Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.

Facultad de Ingeniería Mecánica.

Departamento de Ingeniería Mecánica.

"TRABAJO DE DIPLOMA"

Titulo: *Investigación de los elementos que actúan sobre la incertidumbre de la medición.*

Tutores: ***Dr.Ing.Juan*** *M. Toscano Alfonso*

MsC.Ing. *Erenia Cabrera Delgado*

Autor: *Yadira López León*

Localización: *ylleon@uclv.edu.cu* ***5to Año***

Curso Académico: *2008-2009*

PENSAMIENTO:

Tener gran voluntad, no solo significa saber desear y lograr algo sino también obligarse a renunciar a algo cuando así se requiere, la voluntad no es simplemente lograr el deseo y su satisfacción, sino el deseo, la espera y la renuncia.

A. J. Makarenco.

DEDICATORIA:

A mi madre que ha sido mi estrella y mi guía desde que me trajo al mundo, a ella le debo todo lo soy.

A mi padre por estar junto a mí en la etapa más difícil de la vida y por enseñarme a vivirla.

A mi hermano por ser mi compañero en los buenos y malos momentos.

A mis tres abuelos por comprenderme siempre y amarme como lo han hecho.

A José R. que ha sido mi compañero no sólo de la vida sino también de tesis.

A toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS:

A mis tutores Juan M Toscano, Erenia Cabrera Delgado y Norge Coello por ayudarme cuando más lo necesité.

A mis padres por ayudarme y guiarme durante estos cinco años.

A mi abuelita Esther por estar presente y brindarme su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos los profesores de la facultad por su enseñanza.

A mis compañeros de aula.

A todos los que han contribuido a mi formación.

¡GRACIAS!

Resumen:

El presente trabajo de diploma se realiza en la empresa Enrique Villegas de la ciudad de Santa Clara en colaboración con la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas. En el mismo se hace una investigación para establecer los elementos que intervienen en la determinación de la incertidumbre de la medición. Se realiza una búsqueda bibliográfica sobre los temas, profundizando en los errores de la medición, las características de las camisas, así como del tipo de fundición que se emplea en su fabricación. Se tomaron mediciones del diámetro exterior de la camisa (ZIL-130) con el micrómetro como instrumento de medición, para de esta manera establecer los parámetros estadísticos que a su vez determinan la incertidumbre de la medición, con una determinada confiabilidad. Además se hizo una crítica al programa que emplea el Torno CNC en la empresa con el objetivo de fabricar la pieza. Se realiza una determinación los errores de cilindricidad y circularidad que pueda presentar la camisa y además se dan recomendaciones económicas para mejorar la fabricación de las mismas.

Abstract:

The present diploma work is carried out in the company Enrique Villegas of Santa Clara's city in collaboration with the Ability of Mechanical Engineering of the Central University Marta Abreu of the Villages. In the same one an investigation is made the elements that intervene in the determination of the uncertainty of the mensuration to settle down. He/she is carried out a bibliographical search on the topics, deepening in the errors of the mensuration, the characteristics of the shirts, as well as of the foundry type that is used in their production. They took mensurations of the external diameter of the shirt (ZIL-130) with the micrometer like mensuration instrument, for this way to establish the statistical parameters that in turn determine the uncertainty of the mensuration, with certain dependability. A critic was also made to the program that uses the Lathe CNC in the company with the objective of manufacturing the piece. He/she is carried out a determination the cilindricidad errors and circularity that it can present the shirt and economic recommendations are also given to improve the production of the same ones.

Índice:

INTRODUCCIÓN	1
DESARROLLO	4
CAPÍTULO I: Aspectos teóricos sobre la incertidumbre que genera la fabricación de camisas en la empresa Enrique Villegas.	4
1.1-) Incertidumbre. Sus principales conceptos.	4
1.2-) Especificaciones acerca del proceso de centrifugado (en fundición) por el cual se fabrican las camisas.	17
1.3-) Características de las camisas.	19
1.4-) Conclusiones Parciales del capítulo.	23
CAPÍTULO II: Métodos estadísticos utilizados para el calculo de incertidumbre en la Empresa Enrique Villegas.	24
2.1-) Método para obtención de la incertidumbre en el Taller mediante cálculos estadísticos.	24
2.2-) Cálculos de incertidumbre sobre la base de datos estadísticos en el exterior de una camisa de un ZIL 131.	27
2.3-) Cálculos para determinar la **cilindricidad** de la pieza sobre la base de datos estadísticos en el exterior de una camisa de un ZIL 130.	31
2.4-) Cálculos para determinar la **circularidad** de la pieza sobre la base de datos estadísticos en el exterior de una camisa de un ZIL 130.	34
2.5-) Conclusiones Parciales del capítulo.	40
Capitulo III: Recomendaciones para disminuir los errores en la	42

producción de camisas en la empresa.	
3.1-) Especificaciones en la producción de camisas en la empresa Enrique Villegas.	42
3.2-) Valoración económica del proceso de fabricación de camisas en la empresa.	52
3.3-) Conclusiones Parciales del capítulo	55
CONCLUSIONES GENERALES	56
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	59

Introducción:

En ciencias e ingeniería, el concepto de error tiene un significado diferente del uso habitual de este término, es usual el empleo del término error como análogo o equivalente a equivocación. En ciencia e ingeniería, el error, se vera en lo que sigue, está más bien asociado al concepto de INCERTEZA, INCERTIDUMBRE, en la determinación del resultado de una medición. *[1]*

La palabra incertidumbre significa duda, y cuando se dice incertidumbre de la medición, significa duda de la exactitud del resultado de la medición, que esta dado por la duda que tiene la persona que mide acerca de la calidad del resultado que informa. Además es un parámetro que constituye un indicador comparativo de la calidad de la medición, a la vez que permite la obtención de un intervalo de confianza aproximado para el valor verdadero del mensurando.
Al tener en cuenta en su cálculo las contribuciones de las componentes de incertidumbre debidas a los errores tanto sistemáticos como aleatorios, permite un enfoque unificado para el estudio de la importancia relativa de cada una de dichas contribuciones, a diferencia de lo que ocurría antaño, al tener que realizar el “tratamiento estadístico” y la “propagación del error” por separado, sin que se pudieran integrar ambos enfoques.*[2]*

Generalmente el objetivo de la medición: es una estimación de la parte del resultado completo que caracteriza el intervalo de valores dentro del cual se encuentra el valor verdadero de la cantidad medida (o mesurando). Todo ello, una vez efectuadas todas las correcciones correspondientes a los errores sistemáticos conocidos, para representar mediante un solo número, las infinitas posibilidades en el resultado de la medición, se toma a **μ,** la que caracteriza el centro de la distribución de los valores que se obtengan, como valor desprovisto de errores aleatorios y a **S** como una medida o estimado de la magnitud de los

errores aleatorios. El hecho de que los errores accidentales tengan un comportamiento caracterizado por la curva de Distribución Normal, permite que estadísticamente se pueda establecer la incertidumbre del resultado final, dentro de ciertos límites o cierta confiabilidad.

