si tiene variabilidad especificada en la orden de trabajo

3 Puede producirse un fallo en un corto plazo < 3 meses

2 Pude producirse un fallo a mediano plazo < 6 meses

1 Puede producirse un fallo a largo plazo

Detección: Mide la probabilidad de detectar un fallo en el sistema

3 Probabilidad nula por no existir control

2 Probabilidad media, existe control pero no es adecuado

1 Probabilidad alta, existe control y es adecuado

Los criterios de aceptación o rechazo:

NPR= Gravedad (G) * Ocurrencia (O) * Detección (D)

NPR (numero de prioridad de riesgo)

NPR menor o igual a 4 no se considera como variables críticas

NPR mayor o igual que 5 y menor igual que 12 hay que hacer un análisis

NPR mayor o igual que 13 se considera variable crítica

3.3. Tolerancias de proceso.

Esta etapa determina tanto las características de los equipos y la aptitud de los mismos. Debido a que en la empresa no lleva ningún tipo de control de medidas se utiliza una carta de control la misma que por medio de los límites de control superior e inferior se va a determinar las tolerancias en los troqueles de corte.

Para ello se utiliza un troquel terminado en donde se procede verificar a través de varias medidas, las dimensiones del mismo,

tratando de que en el proceso se realice la repetibilidad y reproducibilidad de las medidas, de esta manera se puede determinar las tolerancias existentes en el proceso.

TABLA 3.4:CARTA DE CONTROL DE MUESTRA				
NUMERO DE DATOS TOMADOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUETRA 4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
X				
Dv. St.				
LS				
LI				
R				
LC				

Luego de realizar las mediciones se procede a realizar los respectivos cálculos para llenar la carta de control:

X = promedio de la n observaciones en la i-ésima muestra.

$$\overline{X} = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_j}{n}$$

S= desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

L= Límites de control para las muestras tomadas

Limites de control para promedios

$$LIC_{\bar{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2\overline{R} \qquad LC_{\bar{x}} = \overline{\overline{X}} \qquad LSC_{\bar{x}} = \overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$$

LIC = Límite inferior de control

R= Rango promedio para todas las muestras

$$\overline{\overline{R}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} R_i}{m}$$

3.4. Condiciones ambientales

En esta etapa se determina que variables ambientales afectan el proceso de corte y troquelado. Para ello se va a llenar un registro de variables.

3.5. Evaluación del personal técnico

Mediante estas pruebas de aptitud se va a poder determinar con mayor precisión el grado de conocimiento y destreza tiene el personal técnico que intervienen en este proceso además quién de los operadores es que aporta mayor cantidad de errores y asimismo conocer los niveles y grados de participación que los errores tiene en el proceso de medición en conjunto y de esta manera poder mejorarlo y estandarizarlo.

Para realizar la prueba de aptitud se va a seguir la siguiente metodología:

- La persona seleccionada deber tener conciencia de la importancia que el estudio de estas pruebas implica y que pueda ser capaz de dirigirlo.
- Se selecciona a todos los operarios más idóneos en el proceso
- Se proporciona un formato en el cual realizaran la prueba
- Se explica la metodología del formato y de la prueba
- Se les asigna un tiempo determinado de 5 minutos
- Durante la prueba las medidas deben realizar las mediciones de manera individual y en una forma aleatoria.

3.5.1. Prueba Aptitud No. 1

TABLA 3.5.: FORMATO DEL ENSAYO DE APTITUD 1

ENSAYO DE APTITUD: DETERMINACIÓN DE RESOLUCIÓN EN INDICACIÓN ESCALA ANALÓGICA

Nombre: CRM

	a)	1/100	**con resolución de 0,1 cm**
	b)	1/20	**con resolución de 0,5 cm**
	c)	1/10	**con resolución de 1 cm**
	d)	1/5	**con resolución de 2 cm**
	e)	1/4	**con resolución de 2,5 cm**
	f)	1/3	**con resolución de 3,3 cm**

nominal	medición
10,0 cm	

0 cm ——— 10 cm

Suponiendo que las cotas en las líneas dibujadas más adelante se encuentran a 10 cm de distancia, marque indicaciones que corresponden a las posiciones de: 0,4 cm; 3,5 cm; 6,1 cm; 7,4 cm y 9,1 cm; todas medidas a partir de "cero" sin usar regla graduada o instrumento de medición semejante, es decir, por mera apreciación visual.

Considere como inválido el dibujar divisiones en la línea, que pudieran representar: la mitad, cuartas o quintas partes, que luego se usarán para ubicar las posiciones solicitadas.

nominal	medición
0,4 cm	

0 cm ——— 10 cm

nominal	medición
3,5 cm	

0 cm ——— 10 cm

nominal	medición
6,1 cm	

0 cm ——— 10 cm

nominal	medición
7,4 cm	

0 cm ——— 10 cm

nominal	medición
9,1 cm	

0 cm ——— 10 cm

Una vez obtenidos formatos escritos por los operarios se realiza la siguiente tabulación:

Desviación = valor nominal – valor indicación de marca

$$\text{Indicación de marca} = \frac{\text{valor nominal}}{\text{lectura de regla (original)}} \times \text{indicacion de cada lectura}$$

$$\mu p = \frac{R * 2}{2\sqrt{3}}$$

Donde μ_p=incertidumbre del personal y R= rango

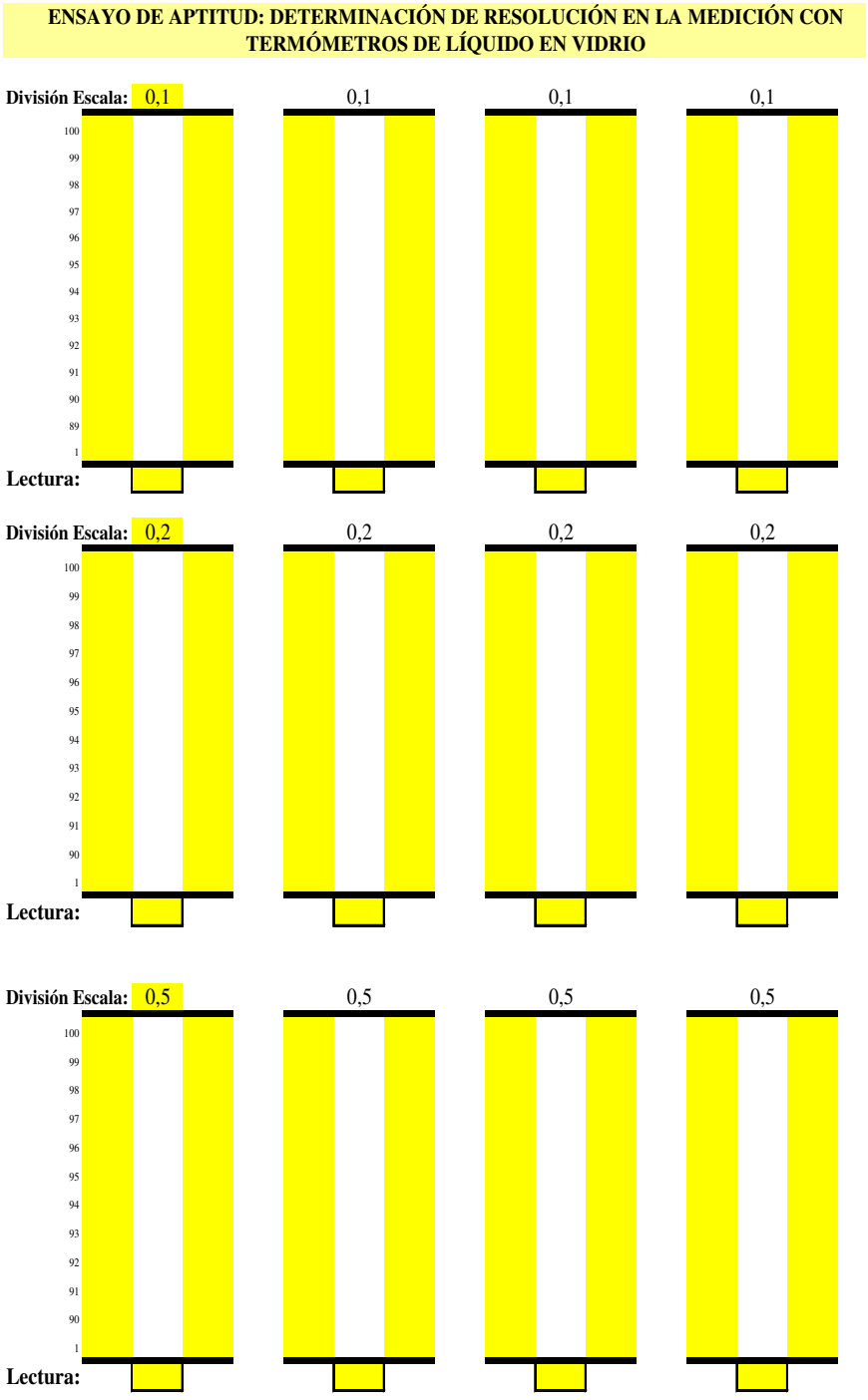
Según la VIM 3234 (Vocabulary International of Metrology) para una resolución de 1 no de ser mayor de ±0.58. Lo que indica que si los resultados de los operarios resultan por encima de dicho valor, es recomendable la capacitación.

Para sustentar el primer estudio y como parte del procedimiento de evaluación se debe generar una segunda prueba.

Estas pruebas no tienen el objeto de que los operarios tomen una aptitud defensivo con respecto a su trabajo, sino mas bien, que el operario sienta de manera cómoda las pruebas y de esta manera obtener mejores resultados y se familiarice con ellas.

3.5.2. Prueba Aptitud No. 2

TABLA 3.6.: FORMATO DEL ENSAYO DE APTITUD 2



El procedimiento de realizar la prueba es el mismo que la prueba anterior, pero para los cálculos se necesita de la ayuda de las siguientes ecuaciones:

El promedio de cada participante se obtiene con:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + ... + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x}{n}$$

Para el respectivo cálculo de la media aritmética se lo realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{\bar{y}} = \frac{1}{n \cdot p} \cdot \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{n} y_{ij}$$

No solo se debe calcular la media aritmética, sino también la desviación experimental para cada participante: donde S_w=S

$$\sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Obtener la desviación estándar de los promedios (S_y):

$$s_y^2 = \left[\frac{1}{p-1} \cdot \sum_{i=1}^{p} (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2 \right]$$

Como último paso en donde se va a verificar todo el proceso, se realiza una prueba de R&R la misma que nos va indicar la variabilidad del proceso, y la desviación en errores de cada participante, como también la interacción de cada uno, para este estudio hay distintos software.

Para poder registrar los datos, se utiliza la siguiente Hoja de Registro de Datos:

3.5.3. Prueba R&R

TABLA 3.7.: HOJA DE REGISTRO DE DATOS DE R&R

HOJA DE REGISTRO DE DATOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD												
COLUMNA No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PARTICIPANTE	A				B				C			
Muestra No.	Lectuas				Lectuas				Lectuas			
	1º	2º	3º	Diferencia	1º	2º	3º	Diferencia	1º	2º	3º	Diferencia
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Totales	1A	2A	3A		1B	2B	3B		1C	2C	3C	
	Suma total de A				Suma total de B				Suma total de C			

La metodología utilizada en esta prueba es la que se detalla a continuación:

a) Se identifica el líder o persona que es el responsable de que la prueba cumpla con el procedimiento, además debe conocer la importancia del estudio.
b) Se escoge a tres operarios los mejores de la prueba de las pruebas de aptitud.
c) Para esta prueba el instrumento debe haber sido verificado por un instrumento máster (patrón).
d) Se define diez medidas que los operadores tienen que medir, tratando de conservar el principio de repetibilidad en las medidas.
e) Se proporciona la primer participante la pieza a medir (los otros operarios no deben ver las mediciones realizadas por ningún otro operario participante.
f) Se le pide a los operarios que realicen la medición de la pieza seleccionada por 10 veces consecutivas.
g) Con la pieza seleccionada se realiza las mismas mediciones con los demás operarios en forma escalonada.
h) Están indicando que van a utilizar en software.

