

# Diseño e Implementación de un Sistema de Aseguramiento Metrológico en una Industria Gráfica

Autores:

Célica Almeida Rivas  
Elizabeth Holguín Sornoza

Coautor:

Víctor Guadalupe Echeverría

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Km.30.5 vía Perimetral, Edificio 17, Guayaquil – Ecuador  
eholguin@espol.edu.ec; kutthyy@hotmail.com; vguadalu@espol.edu.ec

## 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 datos precisos y exactos, que ayude a tomar decisiones para realizar una correcta planificación de producción, de mantenimiento y mejoramiento continuo de 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.*

*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 implementar sistemas de aseguramiento metrológico que ayude a mejorar procesos productivos.*

**Palabras Claves:** Aseguramiento Metrológico, estándares, mejoramiento continuo.

## Abstract

*In most small industries shows that there is an inefficient management and use of resources due to lack of knowledges and application of modern technologies that help to improve their production systems, in addition to not having precise and accurate data that helps to make decisions for a proper production planning, maintenance and continuous improvement of quality, making them more vulnerable and less competitive with international industries or other types of vision, all this coupled with the lack of flexibility in their systems and the status quo of administrators, in response to this problem was designed and implemented in the printing industry, a metrology system based on a compendium of some standards such as ISO 9001; about Quality Management systems, ISO 17025; about accreditation of laboratories and ISO 10012 part 1 and 2 forming process based on metrological, system that helps the company to know their strengths and weaknesses in their production system.*

*For comparative analysis was used as the national standards INEN, ESPOL, and international as CENAM, GOALS & Mexico, VIM, etcetera, entities that provide guidelines for implementing the metrological assurance systems to help improve production processes.*

**Keywords:** Metrological assurance, standards, continuous improvement.

## 1. Introducción

En los sistemas de producción de una industria gráfica se utilizan muchos conceptos 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.

## 2. Marco Teórico

Cuando se desconoce las causas principales de defectos, se utiliza diagramas causa-efecto, los mismos que sirven para conocer las causas que están afectando a los procesos para potenciarlos y de esta manera mejorarlos o eliminarlos. Por esta razón la mejora continua 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.

Habitualmente, los factores suelen estar predefinidos como las “4 emes” o “5 emes” (ver figura 1), dependiendo del contexto:

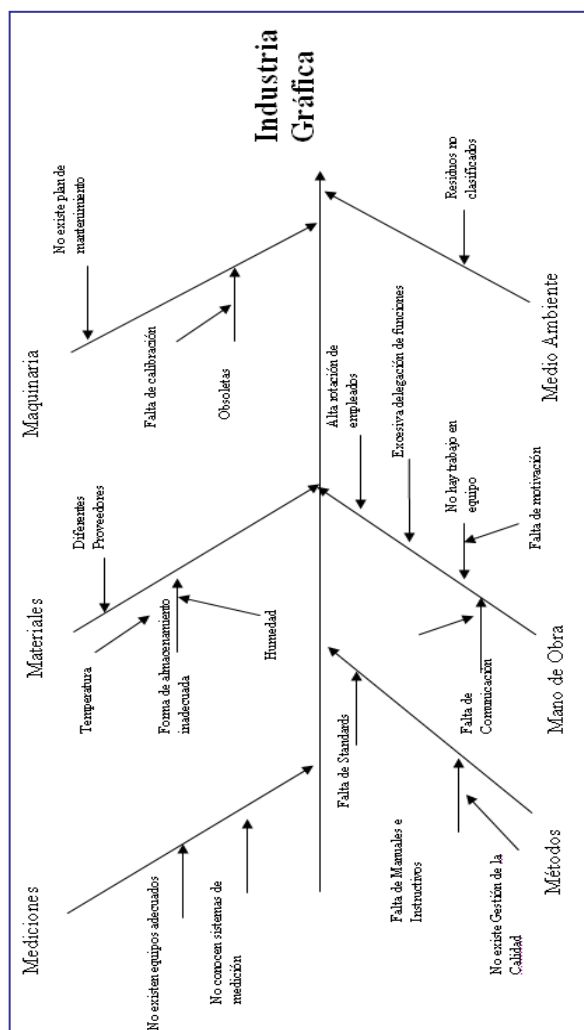


Figura 1: Esquema de 5 M – Causa Efecto Industria Gráfica

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.

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.

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.

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 procesamiento de canales y productos cárnicos para la venta al público

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.