Exactitud de las medidas: las medidas nunca son exactas, es decir, no se obtienen los valores reales, ya que la medida obtenida dependerá de la apreciación del instrumento o herramienta empleada, de su precisión (desgaste, divisiones inexactas o irregulares), de las condiciones ambientales (influencia de la temperatura) y de la habilidad del operador que la efectúa.

La menor división del instrumento empleado dará el grado de apreciación de la medición efectuada cuando se mide directamente. Por ejemplo, con una cinta graduada con divisiones de 1 milímetro se obtendrán lecturas directas milimétricas. La precisión de la medida obtenida dependerá tanto de la calidad del instrumento, de la menor división del mismo, como de la habilidad del operador.*[3]*

Idea Inicial:

- Determinación de los elementos que influyen en la incertidumbre de la medición en el Taller de Maquinado de la empresa Enrique Villegas.

Problema Científico:

- Debido a los continuos errores que se producen en las mediciones exteriores de las camisas, se hace necesario obtener los factores que influyen en las mismas y así hacer más eficiente la operación de control de la calidad en la empresa Enrique Villegas.

Hipótesis: Es posible realizar adecuadamente las mediciones mediante el empleo de procedimientos científicos, basado en parámetros estadísticos para obtener los elementos que actúan en la incertidumbre de la medición con una confiabilidad del 99.99% (Criterio de la Desviación Máxima).

Objetivo general:

- Desarrollar una investigación para establecer los elementos que intervienen en la determinación de la incertidumbre de la medición en el Taller de maquinado de la empresa Enrique Villegas, con vistas a hacer más eficiente la operación de control de la calidad.

Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio bibliográfico sobre los factores que influyen en la incertidumbre de la medición.
2. Realizar mediciones del diámetro exterior de las camisas fabricadas en el Taller de maquinado de la empresa Enrique Villegas y establecer los parámetros estadísticos que permitan determinar la incertidumbre de la medición para una determinada confiabilidad.

Vialidad:

- El tema propuesto se desarrolla con todos los recursos necesarios, así como el apoyo de los tutores, la experiencia de los especialistas calificados en el desarrollo del tema, acceso a Internet, materiales de trabajo y con el tiempo necesario para cumplir todos los objetivos propuestos.

Justificación:

- Debido a la importancia de la operación de control de la calidad y su continuo perfeccionamiento, por el crecimiento sostenido de la comercialización, se hace necesario el desarrollo de nuevas técnicas para un mejor desempeño de la industria mecánica, como principal eslabón para el logro de los objetivos trazados.

Desarrollo:

CAPÍTULO I: Aspectos teóricos sobre la incertidumbre que genera la fabricación de camisas en la empresa Enrique Villegas.

1.1-) Incertidumbre. Sus principales conceptos.

La Metrología tiene dos características muy importantes el resultado de la medición y la incertidumbre de medida.

Los físicos y la industria utilizan una gran variedad de instrumentos para llevar a cabo sus mediciones. Desde objetos sencillos como reglas y cronómetros, hasta potentes microscopios, medidores de láser e incluso aceleradores de partículas.

El profesional de Ingeniería posee una cultura tecnológica que asume mayor importancia por sus funciones como encargado de la aplicación práctica de los conocimientos a la sociedad, al definir diseños que brinden soluciones óptimas o mediante la utilización racional de recursos, por lo que se hace indispensable una formación integral que contribuya a una correcta evaluación e interpretación de las decisiones que este especialista debe tener en su actividad profesional para alcanzar la llamada “alta tecnología”.

La importancia cada vez mayor de las mediciones en los procesos productivos y de intercambio comercial, así como la globalización de la economía y el mercado, con sus exigencias para el reconocimiento mutuo entre clientes y proveedores de mercancías y servicios, ha propiciado que a escala nacional e internacional se realicen esfuerzos cada vez mayores en cuanto a la normalización se refiere. Hoy se encara la necesidad imperiosa de implementar políticas de ciencia, tecnología e innovación en un escenario crecientemente globalizado. Enfrentar este desafío constituye un requerimiento básico para lograr modelos viables de desarrollo. En un ambiente caracterizado por la incertidumbre y la escasez de recursos, no es concebible la administración

eficaz de las actividades de ciencia y tecnología sin un mecanismo de evaluación, sin una herramienta que mida los resultados con los esfuerzos en estas áreas y ayude a definir estrategias correctivas.

El metrólogo que se enfrenta cotidianamente con la necesidad de medir, debe recordar que nunca se efectúa una medida que no contenga algún error, cuyo valor no será posible conocer exactamente puesto que es imposible determinar el valor verdadero de la magnitud medida. Es decir, es imposible conocer ambas cosas, el valor verdadero de la magnitud medida y el error de la medición. Este aspecto de la medida que parece restar importancia a la aptitud de medir, es lo que hace de la misma "el arte de medir", puesto que al coleccionar una serie de aparatos, conectarlos entre sí y tomar lecturas, no puede considerarse, en un sentido estricto, medir.