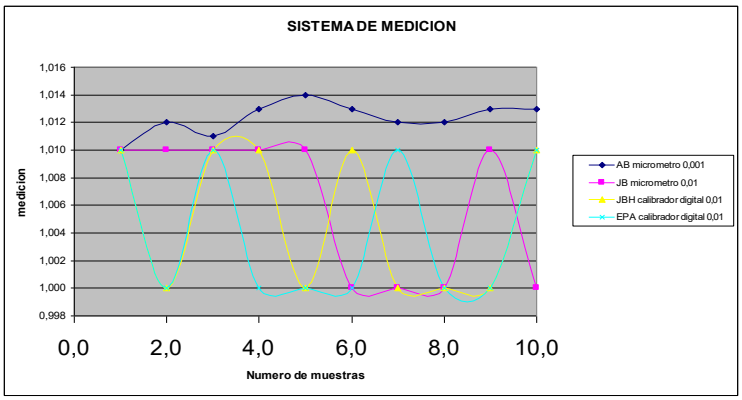


FIGURA 3.2. EJEMPLO DE PRUEBA DE REPETIBILIDAD

Todos los procesos se realizan de mutua confianza entre proveedor, cliente empresa y para obtener un mejor resultado en los materiales y equipos que se utilizan en un sistema de producción, es importante que los proveedores con quien se realiza una relación comercial para las próximas producciones, cumpla con algunos requisitos los cuales detallamos en el formato:

TABLA 3.8: FORMATO PARA EVALUAR PROVEEDORES DE ACUERDO A LA TRAZABILIDAD

Unidades	Producto a evaluar	cadena de calibracion	Proveedor	Metodo de calibracion	fecha de calibracion

Certificado de calidad

Lo ideal debe ser que las empresas proveedoras tengan un certificado de calidad basado en sistemas de calidad (ISO) pero debido a la falta de cultura y los pocos controles resulta bastante difícil que los proveedores cumplan con este requerimiento. En caso de no tenerlo se exige como mínimo los siguientes requisitos:

- Nombre y domicilio del proveedor.
- Identificación del método a utilizar para la calibración.
- Identificación del instrumento a calibrar.
- Fecha de realización de la calibración.
- Informe de la calibración.
- Nombres, funciones y firmas de quienes autorizan el informe.
- Condiciones ambientales bajo las que se hizo la calibración.
- Incertidumbre de la calibración y/o una declaración de la conformidad con una especificación.
- Evidencia de la trazabilidad de la calibración.

3.6. Intervalo de Calibración y Mantenimiento.

En esta etapa se identifica los periodos en que se van a calibrar, verificar o dar mantenimiento a los equipos para ello se realiza por medio de este método se puede determinar y examinar la variación de los troqueles utilizados y en que periodo de tiempo deben ser

recalibrados. En la gráfica se muestra la técnica utilizada con el método de deriva.

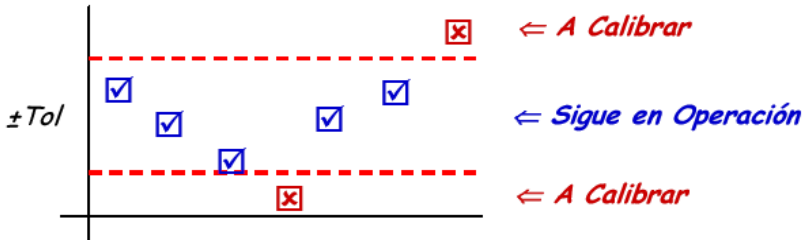


FIGURA 3.3: INTERVALO DE CALIBRACIÓN

El control de equipo de inspección, medición y pruebas, son mecanismos con los cuales el sistema de calidad utiliza y refiere para el aseguramiento de los equipos e instrumentos utilizados en el desarrollo de un troquel, llevando así un mejor control y la eliminación de errores menores que afecten a la calidad del producto que se entrega al cliente.

En la determinación de un periodo apropiado para la recalibración se considera los siguientes factores siguientes:

- Intuición ingenieril
- Recomendación del fabricante
- Extensión y severidad de uso
- Influencia del ambiente

- Tolerancias y exactitud deseada de la medición
- Los instrumentos pueden ser tratados individualmente o como grupos
- Los instrumentos fallan en cumplir con sus especificaciones, debido a desviaciones con el tiempo o por el uso.

3.6.1. Determinación del periodo de recalibración

Es recomendable que los equipos tengan un periodo establecido de recalibración para poder prevenir posibles errores en el proceso de producción. Por lo cual se debe considerar la siguiente ecuación para calcular el tiempo apto de realizarlo:

$$Deriva = \frac{D}{\tau_1 - \tau_0} \qquad Lapso \leq \frac{\pm Tolerancia}{Deriva}$$

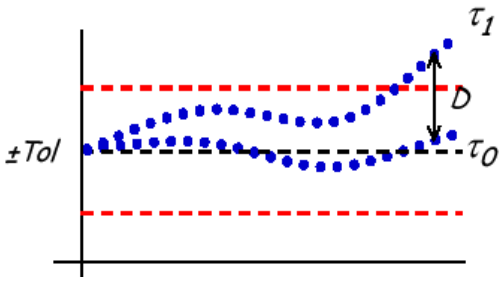


FIGURA 3.4: INTERVALO DE DERIVA

3.7. Trazabilidad de equipo

Todos los equipos utilizados durante la realización del troquel deben ser calibrados utilizando patrones trazables a patrones nacionales y que sean consistentes con las recomendaciones de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM)

3.7.1. Evaluación de la trazabilidad

Considerando las incertidumbres de medición en lugar de la exactitud podemos evaluar el factor de riesgo en la trazabilidad con la llamada relación de incertidumbres (TUR, Traceability Uncertainty Ratio), el cual implica una relación mínima de diez a uno (10:1), lo cual implica un factor de riesgo del 10 %.

$$TUR = \frac{(\text{Incertidumbre del Equipo})2}{(\text{Incertidumbre del Patrón})2} \geq 10$$

$$TUR = \frac{(\text{Capacidad de Medida del Usuario})2}{(\text{Capacidad de Medida del Laboratorio})2} \geq 10$$

3.7.2. Análisis de la trazabilidad

$$TUR = \frac{(\text{Incertidumbre del Equipo})2}{(\text{Incertidumbre del Patrón})2} \geq 10$$

TABLA 3.9: DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO									
Proceso / Subproceso	Variables			DATOS ACTUALES DEL PROCESO				Evaluacion de trazabilidad	
				UNIDAD	RESOLUCION	TOLERANCIA	TOLER/RESL	INCERT. EQUIPO	INCERT. PATRON

3.8. Incertidumbre en los procesos de medición.

En el procedimiento del cálculo de las incertidumbres para los sistemas de medición, se utilizar como una referencia la guía de Reporte Técnico del CENAM (Guía BIPM/ISO) la cual está calificada para realizar estos procedimientos en la expresión de la incertidumbre específicamente de las mediciones. La misma que proporcionará los lineamientos generales para poder realizar el cálculo y obtener de una manera más estandarizada la incertidumbre.

Se puede expresar los procedimientos utilizados en el cálculo de la incertidumbre en el siguiente esquema sin dejar de tomar en

cuenta las recomendaciones cuando se realiza estos cálculos, los mismos que deben ser:

- Universal.- Aplicable a cualquier tipo de medición
- Internamente consistente.- Debe poder obtenerse a partir de los componentes que contribuyen a ella
- Transferible.- Puede evaluar la incertidumbre de otra medida
- Cálculo General simplificado para la obtención de la incertidumbre de medida en el proceso de medición.

TABLA 3.10: NORMAS Y FORMULAS

Fuente de incertidumbre	Fuentes de información	Tipo de distribución	Forma de calculo	Observaciones
Patrón de referencia	Normas ISO 3599-1976	Rectangular	$u\left(l_{bp}\right)=\frac{0,8}{\sqrt{3}}$	En el caso de bloque patrón grado 1
Resolución	ISO 3599	Rectangular	$\mu_{resolucion}=\frac{R}{\sqrt{12}}$	
Repetibilidad Lecturas del instrumento	Escala	Normal	$\mu_{repetitibilidad}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n}(x_i-\bar{x})^2}{n(n-1)}}$	
Diferencias de temperatura entre instrumento y patrón de referencia	Condiciones ambientales	rectangular	$\mu(\delta t)=\frac{\Delta t * \alpha_l}{\sqrt{3}}$	En condiciones controladas utilizar 1
Diferencias de temperatura entre el ambiente e instrumento	Condiciones ambientales	Rectangular	$\mu(\Delta t)=\frac{\Delta t * \alpha_l}{\sqrt{3}}$	En condiciones controladas utilizar 1

Ref. [No. 7.14]

Siguiendo las ecuaciones establecidas para el cálculo de la incertidumbre:

$\mu_c = \mu^2_a + \mu^2_b$

μ_c = Incertidumbre combinada

μ_a = Incertidumbre tipo A es aquella que se obtiene por métodos estadísticos

μ_b = Incertidumbre que se obtiene por fuentes de incertidumbre

μ_{exp} = Incertidumbre expandida

K= Factor de cobertura

$\mu_{exp} = \mu_c * k$

Utilizando el valor de k=2 a un 95 % de intervalo de confianza

Combinación de las contribuciones

$\mu_c = \mu^2_{patrón} + \mu^2_{resol.} + \mu^2_{repetibilidad} + \mu^2_{dif.\ Temp.\ inst/patrón} + \mu^2_{dif.\ Temp.\ inst/amb.}$

3.9. Rotulación de equipos según su uso.

Para una buena distribución, almacenamiento y utilización correcta de los equipos de medición se debe manejar una rotulación adecuada, la cual permita distinguir los equipos en buen estado los equipos que hay que controlar, y los equipos que no necesitan control pero que son parte del proceso.

Para que el rotulado sea cómodo se utiliza un sistema de identificación práctico y fácil, como un sistema de etiqueta de colores.

TABLA 3.11: COLORACIÓN PARA ROTULACIÓN DE EQUIPOS

COLOR	SIGNIFICADO
AMARILLO	Equipo con falla
VERDE	Equipo Activo
ROJO	Equipo Obsoleto
NARANJA	Equipo para su revisión

3.10. Auditar el sistema

Para realizar una buena auditoría se debe apoyar en un diagrama de Gantt el mismo que determina con mayor claridad las actividades necesarias y ayudan a la adecuada implantación del sistema de aseguramiento metrológicos en un lapso de tiempo prudente y adecuado.

3.11. Acciones Correctivas y Preventivas

Con ayuda del plan de auditoría se mejorará y corregirá todas las falencias encontradas en el diagnóstico y de esta manera poder prevenir los posibles errores que se pueda cometer en un futuro.