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).

$$TAR = \frac{\text{Exactitud del Equipo}}{\text{Exactitud del Patrón}} = 3$$

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), conociendo que el TUR es un concepto más adecuado para la evaluación del riesgo de trazabilidad en laboratorios de metrología, lo cual implica una relación mínima de diez a uno (10:1), lo que correspondería un factor de riesgo del 10 %.

$$TUR = \frac{\text{Incertidumbre del Equipo} \times 2}{\text{Incertidumbre del Patrón} \times 2} = 10$$

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.

### 3. Diseño de la situación Actual

Realizando la clasificación de las diferentes falencias, es evidente que la industria gráfica en estudio presenta limitaciones en su organización, como 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

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.

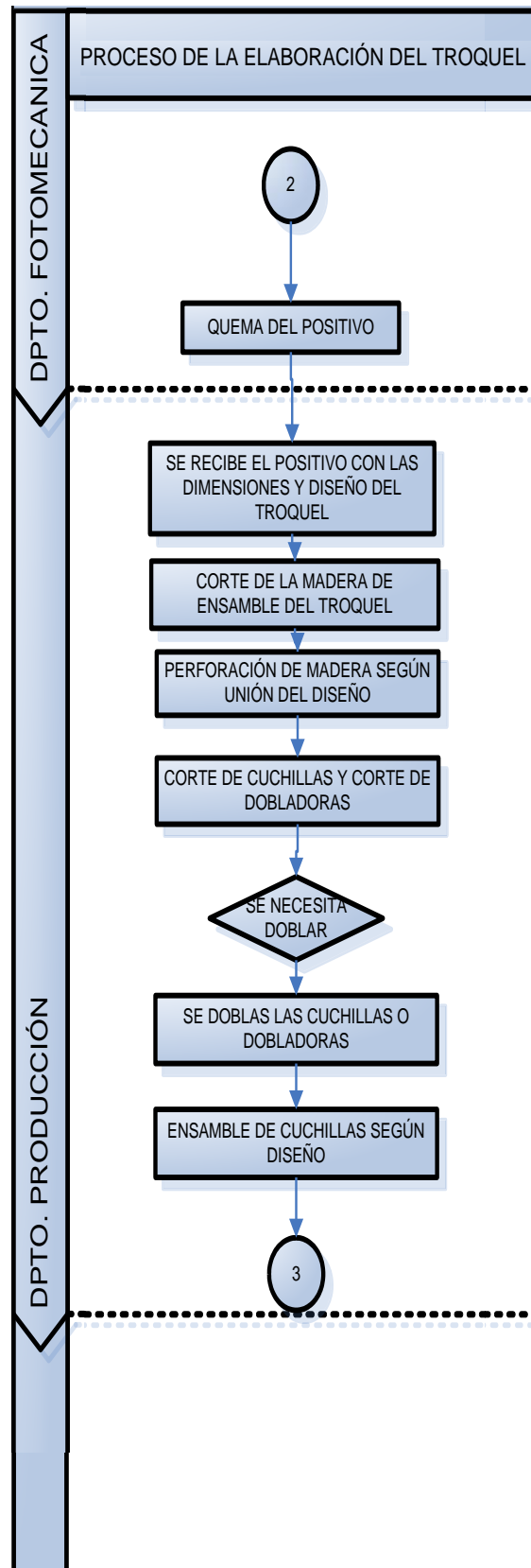


Figura 2: Diagrama de flujo del proceso del troquel

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 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 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 ubicarán todas las variables que se van a medir en el proceso y la frecuencia de cada variable en las diferentes etapas, esta matriz va a ayudar a determinar qué variable se mide con mayor frecuencia, de tal manera que la empresa pueda realizar un análisis costo-beneficio que 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 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 3), 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 meticuroso. Para determinar esas variables críticas se utiliza la herramienta de calidad AMFE o también conocido como análisis de falla modal.

**Tabla 3:** Matriz de 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 ha 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, que 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

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

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.

Para identificar las variables se utiliza la matriz indicada en la tabla 4 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: Identificación de Variables por sus objetivos.

ETAPA /PROCESO	VARIABLE DE MEDIDA	Unid.	OBJETIVOS
DISEÑO DE TROQUEL	LONG.	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 de acuerdo a la plantilla.
	LONG.	cm.	Realizar los cortes según las dimensiones dadas en la orden
	LONG.	cm.	Verificar las dimensiones de cada diseño según las medidas indicadas en la orden
TROQUEL FINAL	LONG.	cm.	Verificar el tamaño de cada una de las cuchillas a utilizar para la formación 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, las variables que más se utilizan son dimensionales, esto es ancho y longitud (ver Figura 3).