El establecimiento del aseguramiento metrológico de la economía nacional debe garantizar las actividades organizativas, científicas, técnicas y productivas que desarrollan los órganos metrológicos estatales y no estatales, y además entidades de la economía nacional, encaminadas a garantizar la concordancia de los resultados de las mediciones con respecto a una misma magnitud física de medida, siendo estas efectuadas en condiciones diferentes; la expresión de estos resultados en un sistema único de unidades de medida, así como la correspondencia de las características metrológicas de los medios de medición. Esto solo es alcanzable a través de un mecanismo tal que basado en una única ideología metrológica nacional, regula de forma centralizada las diferentes actividades y gestiones que proporcionan aquellos factores que la posibilitan.

Los resultados de las mediciones en la nueva sociedad toman un carácter de gran importancia. Ellos sirven de base para los estudios científicos, el desarrollo de la nueva técnica, el cálculo de los recursos materiales y la planificación, el comercio interno e internacional, el aseguramiento de la intercambiabilidad de las piezas en la rama mecánica o cualquier otra rama relacionada con esta es la automatización de la producción, el desarrollo de la normalización, el

aseguramiento de la seguridad del trabajo y en muchas otras esferas y ramas de la actividad cotidiana del hombre.

Durante el control de procesos mediante los medios de medición, no puede olvidarse que las desviaciones de la producción durante su medición están solapadas por desviaciones, estas no conducen a problemas mayores cuando estas desviaciones son pequeñas y el proceso de producción ocurre dentro de los límites especificados de tolerancia, pero en el caso de que los parámetros de calidad se encuentren cercanos a un límite de tolerancia entonces pueden ocurrir, producto de la inseguridad del instrumento de medición, ciertas decisiones incorrectas. Piezas con dimensiones dentro de los límites de tolerancia pueden ser identificadas como rechazo erróneamente y piezas de rechazo pueden ser admitidas como buenas.*[4]*

Cuando se habla de incertidumbre se puede referir a un sin número de posibilidades, por ejemplo la sensación que experimentamos algunos de nosotros cuando llega el final de semestre y esperamos las calificaciones finales, o la no tan agradable que experimentamos cuando un ser querido es sometido a una cirugía mayor y no sabemos que va a pasar, lo que es cierto es que la incertidumbre contiene un alto grado de desconocimiento, de no saber, de falta de certeza es decir de verdad. En pocas palabras tiene que ver con no saber la verdad. Y en este sentido cuando se utiliza el término en el campo de las mediciones la incertidumbre es el grado de alejamiento que se tiene de la realidad, mas particularmente que tan lejos se esta del valor real y en este sentido es la medida complementaria de la exactitud.

A mayor incertidumbre menor exactitud y viceversa, en términos estadísticos la incertidumbre es una medida de dispersión en tanto que la exactitud es una medida de centralización.

Cuando se habla de medidas, la incertidumbre se asocia con el término error, el cual se sabe que es una diferencia algebraica entre el valor medido u obtenido y el esperado o real, considérese aquí que el valor real puede ser en muchas

ocasiones un valor teórico o calculado y en este sentido el valor real entonces si es posible conocerlo aunque solo sea en la teoría.

Algunas definiciones a tener en cuenta a la hora de realizar mediciones en las piezas:

-Magnitud. Es una variable física usada para especificar el comportamiento de la naturaleza de un sistema particular.

-Medida. Es la evaluación de una magnitud hecha según su relación con otra magnitud de la misma especie adoptada como unidad ya sea de manera directa o indirecta.

-Tolerancia. Es la cantidad total que le es permitido variar a una dimensión especificada determinada por la diferencia entre los límites inferior y superior especificados. *[5]*

Actualmente se acepta que aunque los componentes del error hayan sido evaluados y a su vez se haya aplicado las correcciones aun persista una incertidumbre acerca de la confiabilidad del proceso. Es importante diferenciar los términos de error e incertidumbre ya que se trata de corregir los errores conocidos aplicando correcciones indicadas en los certificados de calibración pero cualquier error que no se conozca su valor es una fuente de incertidumbre.

El resultado de las desviaciones en la medición esta afectado por muchos valores, primordialmente de la falta de las instalaciones de medición, del objeto de medición, de los patrones de medición, de los medidores así como la influencia del medio y de los dispositivos auxiliares necesarios.

En la Fig.1 se muestran los elementos que influyen sobre el resultado de la medición.