CAPÍTULO 4

4. Diseño del Sistema de Aseguramiento Metrológico en el proceso de Corte y Troquelado.

En este capítulo se desarrolla la implementación del sistema metrológico, el mismo que va a ayudar a las variables con mayor aportación de errores en los procesos productivos, y una vez conocidas poder disminuir su variabilidad y en lo posible tratar de eliminarlas para mejorar la calidad en los productos, reducir desperdicios en tiempo y materiales.

La necesidad de encontrar una forma de integrar los sistemas de control de medidas utilizados, con el sistema de producción de la industria grafica, se debe realizar sin alterar la organización existente, aprovechando los recursos de la empresa de una manera eficiente, para mejorar su productividad y la competitividad en el mercado local y nacional.

Para poder implementar el sistema de control metrológico, se propone desarrollar de manera sistemática las siguientes etapas:

4.1. Determinar al responsable

Para determinar al responsable del sistema metrológico y la persona idónea que ayude a la implementación del sistema , se realiza diferentes análisis que van desde el levantamiento de datos personales hasta la realización de entrevistas simples, de tal manera que nos ayude a corroborar los datos establecidos en las hojas de vida; de esta manera se busca definir la formación, capacitación, experiencia, y habilidades de cada uno de ellos enfocándose al nuevo puesto del trabajo que podrá desempeñar.

La entrevista está enfocada a determinar las competencias de los trabajadores, para ello se realiza algunas preguntas básicas las mismas que se encuentran en el anexo nº y alguna de ellas se detallan a continuación:

a) Área en donde se desempeña
b) Años de experiencia
c) Nivel de educación.
d) Habilidades

4.2. Determinar variables críticas

El diagrama de flujo muestra las operaciones que se realizan para el desarrollo de un troquel.

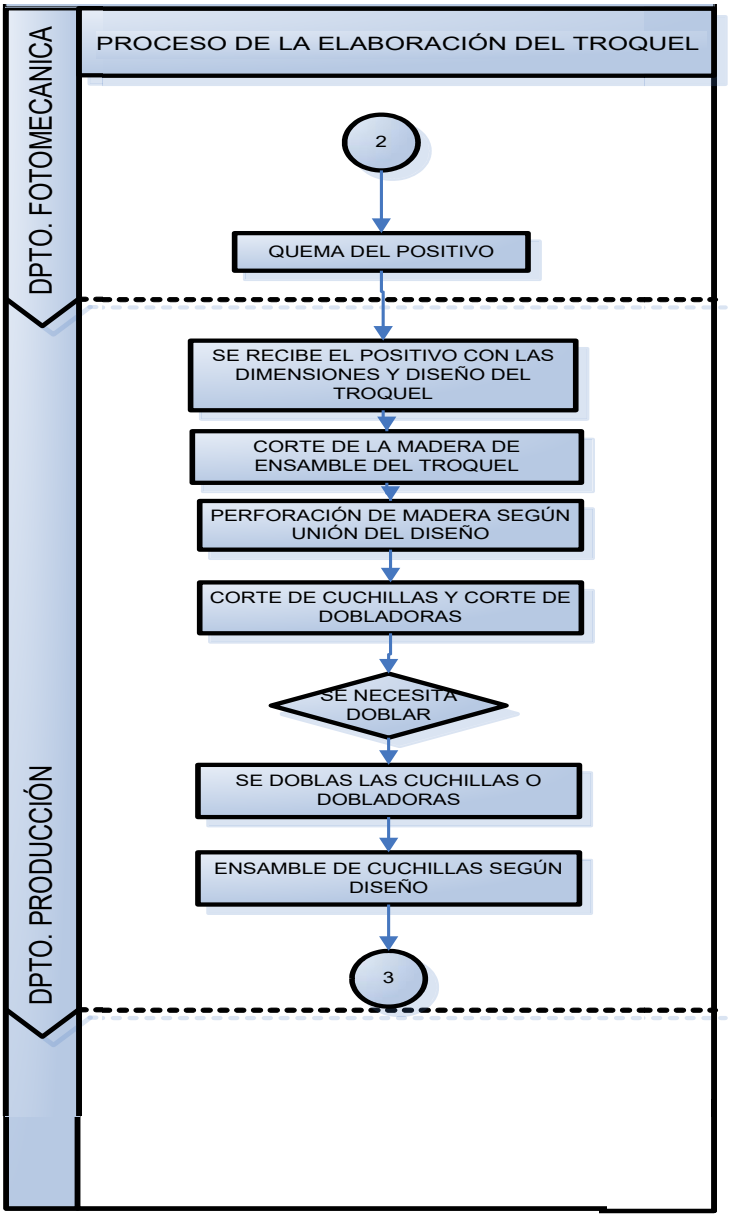


FIGURA 4.1: ELABORACION DE UN TROQUEL

El diagrama de flujo describe la realización de un troquel, los dos departamento que intervienen para la elaboración del troquel son el departamento de fotomecánica y de producción.

En el departamento de fotomecánica verifica en primera instancia si para la orden de trabajo existe o no troquel, si no existe se realiza la quema del “positivo”. (Para mejor explicación ver en la figura 4.2),esta operación es la que da la forma al troquel, el mismo que realiza las operaciones de doblado y corte dependiendo de la forma del producto, o al diseño especificado por el cliente. Una vez realizado el “positivo” se verifica las dimensiones que se establecen en la orden de trabajo (ver en la figura 4.3 y 4.4), las mismas que deben considerar la dimensión de la máquina Cilíndrica o Troqueladora la cual realiza el proceso de troquelado.

FIGURA 4.2: POSITIVO REALIZADO

FIGURA 4.3: VERIFICACION DE DIMENSIONES

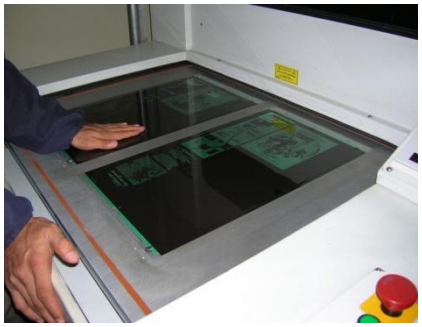


FIGURA 4.4: POSITIVO TERMINADO

Si las dimensiones son las correctas se procede a pasar la orden al departamento de producción para su respectivo corte de madera, luego se procede a realizar las perforaciones necesarias para la introducción de las cuchillas de corte y doblado según las especificaciones dadas.

Con las longitudes de las cuchillas, que deben ser introducidas en la madera dependiendo del diseño de la orden de trabajo, se procederá a realizar el corte de las mismas, para esto se verifica si en el diseño existe la necesidad de doblar las cuchillas.

Una vez cortadas, dobladas e introducidas las cuchillas en la madera base para el troquelado, se realiza la colocación del troquel en la máquina Cilíndrica o Troqueladora y se realiza el proceso de troquelado.

Para tener una idea más clara se procede a determinar las características de la maquina, la cual es utilizada en esta etapa del proceso:

CILINDRICA GRANDE

Marca: **Heidelberg**

Capacidad: 6000 tirajes/h

Dimensiones de trabajo

Mínima: 25 x 35 cm

Máxima: 64 x 90 cm (figura 4.2.4)

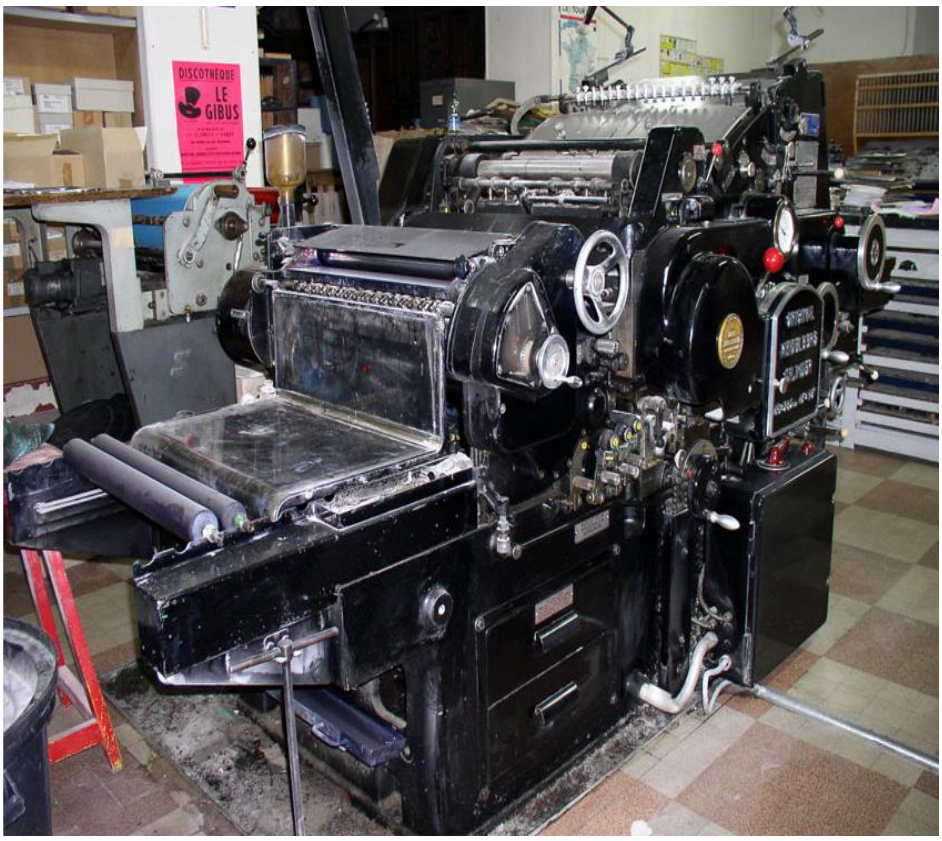


FIGURA 4.5: MÁQUINA TROQUELADORA.

4.3. Identificar variables

Para identificar las variables se utiliza la matriz indicada en la tabla 4.1 en donde la primera columna sirve para definir las etapas o el proceso; en la segunda columna se debe especificar cada variable que se usa en cada etapa. En la tercera columna se especifica el objetivo de la medición de la variable, esto ayuda a determinar el valor agregado en el sistema de medición en la cual se ha especificado la unidad de medida utilizada en el proceso.