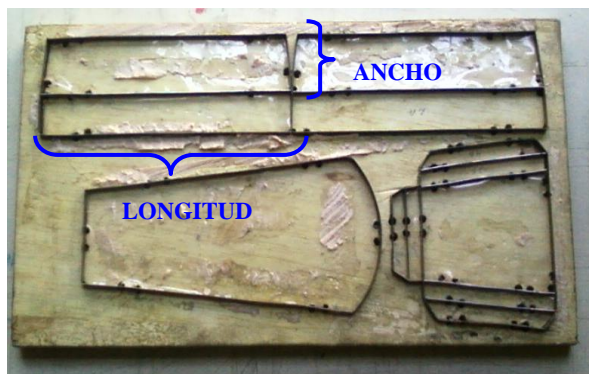


Figura 3: Troquel de muestra.

Para identificar las variables se utilizó la herramienta de calidad AMFE (análisis de falla modal), la que se observa en la en la tabla 5, 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 5: Método 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

En el estudio se puede determinar que 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 6: 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	24,37
				Ls-Pror	24,94
				Li-Prom	0,88
				LC-Pror	25,20

Mediante los datos tomados se determina los límites del troquel.

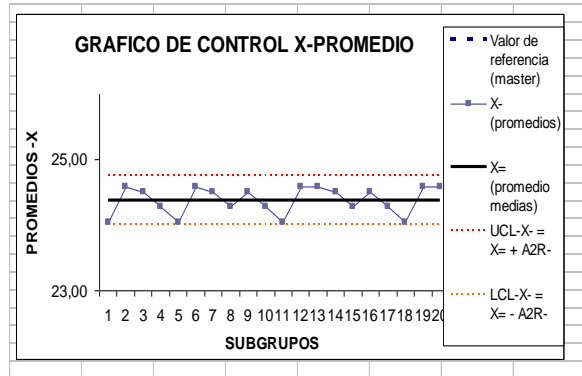


Figura 4: Límites de control del respaldo de la muestra.

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.

La prueba de repetitividad 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 realizó a 3 operarios, a quienes se les aplicaron la prueba de aptitud. El patrón que 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 7:** Resultado de la prueba de Repetitividad.

Muestra	EXPERTO Calibrador 0.02	TROQUELADOR Calibrador	PRENSADOR Calibrador	AUX. TROQUEL Calibrador	Análisis Estadístico			
					# n	yy ± Sy	yy ± Sr	yy ± SL (UR)
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	$y = \frac{1}{n \cdot p} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n y_{ij}$			
9	2,31	2,24	2,31	2,30				
10	2,31	2,30	2,31	2,31	(yy) y= Media de todas las lecturas			
	2,306	2,294	2,313	2,307				
Si = Desviación estándar experimental,	0,0052	0,01897	0,00949	0,0048	1,0309	0,0100	1,0308	1,0309
					2,0617	0,0200	2,0617	2,0618
	0,0103	0,03795	0,01897	0,0097				

	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.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- Se puede concluir que luego del análisis obtenido de 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 su accionar monotonía y poco interés.
- 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 otra de las causas que afectan a la producción.
- Con la implementación del sistema de medición es evidente el cambio en el proceso, logrando un mejoramiento en la detección oportuna de las desviaciones.
- 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 poca preparación e importancia que los operadores dan a los sistemas de medición, ha creado en los empresarios un paradigma sobre la aplicación de los mismos.

### 5.2. Recomendaciones

- 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. Referencias Bibliográficas

- [1] R.L. Timing: “Tecnología de la fabricación”
- [2] Vicente Carot Alonso; “Control estadístico de la Calidad”
- [3] CULTURA, S.A MADRID – ESPAÑA: Manual de mecánica industrial tomo 1 soldadura y materiales
- [4] Folleto “Introducción a los Procesos Industriales”: Ing. Drouet. (ESPOL)
- [5] “GESTIÓN DE LA CALIDAD, LA SEGURIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE” (4º ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL); ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES.
- [6] Víctor Aranda MetAs & Metrologos Asociados El proceso de confirmación metrológica de instrumentos de medición en laboratorios e industria México 2006
- [7] Ley federal sobre metrología y Normalización: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- [8] Como salir de la crisis, Wil7.6liam E. Deming
- [9] ISO9004:2000 recomendaciones para la mejora del desempeño
- [10] Más allá de la reingeniería, Hammer Michael 1997 Editorial Norma Colombia
- [11] ISO-9004-2000\_Mejora \_ continua
- [12] Administración: James A.F. Stoner, R. Edward Freeman, Daniel R. Gilbert Jr. sexta edición páginas 234 a la 241
- [13] Folleto del curso del Aseguramiento Metrológico