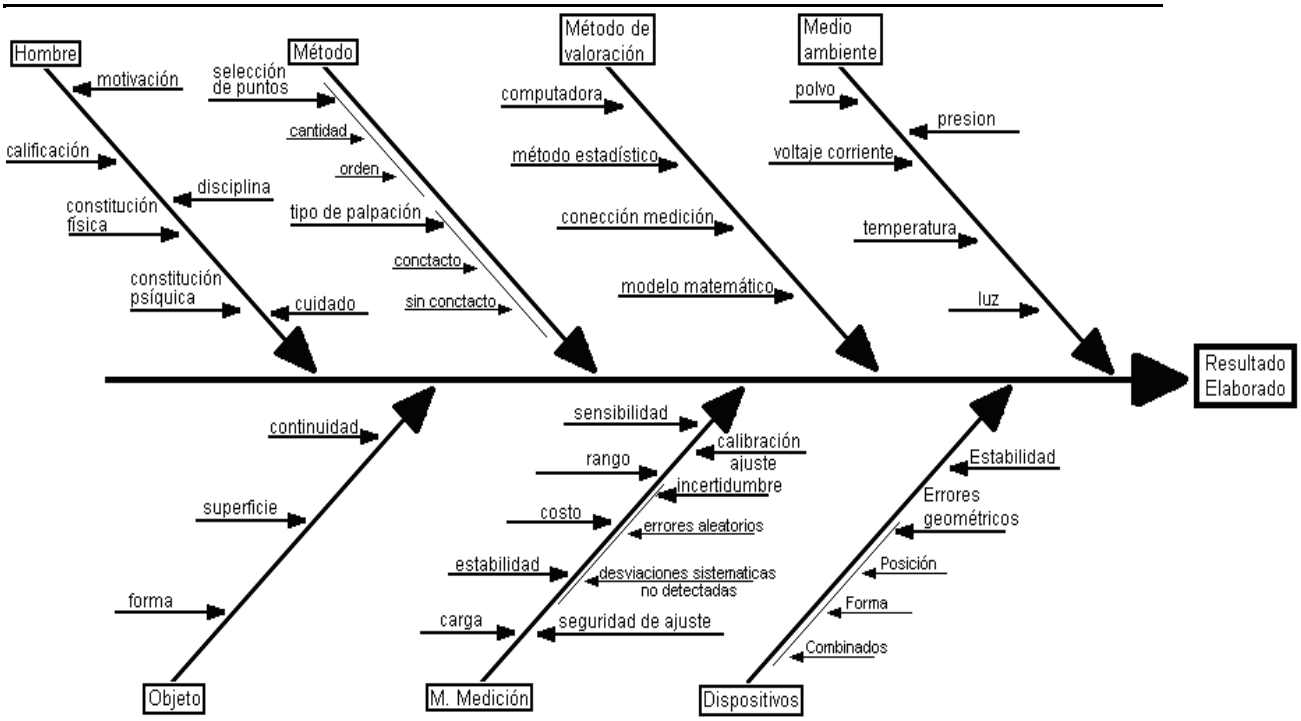


Fig.1 Componentes que influyen en la incertidumbre de la medición. *[6]*

Las componentes aleatorias de las desviaciones de la medición que cambian en mediciones repetitivas de la misma dimensión bajo condiciones casi constantes pueden ser descritas por parámetros estadísticos. Estos parámetros se obtienen de la dispersión de las mediciones cuyas causas radican en cambios no controlables que introducen la dimensión a medir, el observador, el instrumento de medición así como las condiciones de medición.

Las desviaciones sistemáticas permanecen por lo contrario en mediciones repetitivas en magnitud y dirección constante o cambian regularmente. Su causa radica en imprecisiones del medio de medición y de los patrones y se reflejan en la mayoría de los casos como desviaciones de un determinado valor del valor previsto. Los componentes conocidos de las desviaciones sistemáticas pueden ser eliminados mediante una corrección del valor medido o del resultado elaborado. Los componentes desconocidos de las desviaciones sistemáticas que por su parte por razones técnicas o por consideraciones económicas no pueden ser captadas no se consideran. Los equipos empleados para identificar

los valores de corrección (desviaciones sistemáticas) reconocen simultáneamente los errores aleatorios y las desviaciones sistemáticas desconocidas, las cuales pueden ser resumidas como desviaciones residuales.

Los componentes de la incertidumbre de la medición se muestran en la Fig. 2, los mismos se componen de las desviaciones aleatorias, de los errores sistemáticos desconocidos y de el error residual que persiste aun después de corregir los errores sistemáticos conocidos.

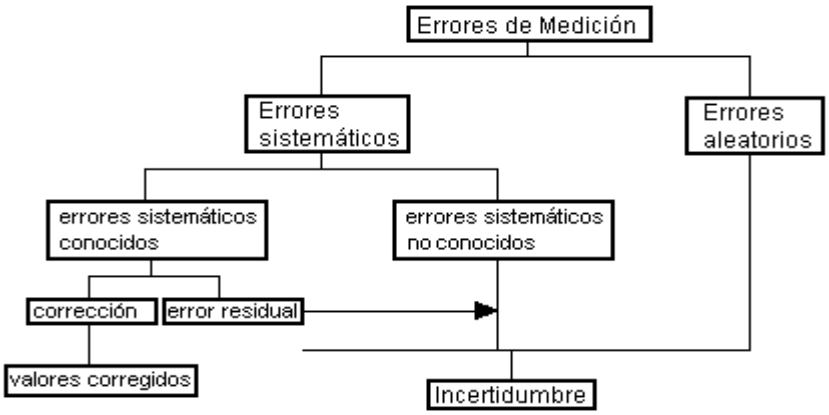


Fig.2 Desviaciones sistemáticas y aleatorias de la medición.*[7]*

El Mesurando:

La definición del mesurando es vital para obtener buenos resultados de la medición. En no pocas ocasiones se mide algo distinto al propósito original.

El propósito de una medición es determinar el valor de una magnitud, llamada el mesurando, es el atributo sujeto a medición de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

La imperfección natural de la realización de las mediciones, hace imposible conocer con certeza absoluta el valor verdadero de una magnitud: Toda medición lleva implícita una incertidumbre, que de acuerdo al VIM (Vocablo Internacional de Metrología), es un parámetro que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al mesurando.

Una definición completa del mesurando incluye especificaciones sobre las magnitudes de entrada relevantes.

El resultado de una medición incluye la mejor estimación del valor del mesurando y una estimación de la incertidumbre sobre ese valor. La incertidumbre se compone de contribuciones de diversas fuentes, algunas de ellas descritas por las magnitudes de entrada respectivas. Algunas contribuciones son inevitables por la definición del propio mesurando, mientras otras pueden depender del principio de medición, del método y del procedimiento seleccionados para la medición.*[8]*

Se cometen errores en la medición, esto es inevitable, debido a muchas causas y factores que afectan a la medida, unos controlables y otros incontrolables e incluso desconocidos. La verdadera labor del metrólogo se encuentra aquí, en estudiar y conocer en detalle los errores posibles, por dos buenas razones: para tratar de reducirlos, estudiar como puede calcularse la veracidad de los resultados.

Las causas de los errores de medición pueden ser:

- Instrumentales
- De método
- Debido a agentes externos
- Del observador
- Matemáticos

Error de medición: Es la discrepancia o diferencia entre el resultado de la medición y el valor de la magnitud física medida (valor verdadero, convencionalmente verdadero o media aritmética de los resultados de una serie de mediciones). Este error se expresa como la diferencia algebraica entre estos valores (error absoluto) o como el cociente de esta diferencia entre el valor de la magnitud medida (error relativo).

Error absoluto: Valor medido – Valor verdadero

Error relativo: (Valor medido – Valor verdadero) / Valor verdadero

Clasificación general de los errores.

Errores sistemáticos: Son causados por defecto del instrumento, del método empleado, por fallas del observador o por variación de las condiciones ambientales. Son difíciles de detectar, y por más mediciones que se hagan siempre estarán todas ellas afectadas del mismo error.