TABLA 4.1: IDENTIFICACION DE VARIBLES POR SUS OBJETIVOS

ETAPA /PROCESO	VARIABLE DE MEDIDA	Unidades	OBJETIVOS
DISEÑO DE TROQUEL	LONGITUD	cm.	Ayuda a verificar que las longitudes del molde del troquel sean los correctos de acuerdo a la plantilla
	ANCHO	cm.	Comprueba por medio de la muestra el tamaño de los espacios y formas.
	ANCHO	cm.	Verificar que las dimensiones de cada uno de los cortes esten deacuerdo a la plantilla.
	LONGITUD	cm.	Realizar los cortes según las dimensiones dadas en la orden
	LONGITUD	cm.	Verificar las dimensiones de cada diseño según las medidas indicadas en la orden
TROQUEL FINAL	LONGITUD	cm.	Verificar el tamaño de cada una de las cuchillas a utilizar para la formaciòn del troquel según el diseño
	ANCHO	cm.	Verificar la longitud de los espacios entre cuchillas son las especificadas por el diseño del cliente

Como se puede observar en la TABLA 4.1. las variables que más se utilizan son dimensionales, esto es ancho y longitud (ver Figura 4.6)

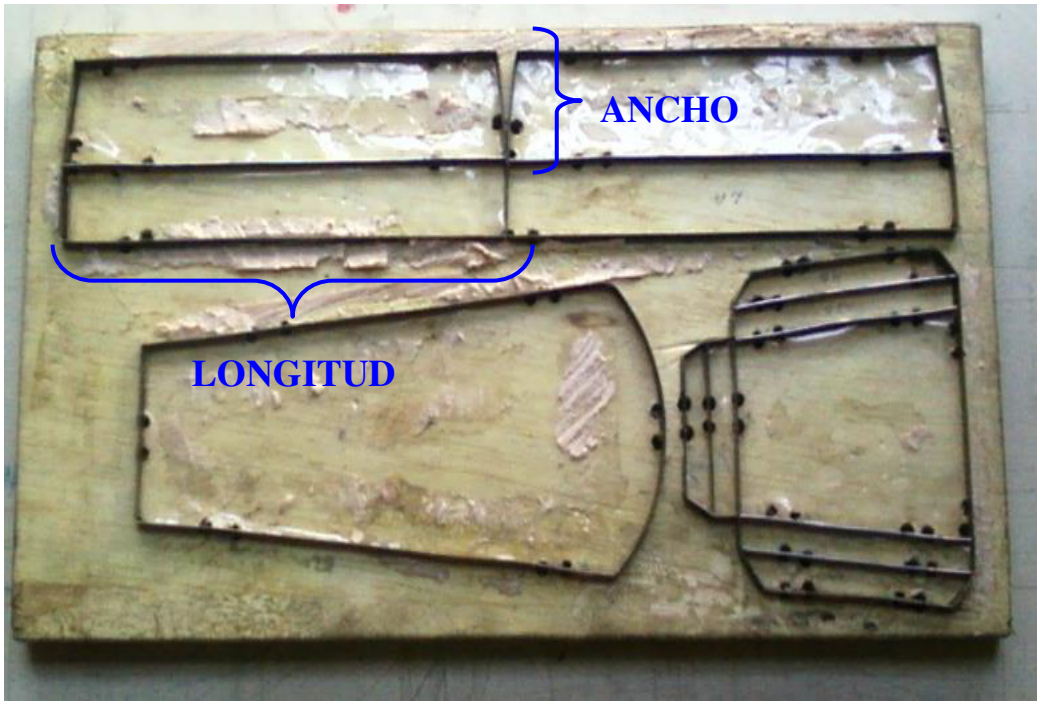


FIGURA 4.6 TROQUEL DE MUESTRA

4.4. Clasificación de variables

TABLA 4.2: VARIABLES DEL PROCESO			
CALIDAD EN (ETAPA/PROCESO)	**COLOR**	**DIMENSION**	**GRAMAJE**
DISEÑO DE TROQUEL		x	
		x	
		x	
CORTE		x	
IMPRESIÓN	x		
			x
		x	
		x	
TROQUEL FINAL		x	
		x	
Frecuencia	**1**	**8**	**1**

Analizando la tabla No. 4.2., se obtiene que la variable con mayor frecuencia durante el proceso de producción de corte y troquelado es “dimensiones”. Lo que ayuda a tomar decisiones sobre verificación y calibración de equipos, debido a que los equipos deben ser calibrados y verificados conservando la trazabilidad de medida, con la ayuda de esta matriz se puede realizar un análisis Costo-Beneficio para definir si el proceso de calibración de equipos se la realizará dentro de la empresa, para ello se tendría que adquirir los patrones de medida o a su vez enviar a un proveedor calificado.

4.5. Determinar variables críticas

Para identificar las variables se utilizó la herramienta de calidad AMFE (análisis de falla modal), el mismo que se observa en la en la tabla 4.2., esta herramienta se utiliza para analizar las variables que son propias del sistema que podrían afectar a la elaboración del producto o servicio, para lo cual no considera las variables que son obligatorias como: las determinadas por norma, las expresadas por el cliente como requisito.

TABLA 4.3. METODO AMFE

PROCESOS	Variables			PESO (1-3)			Número prioridad de Riesgo (NPR)
	Color	Dimensión	Gramaje	Gravedad	Ocurrencia	Detección	
Material	aspecto	longitud	espesor	1	1	1	1
Impresión	aspecto			2	2	1	4
Troquelado		longitud		3	3	3	27

De acuerdo a las variables analizadas en TABLA 4.3., se puede detectar que la variable crítica encontrada en la etapa de corte y troquelado en el proceso de producción es la longitud, debido a que el número de prioridad de riesgo (NRP) equivale a 27; de acuerdo a la ponderación del NRP que entrega AMFE >= a 13 –considera variable crítica la misma que se debe controlar.

4.6. Tolerancias

En la empresa no se lleva ningún tipo de registro y peor aún desconoce las tolerancias que tienen los productos. Para determinar las tolerancias en los procesos de producción, se tomó las medidas a varios troqueles, alguno de ellos usados en varias producciones, y a través de una carta de control se determina las tolerancias del proceso o producto, en este caso corresponden a los valores de los límites de control máximo y mínimo, luego del análisis de las cartas de control se tomó medidas correspondientes a un troquel que se utiliza para elaborar volantes, las medidas corresponden a la parte superior del troquel.

TABLA 4.4: TOLERANCIA DEL PROCESO

TROQUEL					
	Respaldo de muestra				
	Parte Superior				
Item	1a	2a	3a	4a	5a
1	24,55	24,25	24,55	24,25	24,25
2	23,85	24,70	23,85	24,70	24,70
3	23,85	24,60	23,85	24,60	24,60
4	23,90	24,40	23,90	24,40	24,40
5	24,10	24,60	24,10	24,60	24,60
6	25,30	24,50	25,30	24,50	24,50
7	24,45	24,25	24,45	24,25	24,25
8	24,25	24,25	24,25	24,25	24,25
9	24,40	24,20	24,40	24,20	24,20
10	24,55	24,20	24,55	24,20	24,20
X	24,32	24,40	24,32	24,40	24,40
LS	25,30	24,70	25,30	24,70	24,70
LI	23,85	24,20	23,85	24,20	24,20
R	1,45	0,50	1,45	0,50	0,50
LC	25,70	24,87	25,70	24,87	24,87
Item	6a	7a	8a	9a	10a
1	24,55	25,30	24,50	24,50	25,30
2	23,85	24,45	24,25	24,25	24,45
3	23,85	24,25	24,25	24,25	24,25
4	23,90	24,40	24,20	24,20	24,40
5	24,10	24,55	24,20	24,20	24,55
6	25,30	24,25	24,25	24,55	25,30
7	24,45	24,70	24,70	23,85	24,45
8	24,25	24,60	24,60	23,85	24,25
9	24,40	24,40	24,40	23,90	24,40
10	24,55	24,60	24,60	24,10	24,55
X	24,32	24,55	24,40	24,17	24,59
LS	25,30	25,30	24,70	24,55	25,30
LI	23,85	24,25	24,20	23,85	24,25
R	1,45	1,05	0,50	0,70	1,05
LC	25,70	25,55	24,87	24,83	25,59
				X-prom-T	24,37
				Ls-Prom-T	24,94
				Li-Prom-T	0,88
				LC-Prom1	25,20

Las medidas tomadas corresponden a la parte inferior del troquel.

TABLA 4.5. MUESTRA DELTROQUEL (PRUEBA)					
	Respaldo de muestra				
	Parte Inferior				
Item	1a	2a	3a	4a	5a
1	34,00	34,60	34,50	33,90	34,60
2	34,70	33,80	34,15	33,80	33,80
3	34,75	33,95	34,00	34,00	33,95
4	34,60	34,35	34,40	33,80	34,35
5	34,45	34,25	34,40	33,65	34,25
6	34,50	33,90	34,60	34,50	33,90
7	34,15	33,80	33,80	34,15	33,80
8	34,00	34,00	33,95	34,00	34,00
9	34,40	33,80	34,35	34,40	33,80
10	34,40	33,65	34,25	34,40	33,65
X	34,40	34,01	34,24	34,06	34,01
LS	34,75	34,60	34,60	34,50	34,60
LI	34,00	33,65	33,80	33,65	33,65
R	0,75	0,95	0,80	0,85	0,95
LC	35,11	34,91	35,00	34,87	34,91
Item	6a	7a	8a	9a	10a
1	34,50	33,90	33,90	34,60	34,50
2	34,15	33,80	33,80	33,80	34,15
3	34,00	34,00	34,00	33,95	34,00
4	34,40	33,80	33,80	34,35	34,40
5	34,40	33,65	33,65	34,25	34,40
6	34,60	34,50	34,50	33,90	33,90
7	33,80	34,15	34,15	33,80	33,80
8	33,95	34,00	34,00	34,00	34,00
9	34,35	34,40	34,40	33,80	33,80
10	34,25	34,40	34,40	33,65	33,65
X	34,24	34,06	34,06	34,01	34,06
LS	34,60	34,50	34,50	34,60	34,50
LI	33,80	33,65	33,65	33,65	33,65
R	0,80	0,85	0,85	0,95	0,85
LC	35,00	34,87	34,87	34,91	34,87
				X-prom-T	34,14
				Ls-Prom-T	34,61
				Li-Prom-T	0,86
				LC-Prom1	34,96

Estas medidas corresponden a la parte del respaldo de las volantes

TABLA 4.6 MUESTRA DE TROQUE (PRUEBA 2)

TROQUEL					
	Porta Volante de muestra				
Item	1B	2B	3B	4B	5B
1	10,50	9,35	9,50	9,40	9,65
2	10,50	9,35	9,50	9,30	9,15
3	9,80	9,00	9,30	9,00	9,10
4	9,35	8,85	9,00	9,25	8,70
5	9,50	9,05	8,95	9,10	8,55
6	8,80	9,00	9,15	9,00	8,60
7	9,20	9,20	9,45	8,65	8,55
8	9,00	9,05	9,60	8,55	8,60
9	9,20	9,15	9,05	9,35	8,70
10	9,35	8,70	9,05	9,15	8,60
X	9,52	9,07	9,26	9,08	8,82
LS	10,50	9,35	9,60	9,40	9,65
LI	8,80	8,70	8,95	8,55	8,55
R	1,70	0,65	0,65	0,85	1,10
LC	11,13	9,69	9,87	9,88	9,86
Item	6B	7B	8B	9B	10B
1	9,00	9,00	8,60	8,60	9,45
2	8,25	8,65	8,55	8,55	9,25
3	9,45	8,55	8,60	8,60	9,20
4	9,45	9,35	8,70	8,70	9,20
5	9,35	9,15	8,60	8,60	9,00
6	9,45	9,65	9,00	9,00	9,00
7	9,25	9,15	8,25	8,25	8,65
8	9,20	9,10	9,45	9,45	8,55
9	9,20	8,70	9,45	9,45	9,35
10	9,00	8,55	9,35	9,35	9,15
X	9,16	8,99	8,86	8,86	9,08
LS	9,45	9,65	9,45	9,45	9,45
LI	8,25	8,55	8,25	8,25	8,55
R	1,20	1,10	1,20	1,20	0,90
LC	10,30	10,03	9,99	9,99	9,93
				X-prom	9,15
				Ls-Prom	9,70
				Li-Prom	8,71
				LC-Prom2	10,09

4.6.1. **Análisis de límites de control**.

Mediante los datos tomados se determina los límites del troquel.

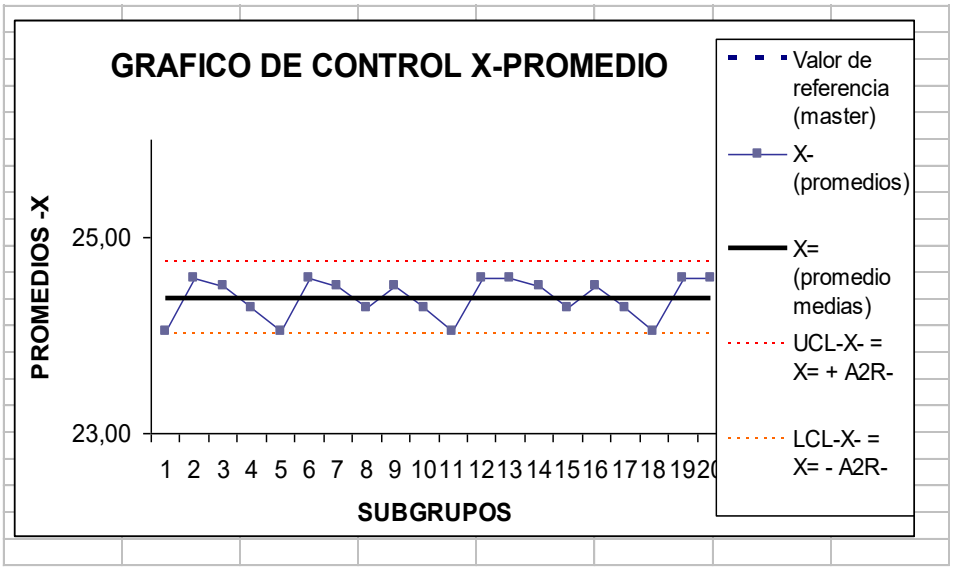


FIGURA 4.7. LIMITES DE CONTROL DE 1ERA MEDICIÓN

Por medio del gráfico se puede observar que algunos de los datos obtenidos se encuentran en el límite inferior de la carta del control, lo que determina que la probabilidad de que un producto salga defectuosa es bastante grande, por lo cual se debe revisar el método que se está empleando actualmente o la vez se debería aumentar el umbral de los límites de tal manera de que no se corra el riesgo de que el producto quede fuera de especificaciones.

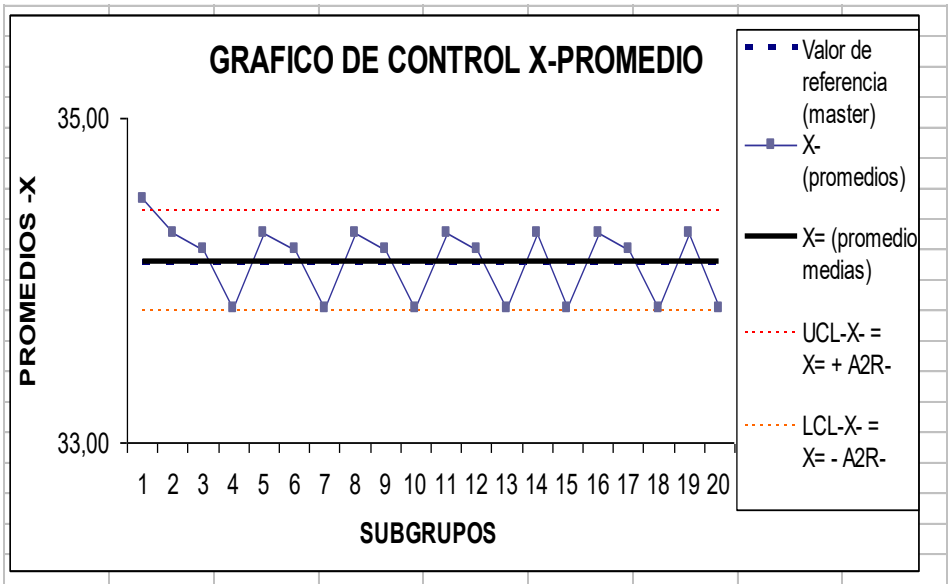


FIGURA 4.8: LIMITES DE CONTROL DE 2DA MEDICIÓN

El gráfico muestra que algunos de los datos están a punto de salir de las especificaciones en vista de que se encuentran sobre el límite inferior, además se observa hay un dato que está fuera del proceso del límite superior, por esta razón se debe controlar el proceso tratando de reducir la variabilidad para que el proceso quede controlado y dentro de las especificaciones. Luego de alcanzar estabilizar el proceso se debe implementar cualquier tipo de sistema de medición o de control que mejore la tolerancia o el proceso de troquelado.

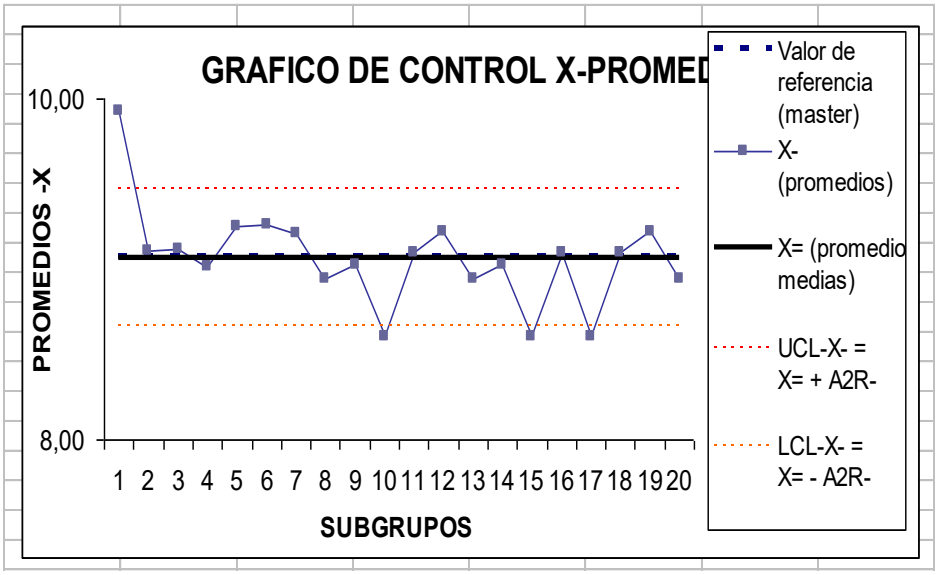


FIGURA 4.9: LIMITES DE CONTROL DE 3ERA MEDICIÓN

En este gráfica se observa que existe una gran variabilidad en las medidas y muchas de ellas se encuentran fuera de los límites de control superior e inferior, por lo que se debe estabilizar el proceso para poder ejecutar la metrología del aseguramiento metrológico.

4.7. PRUEBAS DE APTITUD

En esta parte del estudio se determina la persona con mayor grado de precisión y exactitud, para lo cual se realiza con todo el personal técnico de este proceso; las pruebas ya descritas en el capítulo anterior.

Durante las pruebas se obtuvo los siguientes resultados:

TABLA 4.7: RESULTADO DE LA PRUEBA APTITUD 1

Mejor Capacidad de Medición esperada, incertidumbre objetivo (VIM3 2.34):		Resolución	Incertidumbre Resolución		
		1,00	±0,58		
Resultado de ensayo de aptitud realizado el:					
Metrólogo	Resolución esperada	Resolución experimental	Incertidumbre Resolución	Observaciones	Evaluación resultado
AUX. TROQUEL	0,50	3,80	**±2,19**		deficiente
PRENSADOR	0,50	4,60	**±2,66**		deficiente
TROQUELADOR	0,50	1,00	**±0,58**		deficiente

La prueba de aptitud se realiza con tres operadores del proceso de troquelado, en donde se observa según los resultados obtenidos en la primera prueba que todos los operadores deben ser capacitados, en vista de que el valor de referencia es 0,50 según el VIM y el único operador que más se acerca al valor estándar es el troquelador con 0,58mm de desviación. Para soportar este estudio y con la finalidad de corroborar los datos obtenidos se realiza una segunda prueba de aptitud.

TABLA 4.8: RESULTADO DE LA PRUEBA APTITUD 2

Mejor Capacidad de Medición esperada, incertidumbre objetivo (VIM3 2.34):	Desviación Máxima	Resolución	Incertidumbre Resolución
	10%	0,10	0,06
esultado de ensayo de aptitud realizado el:			

Metrólogo	Rango Máximo	Resolución Experimental	Incertidumbre Resolución	Observaciones
AUX. TROQUEL	90%	0,90	±0,52	CAPACITACIÓN
PRENSADOR	54%	0,54	**±0,31**	CAPACITACIÓN
TROQUELADOR	78%	0,78	**±0,45**	CAPACITACIÓN

En el análisis de la tabla 4.8 de las pruebas de aptitud, se observa que los tres operadores tienen que ser capacitados. Las aportaciones de error a las medidas va en el margen del 54 %, analizando estos resultados de las dos pruebas, se podría decir que el operador con menos errores que arroja durante el proceso de las pruebas tomadas es el troquelador, para comprobar la variabilidad que aportan los operadores, en el sistema de medición se realiza la prueba de repetibilidad o precisión, la misma que consiste en tomar al troquelador como el estándar o el operador con menos de aportaciones de errores y compararlo con los otros dos, utilizando los instrumentos, métodos, y medio ambiente en que se desarrolla el proceso de troquelado.

.

4.7.1. REPETITIVIDAD

Esta prueba se utiliza para verificar la capacidad de medida del sistema de medición, que consiste en determinar la variabilidad que aportan los operarios, el método, los instrumentos y el medio ambiente en el cual se desempeñan.

Para ello se ubica al mejor de los operadores como el referente y los otros dos operadores como parte de todo el proceso de medición.

Esta prueba se la realizo a 3 operarios, los mismos a quienes se le practicaron la pruebas de aptitud. El patrón el cual se elige para las mediciones tiene una longitud de 2,3cm, y los equipos que se utilizaron para realizar las mediciones son: Calibrador Vernier, una regla plástica y un metro, los mismos que habitualmente son utilizados para los trabajos del proceso de corte y troquelado. Cabe indicar que la primera operación de medición se la realizó con la ayuda de un experto, quien demostró el procedimiento de medición para esta prueba:

TABLA 4.9: RESULTADO DE LA PRUEBA DE REPETIBILIDAD

Muestra	EXPERTO Calibrador 0,02	TROQUELADOR Calibrador	PRENSADOR Calibrador	AUX. TROQUEL Calibrador	Análisis Estadístico			
# *n*	mm	2,300	2,300	2,300	***yy ± Sy***	***yy ± Sr***	***yy ± SL (UR)***	***yy ± SR***
1	**2,30**	**2,30**	**2,31**	**2,31**	2,3	2,3	2,3	2,3
2	**2,30**	**2,30**	**2,34**	**2,31**				
3	**2,30**	**2,30**	**2,31**	**2,30**				
4	**2,31**	**2,30**	**2,31**	**2,31**				
5	**2,31**	**2,30**	**2,31**	**2,30**				
6	**2,31**	**2,30**	**2,31**	**2,31**				
7	**2,30**	**2,30**	**2,31**	**2,31**				
8	**2,31**	**2,30**	**2,31**	**2,31**	$\bar{\bar{y}} = \frac{1}{n \cdot p} \cdot \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{n} y_{ij}$			
9	**2,31**	**2,24**	**2,31**	**2,30**				
10	**2,31**	**2,30**	**2,31**	**2,31**				
y- Promedio de cada condición.	2,306	2,294	2,313	2,307	***(yy) y=*** Media de todas las lecturas			
Si = *Desvi* ación estándar experimental, (***Sw***) Variabilidad interna a cada condición	0,0052	0,01897	0,00949	0,0048	1,0309	0,0100	1,0308	1,0309
h x S#	0,0103	0,03795	0,01897	0,0097	2,0617	0,0200	2,0617	2,0618

Este valor es el que aporta la medición que realiza el operador

Este valor es el que aporta la medición del instrumento

Este valor es el que aporta el método utilizado en el proceso de medición

Del análisis de los resultados se determina que la capacidad de medición instalada en el proceso de medición es igual al valor de la suma de la desviación que se obtiene por la suma de la variación de los operadores, equipos, método y medio ambiente, cuyo valor se determina en este estudio y corresponde a 2,0618 es decir que en la empresa se está midiendo con esa desviación.