Errores accidentales: Son producidos por causas fortuitas y accidentales. Varían al azar, pudiendo producirse en un sentido o en otro, no tienen siempre el mismo valor absoluto. Estos errores varían de manera impredecible, tanto en signo como en magnitud, cuando se efectúan varias mediciones de una misma cantidad de magnitud física, en condiciones prácticamente idénticas.

Características de los errores accidentales:[9]

1. No son controlables, son inevitables y siempre la medición efectuada estará afectada por los mismos.
2. Su presencia en una serie de mediciones es indicada por la aparición de pequeñas diferencias entre las distintas observaciones individuales realizadas.
3. No pueden corregirse y solo al final de una serie de mediciones realizadas en condiciones prácticamente idénticas, pueden establecerse dentro de ciertos límites con una probabilidad dada.

Comportamiento de los errores casuales.

Los errores accidentales cuyas causas son generalmente desconocidas y que no pueden determinarse en magnitud y signo, tienen un comportamiento que coincide con la Campana de Gauss o Curva de Distribución Normal de Probabilidades. Así pues, se plantea que todos los errores casuales siguen la ley de distribución Normal, cuya expresión matemática y forma gráfica es la siguiente:

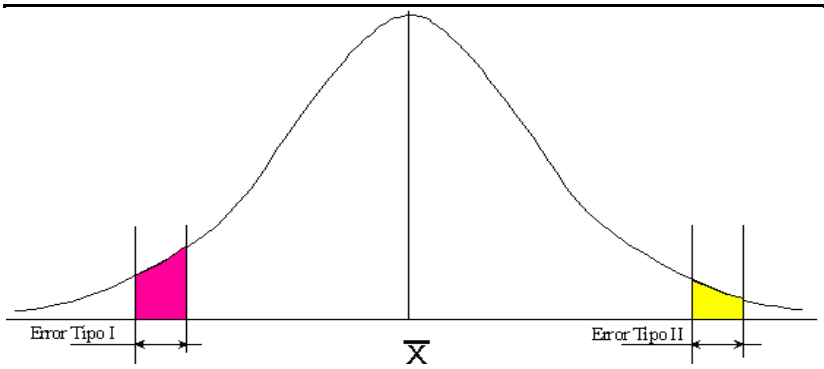


Fig.3 Curva de Distribución Normal o Campana de Gauss.

Responde a la ecuación f(x):

$$\frac{1}{\sigma * \sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

<u>Los errores casuales tienen un comportamiento caracterizado por:</u>

-Se deben a distintas causas, independientes entre si.

-Ninguno presenta un valor notablemente alto sobre los demás.

-La ocurrencia o no de los distintos factores que lo producen, tienen iguales probabilidades de presentarse.

<u>Imprecisión de las mediciones.</u>

Cuando se realiza una serie de mediciones de una misma cantidad de magnitud física, en condiciones prácticamente idénticas (el mismo operario, método y medio de medición y condiciones ambientales) se observa que se obtienen pequeñas diferencias (generalmente pequeñas) entre los valores y las observaciones individuales realizadas caracterizando la imprecisión de nuestras observaciones. La no repetición de estos valores, es generalmente causada por la presencia de los errores accidentales, aunque errores sistemáticos pequeños y no determinados pueden ser también causantes de estos fenómenos de imprecisión.

La imprecisión da lugar a que nuestro resultado posea cierto error, por lo cual no será exacto. Esta discrepancia se plantea como la suma de los errores sistemáticos y accidentales. Ahora bien, si en la generalidad de los casos, los errores sistemáticos pueden ser determinado tanto en signo como en magnitud, se debe hacer las correcciones pertinentes y eliminarlos, entonces lograr que el error del resultado final esté influenciado solamente por los errores accidentales, que será llamado de ahora en adelante incertidumbre del resultado.

El hecho de que los errores accidentales tengan un comportamiento caracterizado por la curva de Distribución Normal, permite que estadísticamente se pueda establecer la incertidumbre del resultado final, dentro de ciertos límites o cierta confiabilidad.

Confiabilidad de las mediciones. Medidas de confiabilidad.

Expresar por tanto el resultado elaborado o final con una cierta confiabilidad, equivale a fijar el mismo dentro de ciertos valores límites, dados por la incertidumbre que tenga.

El conocimiento de la incertidumbre de las mediciones es de fundamental importancia para los laboratorios, sus clientes y todas las instituciones que utilizan dichos resultados con fines comparativos. Además es una medida muy importante de la calidad de un resultado o de un método de medición.

Definición de Incertidumbre:

La incertidumbre de medición es el parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pudieran ser razonablemente atribuidos a la magnitud a medir. El parámetro puede ser, por ejemplo, la desviación típica (o un múltiplo de ésta), o la amplitud del intervalo de confianza, con un factor de cobertura dado.

La incertidumbre de medición comprende, muchos componentes. Algunos de ellos pueden ser evaluados a partir incertidumbres de medición tipo A partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden ser

caracterizados mediante desviaciones típicas experimentales. Otros componentes pueden ser evaluados mediante incertidumbres de medición tipo B a partir de distribuciones de probabilidad asumidas, basadas en la experiencia u otra información. Se entiende que existen casos de mediciones en que no se aplican correcciones por determinados efectos sistemáticos, siendo tratados como componentes de incertidumbre.

Factores que contribuyen a la incertidumbre de medición:[10]

Entre las posibles fuentes que deben ser consideradas como contribuyentes de la incertidumbre total de una medición (aunque no todas son relevantes en todos los casos) están:

1-) Definición incompleta del mensurando.

2-) Muestreos no representativos (la muestra medida puede no representar el mensurando definido).

3-) Conocimiento inadecuado de los efectos de las condiciones ambientales sobre las mediciones.

4-) Errores de apreciación del operador en la lectura de instrumentos analógicos.

5-) Resolución del instrumento o equipo de medición.

6-) Incertidumbre de la calibración de los patrones de medición y materiales de referencia.

7-) Valores inexactos de constantes y otros parámetros obtenidos de fuentes externas y software utilizados.

8-) Aproximaciones y suposiciones incorporadas en los métodos y procedimientos de medición.

9-) Variaciones en observaciones repetidas del mensurando bajo condiciones aparentemente iguales e incertidumbre que aparece de la corrección de los resultados de la medición por los efectos sistemáticos.

Sobre la mejor capacidad de medición:

La mejor capacidad de medición (siempre con respecto a una magnitud particular, es decir, el mesurando) se define como la menor incertidumbre de medición que un laboratorio puede obtener en el alcance de su acreditación cuando efectúa calibraciones más o menos de rutina de patrones de medición próximos al ideal destinados a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad de magnitud física o uno o más de sus valores; o cuando realiza calibraciones mas o menos rutinarias de instrumentos de medición próximos al ideal destinados a la medición de esta magnitud.*[11]*

Exactitud y Precisión: Se refiere a la cercanía de los valores medidos al valor verdadero. Está relacionada con la apreciación de los instrumentos de medición y con los errores sistemáticos.

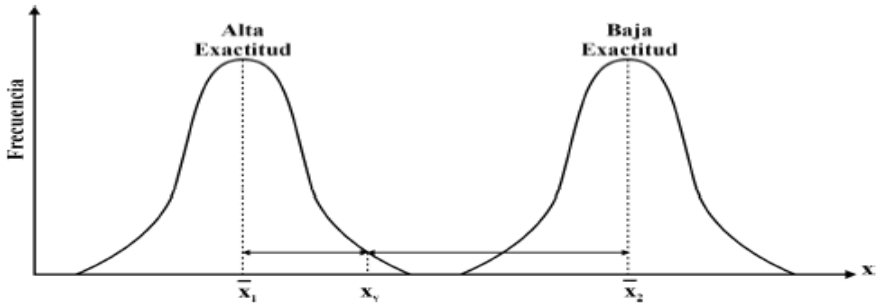


Fig.4 Grafica para conocer la exactitud con relación la frecuencia.

Precisión: Se refiere a la cercanía de los valores medidos entre sí. Es independiente de los errores sistemáticos y está relacionada con los errores casuales.*[10]*

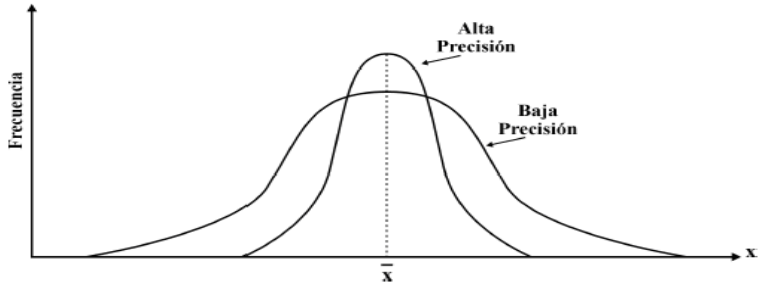


Fig.5 Grafica para conocer la precisión con relación a la frecuencia.

Diferencia entre exactitud y precisión.

Aunque en el lenguaje de calle, ambos términos son sinónimos, sin embargo, metrológicamente exactitud y precisión, aunque relacionados entre sí, no deben intercambiarse, ya que la diferencia entre ambos es significativa.

El Vocabulario Internacional de términos fundamentales y generales de Metrología (VIM) define el término exactitud como el grado de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando, haciendo hincapié en que el término exactitud es cualitativo y que no se utilice el término exactitud en lugar de precisión. Sin embargo, este último término no aparece definido en el VIM, por lo que tomamos su definición y ligazón con el término exactitud de la norma UNE 82009-1, equivalente a la ISO 5725-1. En esta norma, el término exactitud engloba a la veracidad y a la precisión, pudiendo escribirse:

EXACTITUD = VERACIDAD + PRECISIÓN

Por su parte, la precisión se define como el grado de coincidencia existente entre los resultados independientes de una medición. Así pues, la precisión depende únicamente de la distribución de los resultados, no estando relacionada con el valor verdadero o especificado. La precisión se expresa generalmente a partir de la desviación típica de los resultados. A mayor desviación típica menor precisión.

Los valores **exactos** de las contribuciones al error de la medición proveniente de los diferentes efectos aleatorios y sistemáticos que intervienen en la misma son desconocidos, por el carácter aproximado de nuestro conocimiento o por su propia naturaleza. Por tanto, el error de una medición es un concepto idealizado, cuyo valor exacto no podemos conocer, sin embargo, la incertidumbre con ellos asociada puede ser evaluada.

También existe relación entre exactitud, precisión e incertidumbre.

Cuando se expresa el resultado de una medición en la forma debida; es decir, añadiendo al resultado la incertidumbre asociada al mismo lo que estamos

indicando es el nivel de confianza existente, normalmente un 95%, de que el verdadero valor del mensurando se encuentre dentro del intervalo.

El error sistemático total existente es la diferencia entre el resultado y el valor convencionalmente verdadero. Si dicho error es corregible, entonces cuanto más precisa haya sido la medición (menor dispersión se haya observado en los resultados), menor incertidumbre asociada se obtiene aunque también existirán contribuciones a la incertidumbre procedentes de las propias correcciones efectuadas. No hay que olvidar que para la estimación de la incertidumbre, se parte de la hipótesis de que todos los errores sistemáticos conocidos han sido corregidos previamente.

Si el error sistemático no es corregible, entonces la incertidumbre aumentará, ya que habrá que combinar la desviación típica que caracteriza la precisión, con el propio error sistemático, a fin de obtener una incertidumbre que englobe todas las contribuciones. En resumen, siempre ocurre que a mayor precisión, menor incertidumbre, pero si la medición no es exacta y hay errores sistemáticos sin cancelar, a igual precisión, la incertidumbre será tanto mayor cuanto mayor sean dichos errores.[12]

1.2-) Especificaciones acerca del proceso de centrifugado (en fundición) por el cual se fabrican las camisas.

Antecedentes históricos:

Ya al principio del siglo XIX nació la idea de emplear la fuerza centrífuga para fundir los objetos de metal; pero la insuficiencia técnica de las máquinas frenaba su aplicación práctica por la imposibilidad de conseguir el número necesario de revoluciones que dieran la fuerza centrífuga necesaria. En el año 1848 fue otorgada la primera patente en los Estados Unidos. Poco después de progresar la técnica Fernando Arens, en colaboración con Sensaud de De Lavaud, en Brasil, lograron por fin, en 1914, aplicar la fuerza centrífuga en la fundición de metales a escala industrial. Desde el año 1915 se fabrican en Argentina, en los talleres Tamet, tubos centrifugados con una máquina de tipo Arens y De Lavaud.