Probablemente se deba a que en la toma de datos se consideró un troquel que ya había cumplido su ciclo de vida útil, pero la empresa aún no lo determinaba.

De acuerdo a los datos obtenidos de la prueba, el siguiente gráfico nos detalla con mayor objetividad los resultados:

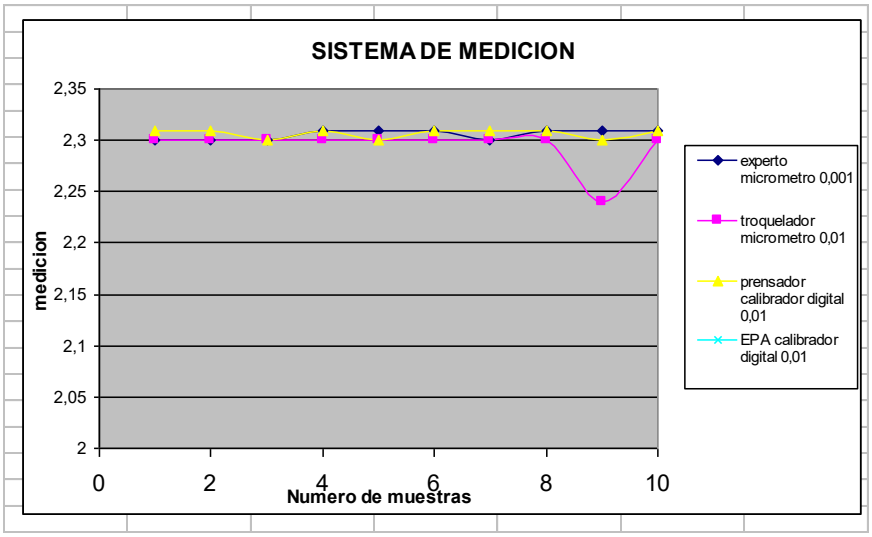


FIGURA 4.10: REPETIBILIDAD DESDE MINITAB

4.8. EVALUACION DE PROVEEDORES

Para evaluar los proveedores se utiliza la siguiente tabla:

TABLA 4.10: EVALUAR PROVEEDORES DE ACUERDO LA TRAZABILIDAD

Unidades	Producto a evaluar	cadena de calibracion	Proveedor	Metodo de calibracion	fecha de calibracion
mm	CALIBRADOR	ESPOL	ESPOL	DIRECTO	10/12/2009
ºC	TERMOMETROS	ESPOL	ESPOL	DIRECTO	10/12/2009
cm	REGLA PLASTICA	ESPOL	ESPOL	DIRECTO	15/12/2009
cm	FLEXOMETRO	ESPOL	ESPOL	DIRECTO	15/12/2009

Se estableció que el laboratorio mejor calificado para realizar las recalibraciones de los equipos existentes, es la ESPOL en las variables de longitud y el laboratorio de metrología de las Fuerzas Armadas para temperatura (Tº); por su reconocida experiencia y por los certificados con trazabilidad nacional.

4.9. Intervalo de Calibración y Mantenimiento

Con las mediciones que se tomaron en el troquel (volante), se obtuvo la siguiente incertidumbre:

$$\mu^2 = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{0.33}{\sqrt{100}} = 0.03$$

La incertidumbre del proceso es 0.03, luego de haber encontrado el valor se procederá a encontrar el valor de la tolerancia.

$$t = \frac{1\ (0.03)}{3} = 0.3$$

La tolerancia del proceso es: **± 0.3**

Para encontrar el intervalo de calibración se procedió a tomar medidas de un troquel que fue utilizado en tres producciones con la misma cantidad y se encontró que en la primera producción de 10.000 ejemplares no varió, en la segunda producción se encontró una desviación mínimo pero la producción fue aceptada por el cliente. Pero en la tercera producción como se observa en el gráfico ya la vida útil del troquel se encontraba expirada, por lo que los productos salieron defectuosos y el trabajo fue rechazado por el cliente.

TABLA 4.11: RESULTADO DE PERDIDAS POR FALLAS

No	1era Producción	2da Producción	3era Producción
1	24,00	24,55	24,60
2	34,00	34,45	34,50
3	8,60	8,90	10,00

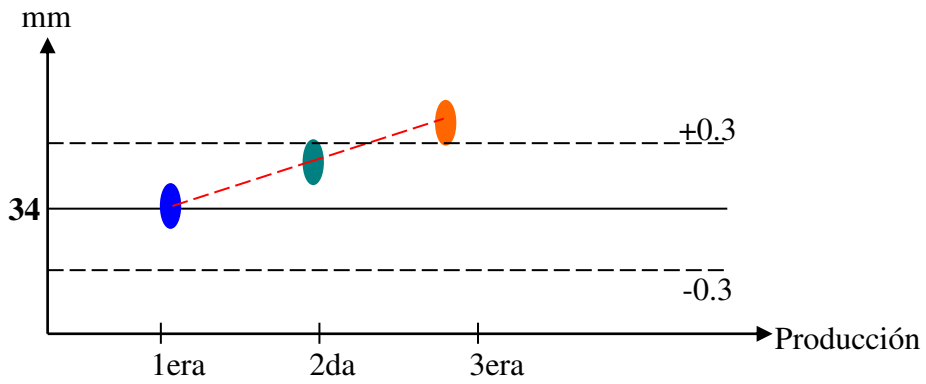


FIGURA 4.11: RESULTADO DE LA DERIVA

A través del gráfico se observa que las mediciones que se tomó del troquel durante las tres producciones realizadas, se encontró una variación por lo cual se procederá a calcular la deriva, para así poder determinar cada cuando tiempo se deberá cambiar un troquel.

$$D = \frac{34.45 - 34}{3} = \frac{0.45}{3} = 0.15$$

$$\text{Lapso} = \frac{0.3}{0.15} = 2$$

Con este valor encontrado de la deriva se observa que el troquel se podrá utilizar hasta en la segunda producción, pero si se llegara a utilizar en una tercera producción, esta va a tener la gran probabilidad de que la producción sea rechazada por el cliente. Con todos los datos antes expuestos, se recomienda que todo troquel sea reemplazado luego de ser utilizado para la elaboración del

segundo lote de producción, así de esta manera se puede evitar las pérdidas de la producción pudiendo ser detectadas a tiempo.

4.10. TRAZABILIDAD DEL PROCESO

A través de la siguiente tabla se podrá evaluar la trazabilidad del proceso

TABLA 4.12: RESULTADO DE TRAZABILIDAD DEL PROCESO

Proceso / Subproceso	Variables			DATOS ACTUALES DEL PROCESO					
								Evaluacion de trazabilidad	
	L	A	P	UNIDAD	RESOLUCION	TOLERANCIA	TOLER/RESL	INCERT. EQUIPO	INCERT. PATRON
TROQUEL	X	X		mm	0,02	0,3	15		

4.11. Auditoria de Procesos

En la tabla 4.13, se encuentra detallado el diagrama de Gantt, en el cual se detallan todas las actividades que se realizaran durante la implantación del Sistema de Aseguramiento Metrológico en la industria, además del tiempo que se tiene previsto realizar la implantación del mismo.

TABLA 4.13: DIAGRAMA DE GANTT DE LA AUDITORIA

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO METROLOGICO	MES											
	ENERO				FEBRERO				MARZO			
	1era	2da	3era	4ta	1era	2da	3era	4ta	1era	2da	3era	4ta
Aprobación de la Gerencia con el proyecto												
Inducción del nuevo procedimiento												
Pruebas aptitud a los empleados												
Selección y etiquetación de equipos												
Capacitación de la 1era Etapa de Proyecto "Metodología"												
Practica y evaluación de la 1era etapa												
Selección del responsable para Implantación del Proyecto												
Capacitación de la 2da Etapa del Proyecto "Calibración"												
Designación de equipos para calibración (interna/externa)												
Selección de proveedores												
Practica y evaluación de la 2era etapa												
Recolilación de resultados												
Entrega de reporte de novedad de la implantación del Sistema												

4.12. Acciones correctivas y preventivas

El mejor método para poder establecer estas acciones es a través de la revisión de los problemas ya establecidos, para mejorarlos se debe establecer una norma dentro de la empresa la cual permita llevar registros de los problemas existentes dentro de la producción. Este registro deber ser auditado y elaborado por medio de un informe de conformidad por parte de la persona que tuvo el problema, como también todos los reclamos establecidos por los clientes. Se debe realizar un seguimiento interno para la verificación del cumplimiento de estas normas y a su vez hacer una auditoría interna que permita realizar acciones y poder establecer las mejoras a seguir. (Ver Anexo No.4)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se puede concluir que luego del análisis que se realizaron a las pruebas de aptitud a los trabajadores de la industria, es necesario emprender un plan de capacitación el mismo que ayude a mejorar el sistema de medida actual.
- La falta de motivación es otra de las posibles causas que afectan a la productividad del operario, observando en el accionar de los operadores monotonía y poco interés hacia una mejora.
- La ausencia de formatos estandarizados ayuda a que los procesos tengan variabilidad, lo que repercute en los productos que la empresa elabora, debido a la falta de exactitud y precisión en sus medidas.
- La utilización de maquinaria obsoleta durante el proceso productivo es otras de las causas que afecten a la producción.
- Con la implementación de un sistema de medición se observa que los procesos de la organización mejoran, en vista que de que logra detectar muy rápidamente las desviaciones de los procesos.
- Esta metodología está basada en los requerimientos de la normas ISO 9001:2008; 17025 y 10012, lineamientos que pueden servir cuando la empresa decida implantar un Sistema de Gestión de la Calidad.
- La mayoría de problemas se basan a la falta de cultura y poca importancia que los usuarios dan a los sistemas de medición y ha creado un paradigma en los empresarios sobre la aplicación de los mismos.

- Deben mejorar su infraestructura tanto en ambiente laboral como en maquinaria para que el trabajador se sienta a gusto y poder trabajar con mayor facilidad.
- Establecer un proceso de mejora mediante: folletos, procedimientos y formatos para implementación del sistema metrológico
- Deberá contratar ayuda externa para la capacitación del personal y revisión del proceso a efectuar.
- Además de mejorar el proceso se debe motivar al trabajador mediante una remuneración económica o a través de una capacitación o un mejor trato personal.
- Implantar un sistema de gestión de la calidad para mejorar sus procesos productivos.

6. BLIOGRAFÍA

6.1. R.L. Timing: “Tecnología de la fabricación”

6.2. Vicente Carot Alonso; “Control estadístico de la Calidad”

6.3. CULTURA, S.A MADRID – ESPAÑA: Manual de mecánica industrial tomo 1 soldadura y materiales

6.4. **“**GESTIÓN DE LA CALIDAD, LA SEGURIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE” (4º ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL); ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES**.**

6.5. Víctor Aranda MetAs & Metrólogos Asociados El proceso de confirmación metrológica de instrumentos de medición en laboratorios e industria México 2006

6.6. [1] Ley federal sobre metrología y Normalización: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.