En 1867 Joseph Monier puso en circulación los tubos de hormigón armado. En 1913 los italianos Diego Matteo y Adolfo Mazza ofrecieron otra variedad de tubos de cemento. Bloques de vidrio huecos, placas de revestimiento y paneles decorativos hicieron su aparición. En 1941 N. P. Waganoff fabricó tubos de vidrio por el método de centrifugación, que, por la sencillez de la fabricación y por el bajo coste de la misma, supuso una revolución en los métodos de fundición. En la actualidad este tipo de fundición está muy desarrollada y extendida, pudiéndose encontrar una gran variedad de productos realizados con este método.

Fundición centrifugada: es un método en el que aprovecha la fuerza centrífuga que se puede generar al hacer girar el metal en torno de un eje. El proceso de fundición centrifugada o *centrífuga*, consiste en depositar una capa de fundición líquida en un molde de revolución girando a gran velocidad y solidificar rápidamente el metal mediante un enfriamiento continuo del molde o coquilla.

Tecnología:

El metal se vierte caliente y fluido en una espiral que se transforma inmediatamente en una capa regular y continua del metal líquido, mantenida en forma cilíndrica por las fuerzas de inercia centrifugas creadas por la rotación de la coquilla. Esta fuerza centrífuga que se desarrolla lanza el metal líquido contra las paredes del molde y aumenta su presión, facilitando el llenado de los huecos y la solidificación en este estado. Simultáneamente se refrigera la coquilla por su exterior para absorber el calor y bajar la temperatura de la fundición hasta la temperatura de solidificación. En el curso de su enfriamiento, el metal líquido sufre una contracción térmica progresiva. El enfriamiento que sigue tiene como efecto una contracción térmica suplementaria del elemento sólido, que se despega de la coquilla y puede entonces extraerse.

Las características de la fundición dependen de varios parámetros que deben controlarse para tener una producción uniforme. Estos factores son, principalmente:

-La temperatura de colada.

-La composición del material a utilizar.

Las instalaciones suelen ser muy costosas y sólo se amortizan fabricando grandes series. Este método de conformación por moldeo tiene su génesis en el desarrollo de las tuberías para saneamiento. Las aplicaciones de este tipo de fundición son muy variadas, yendo desde la fabricación de telescopios o partes de joyería hasta las tuberías. También es adecuada para la fabricación de cuerpos de revolución huecos, por ejemplo tubos, cilindros, y también casquillos de cojinete.[13]

1.3-) Características de las camisas.

Las estructuras en las cuales las camisas están fundidas conformando una sola pieza con el bloque-cárter tienen elevada rigidez, requiere menor cantidad de metal y posee mayor resistencia al desgaste en las superficies en las paredes del cilindro. Semejantes estructuras se emplean tanto en los motores de gasolina como de Diesel. El mínimo espesor en las paredes de los cilindros constituyen en este caso 6mm; la distancia entre las paredes exteriores de los cilindros vecinos, para el paso del agua, es no menor de 4-5mm.

Tipos de camisas:

1-) Camisas secas.

Las camisas secas se instalan a todo lo largo del cilindro o solamente en la parte superior donde se observa el mayor desgaste. El empleo de camisas secas desmontables permite aumentar la resistencia al desgaste de la superficie, siendo pequeños los gastos de aleaciones costosas. Las camisas secas van prensadas o se colocan mediante un ajuste por deslizamiento con una holgura

de 0,01-0.04mm. El acabado de la superficie de la camisa seca se efectúa después de prensarla en el bloque de los cilindros.

Las camisas secas con ajuste por deslizamiento se caracterizan por tener peor termodisipación y gran irregularidad del diagrama radial de temperaturas, lo que origina deformaciones locales. Para eliminar estos fenómenos, por unos canales en la pared se introduce aceite del sistema de lubricación a la holgura ente la pared del bloque de cilindros y la camisa.

2-) Camisas húmedas.

Al emplear las camisas húmedas se consiguen las siguientes ventajas:

-Se simplifica el colado del monobloque.

-Aparece la posibilidad de emplear materiales de mayor resistencia al desgaste.

-Se eleva la termodisipación.

-Disminuye la irregularidad del calentamiento.

-Se reduce la cantidad de trabajo para la reparación.

Al deteriorarse las camisas húmedas pueden remplazarse sin sacar el motor del chasis. Estas se colocan libremente en los cinturones guías para el centrado en el bloque. Para conservar la forma geométrica durante el trabajo, la camisa tiene dos cinturones guías para el centrado: superior e inferior. Los planos de apoyo para las camisas húmedas se hacen en los salientes anulares de bloque, cuya rigidez deberá ser tal que durante el ajuste de los espárragos varié lo menos posible la forma geométrica de la camisa. La máxima deformación de la camisa no debe superar la diferencia de las tolerancias en el diámetro, adoptadas para su fabricación.

Con la dispersión más baja del plano de apoyo de la camisa, mejora el enfriamiento de su parte superior, así como de los segmentos del pistón, pudiéndose de esta manera evitar torceduras del cinturón superior más caliente de la camisa, donde la alteración de la forma geométrica puede conducir a un

desgaste elevado, a la formación de raspaduras en la superficie de la camisa, pistón, segmentos y al incremento del consumo de aceite.

Para disminuir las deformaciones en el cinturón superior de la camisa durante el ajuste de los espárragos, las áreas anulares de apoyo (desde el lado de la empaquetadura y por parte del bloque) deben ser iguales entre si, lo que permite evitar la aparición de deformaciones estáticas en la camisa, debidas a que, al apretar los espárragos, surge un momento que flexiona la brida. Se hace una hendidura directamente debajo de la brida de apoyo de la camisa en el lugar de transición con la finalidad de que los esfuerzos, al ajustar los espárragos, se transmitan solo a la brida. Ambas medidas disminuyen la deformación de la camisa en dos veces y el consumo de aceite en el 25-35%.