6.7. Como salir de la crisis, Wil7.6liam E. Deming

6.8. ISO9004:2000 recomendaciones para la mejora del desempeño

6.9. Más allá de la reingeniería, Hammer Michael 1997 Editorial Norma Colombia

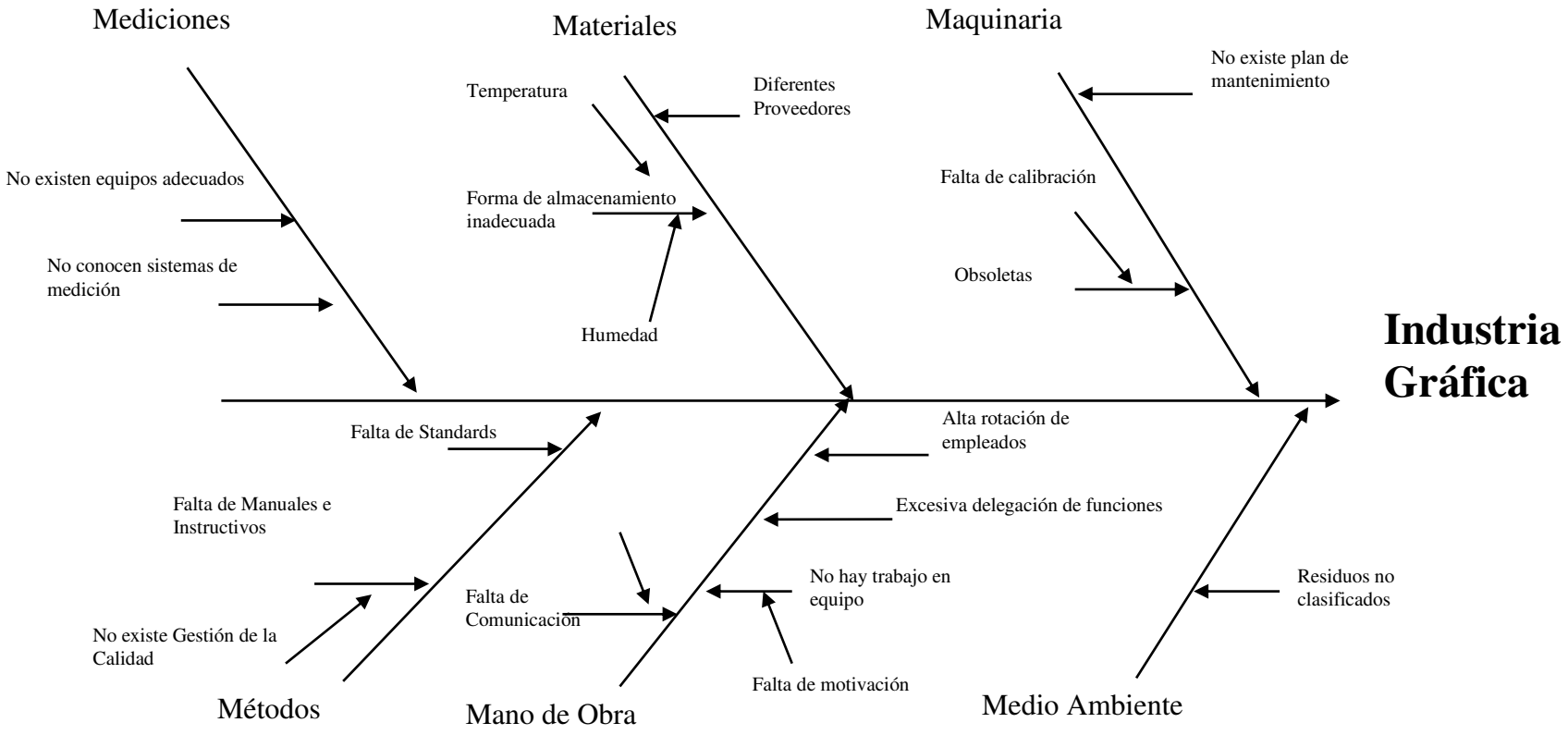
6.10. ISO-9004-2000_Mejora _ continua

6.11. Administración: James A.F. Stoner, R. Edward Freeman, Daniel R. Gilbert Jr. sexta edición páginas 234 a la 241

6.12. Folleto “Introducción a los Procesos Industriales”: Ing. Drouet. (ESPOL)

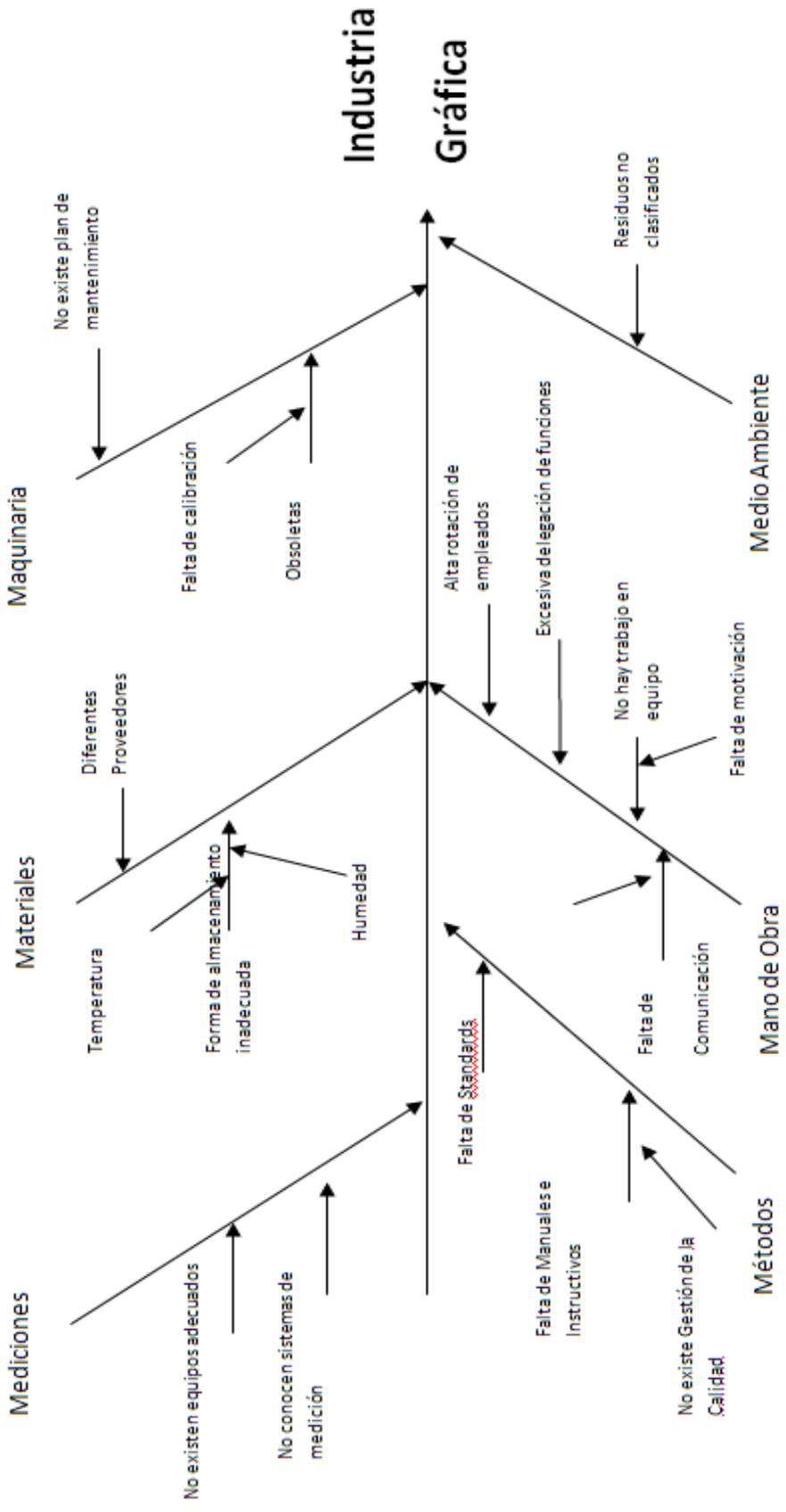
6.13. http://www.javeriana.edu.co/puj/viceadm/oym/ppd/documentos.php

6.14. Folleto del curso del Aseguramiento Metrológico


Mediciones
Materiales
Maquinaria
No existe plan de mantenimiento
Temperatura
Diferentes Proveedores
No existen equipos adecuados
Falta de calibración
Forma de almacenamiento inadecuada
No conocen sistemas de medición
Obsoletas
Humedad
Industria Gráfica
Falta de Standards
Alta rotación de empleados
Falta de Manuales e Instructivos
Excesiva delegación de funciones
No hay trabajo en equipo
Falta de Comunicación
Residuos no clasificados
No existe Gestión de la Calidad
Falta de motivación
Métodos
Mano de Obra
Medio Ambiente

ANEXOS

ANEXO 1


Industria Gráfica
Maquinaria
No existe plan de mantenimiento
Falta de calibración
Obsoletas
Materiales
Diferentes Proveedores
Temperatura
Forma de almacenamiento inadecuada
Humedad
Mediciones
No existen equipos adecuados
No conocen sistemas de medición
Métodos
Falta de Standards
Falta de Manuales e Instructivos
No existe Gestión de la Calidad
Mano de Obra
Alta rotación de empleados
Excesiva delegación de funciones
No hay trabajo en equipo
Falta de motivación
Falta de Comunicación
Medio Ambiente
Residuos no clasificados

ANEXO 2

SOLICITUD DE EMPLEO
N° 0000001

DATOS PERSONALES

Cédula N°:		e-mail:			Tipo de Licencia:		
Nombres:			Apellidos:				
Fecha de Nacimiento		Lugar de Nacimiento					
Estado Civil:		Edad:		Discapacidad:			
Dirección Domicilio:				Sector:			
Provincia:		Cantón			Ciudad:		
Teléfonos Fijos:		Celular:			Ingreso Mensual		

FORMACION ACADÉMICA

Instrucción:	Nombre Institución:	Ciudad de Institución	Año:
Especialidad:		Título Obtenido:	

EXPERIENCIA LABORAL
(Orden cronológico desde el más reciente hasta el más antiguo)

Nombre de la empresa	Actividad de la empresa	Teléfonos	Desde – Hasta mes/año – mes/año	Trabajo Desempeñado

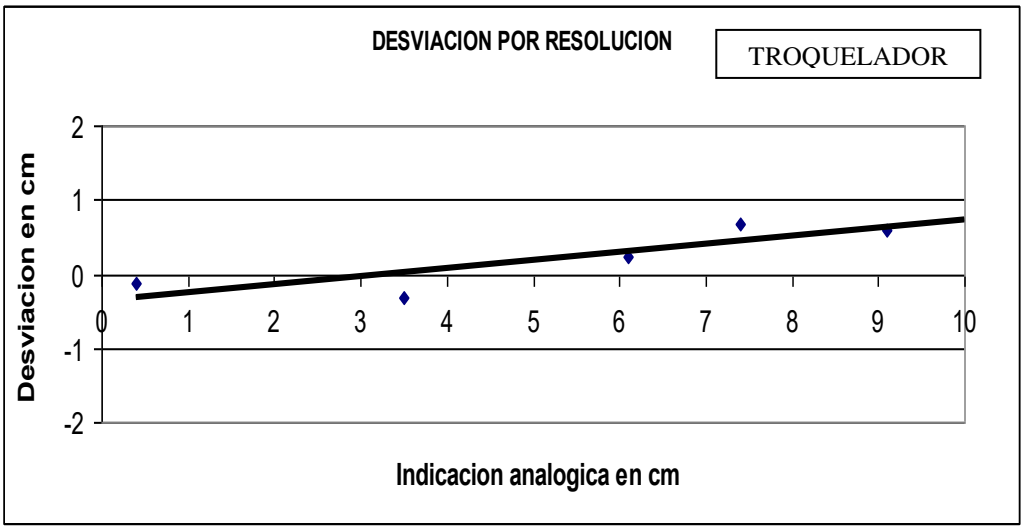
CURSOS REALIZADOS

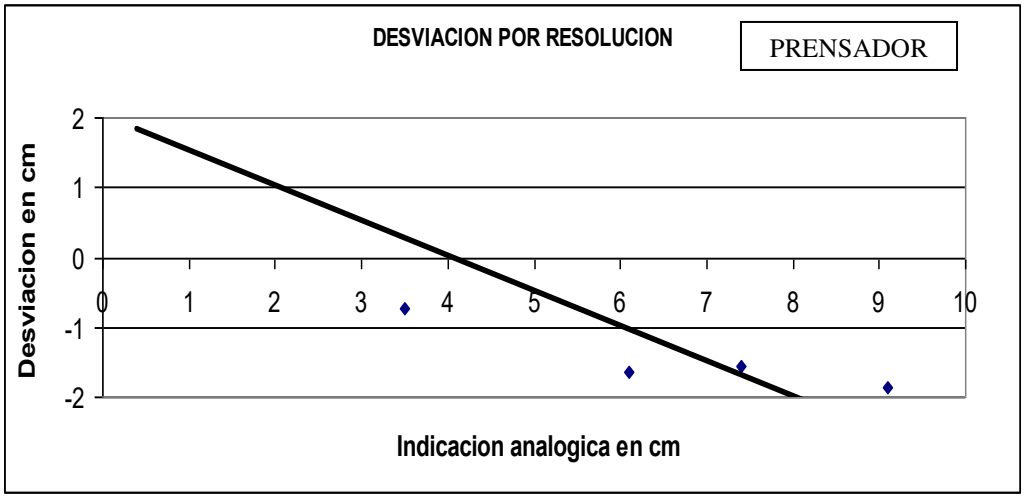
Nombre del Curso:	Institución:	Horas:	País:	Año:
INFORMATICA:				
IDIOMAS:				

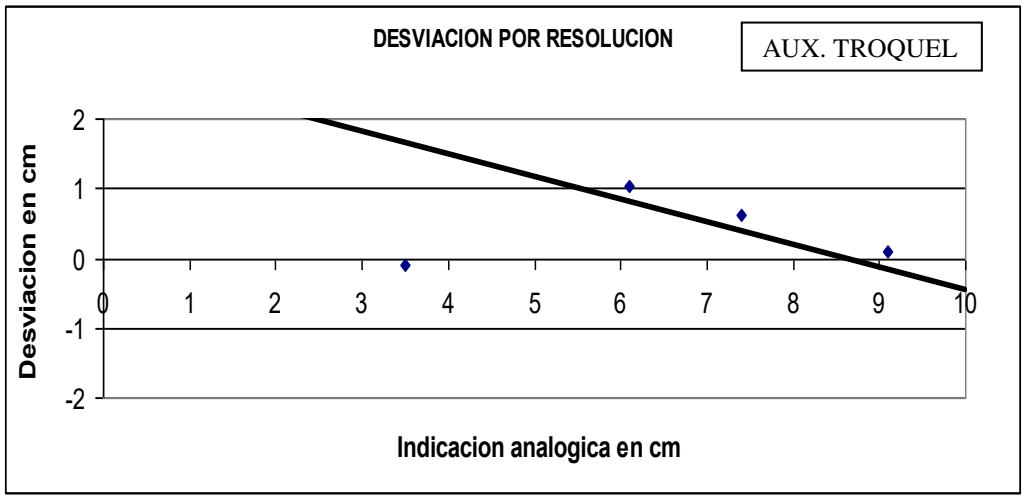
Firma: **Fecha de Registro:**

ANEXO 3

PRUEBAS DE APTITUD No. 1

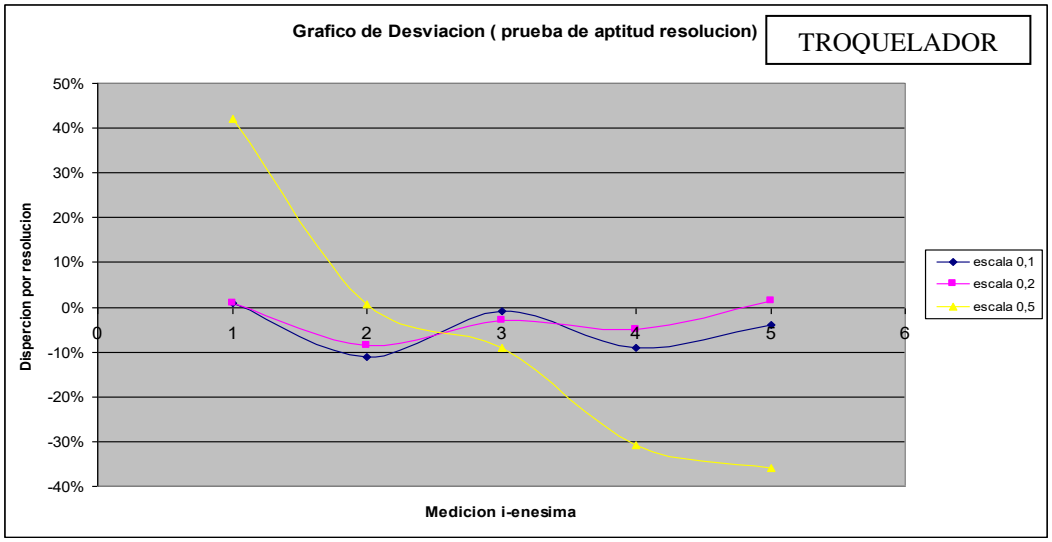


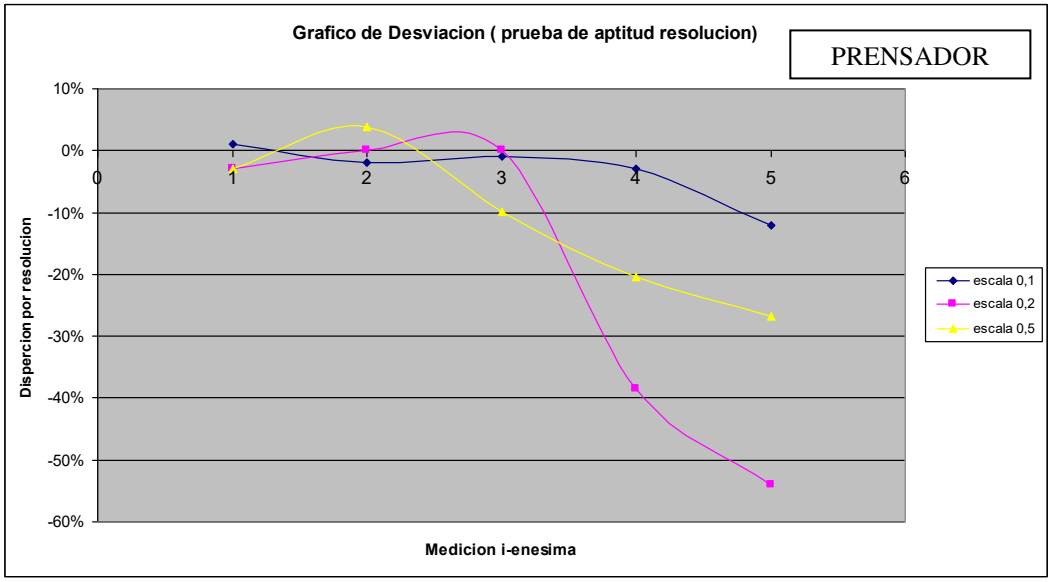


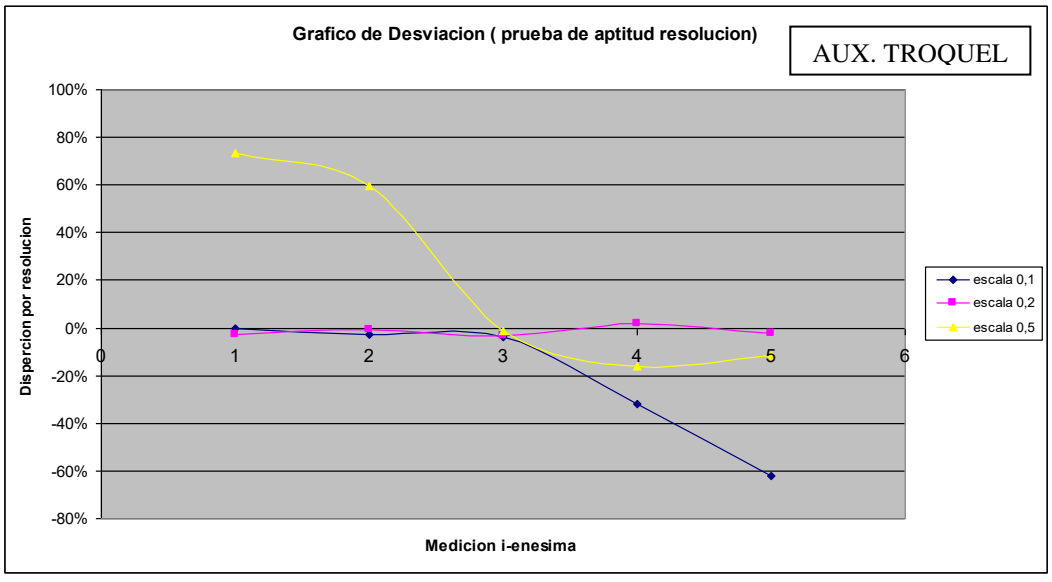


ANEXO 4

PRUEBAS DE APTITUD No. 2







ANEXO 5

<table>
<tr><td></td><td>INFORME DE ACCIÓN</td><td></td><td>CORRECTIVA</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Tema /Asunto:</td><td></td><td>PREVENTIVA</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ref:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fecha inicio:</td></tr>
<tr><td colspan="2">1.- Personas que participan en la acción y coordinador:</td><td colspan="2">2.- Descripción del problema que se quiere eliminar o evitar:</td></tr>
<tr><td colspan="4">3.- Acciones precedentes o primeras acciones adoptadas:</td></tr>
<tr><td colspan="4">4.- Causa o causas que generan el problema o que lo pueden generar:</td></tr>
<tr><td colspan="4">5.- Soluciones que atacan la causa del problema, posibles acciones:</td></tr>
<tr><td colspan="4">6.- Acciones correctivas / preventivas finalmente realizadas, incluyendo fechas:</td></tr>
<tr><td colspan="4">7.- Acciones que se efectuarán para verificar la eficacia de las soluciones implantadas, fechas y responsables:</td></tr>
<tr><td colspan="4">8.- Resultados obtenidos, conclusión del expediente:</td></tr>
<tr><td colspan="2">NO DEBE CONCLUIRSE UNA ACCIÓN HASTA QUE NO SE HAYA VERIFICADO LA EFICACIA DE LAS SOLUCIONES IMPLANTADAS O BIEN SE HAYAN ARGUMENTADO LAS CAUSAS DE SU CIERRE</td><td colspan="2">Firma Responsable de la acción:

Fecha cierre:</td></tr>
</table>