El ancho de las bridas de apoyo se determina teniendo en cuenta la magnitud de la presión sobre el cinturón anular al ajustar previamente los espárragos.

En las paredes de las camisas húmedas, al variar la posición de la biela y la dirección con que se aplica las fuerzas normales, aparecen deformaciones dinámicas, originadas por los golpes del pistón durante su cambio de dirección en el P.M.S (Punto Muerto Superior), acompañados de vibraciones de alta frecuencia, como resultado de las cuales se destruyen por cavitación las superficies externas de las camisas. La amplitud de las fuerzas de impacto depende mucho de la holgura entre el pistón y la camisa, así como el perfil de la superficie del émbolo a lo largo de su altura.

Los métodos más efectivos para disminuir las deformaciones dinámicas de la camisa consiste en: elevar su rigidez, encajarla con ajuste sin holgura en los cinturones guías, reducir las holguras entre el pistón y la camisa y elegir correctamente el perfil de pistón. La rigidez del bloque de cilindro depende en gran medida del tipo de camisa, así como de su instalación. Para las camisas secas colocadas bajo presión la rigidez del bloque es mayor que para las camisas húmedas.

Para asegurar una empaquetadura fiable de la junta de gas el frente de la camisa debe sobresalir un poco la superficie de apoyo del bloque. En este caso,

al mayor parte de la fuerza de apriete de los espárragos se transmitirá a la bridas de la camisa. La altura del resalte varía entre los límites de 0.05-0.15mm, en función del diámetro de la camisa y de la estructura de la empaquetadura.

La hermeticidad de la junta inferior de la camisa húmeda y del bloque se consigue generalmente con la ayuda de los dos anillos de goma. Las ranuras para estos anillos se tornean en la superficie externa del cinturón guía de la camisa. En algunas estructuras se coloca un anillo tope complementario.

El espesor de las paredes del cilindro se elige a partir de la condición de lograr suficiente rígidez, que evita la ovalización del cilindro, tanto durante el montaje del motor como durante el funcionamiento, debido a la acción de la fuerza normal del émbolo. El espesor de las paredes de las camisas húmedas fabricadas de hierro colado oscila entre 5-8mm. Este grosor se elige considerando la posibilidad de mandrilar la camisa al repararla. La longitud de la camisa se fija a partir de la condición de que el borde inferior del pistón sobresalga hasta 0.2D, al encontrarse en el P.M.I. (Punto Muerto Inferior)

Cuando el pistón se encuentra en el P.M.I su cinturón hermético deberá contactar con la camisa, bañada por el líquido refrigerante.

Esta última condición define el nivel inferior del líquido en la camisa.

La vida útil de las camisas depende de los siguientes factores:

de la estructura de la camisa; de los materiales empleados para la misma y los segmentos, así como la tecnología empleada en la fabricación de la micro geometría de superficie de la camisa y del segmento; de la dureza de su superficie; de la estabilidad del estado térmico del cilindro que no depende de los regímenes de trabajo del motor; de la calidad del combustible y del aceite; de la purificación del aire; del sistema de refrigeración y de las condiciones de explotación del motor.

Para elevar la durabilidad de las camisas se recomienda adoptar las siguientes medidas.[14]

-Instalar en el sistema de refrigeración un termostato, el cual permite mantener estable el estado térmico del motor dentro de los límites de 90-95ºC independientemente de los regímenes de velocidad y de carga en que funciona. Al aplicar un termostato, la temperatura media de las paredes, a regímenes parciales de carga no desciende por debajo del valor crítico (140 ºC), con el cual ocurre el desgaste por corrección. Además, el tiempo de calentamiento del motor después del arranque disminuye. Cundo se utilizan termostato el desgaste de las camisas diminuye aproximadamente 2 veces.

-Colocar persianas delante del radiador, manejadas manualmente o por la acción de un termostato individual.

-Ventilar el cárter con el fin de extraer los gases que pasan a través de los segmentos del pistón, pues aquellos empeoran la calidad del aceite y suscitan su resignificación rápida.

-Instalar un filtro de paso total para depuración fina del aceite.

1.4-) Conclusiones Parciales del capítulo.

1) El resultado de una medición, solo es una aproximación del valor del mensurando y este no esta completo si no viene acompañado de la declaración de la incertidumbre.

2) Es importante diferenciar los términos de error e incertidumbre ya que no son sinónimos, sino conceptos completamente diferentes por lo que no deben ser confundidos entre sí.

3) Las camisas utilizan el método de fundición por centrifugado, proceso que se emplea en producciones seriadas ya que las instalaciones son muy costosas.

4) Al utilizarse camisas húmedas se reduce la cantidad de trabajo para la reparación y además disminuye la irregularidad del calentamiento.

CAPÍTULO II: Métodos estadísticos utilizados para el calculo de incertidumbre en el Taller Enrique Villegas.

2.1-) Método para obtención de la incertidumbre en el Taller mediante cálculos estadísticos.

La incertidumbre de la medición se obtiene de forma más sencilla por estimación mediante métodos estadísticos sobre la base experiencias acumuladas.

Para mejorar dicha estimación se describe un método de gran aplicación en los últimos tiempos, mucho más confiable pero a su vez más exigente en tiempo y en costo de determinación de la incertidumbre de la medición referida a determinadas relaciones estadísticas.*[7]*

Para el cálculo de la incertidumbre indicaremos una serie de ideas que no hay que olvidar relacionadas con el cálculo de la incertidumbre:

1. Su cálculo dependerá en cada momento del tipo de medida, el equipo de medida, el método de medida, la forma de realizar la medida.
2. Aunque no existe unanimidad en como calcular la incertidumbre para casos concretos, está generalmente aceptado que la incertidumbre de un medida vendrá afectada por la incertidumbre de los diferentes factores que intervienen para realizar la medida.*[9]*

Los parámetros estadísticos fundamentales de una muestra para ser considerados en el análisis de los procesos de manufactura son los siguientes:

- Tamaño de la muestra n.
- Media aritmética $\bar{x}$.
- Valor central, o mediana .
- Varianza s^2, desviación típica s.
- Rango R
- Valor mínimo y máximo ($X_{mín}$, $X_{máx}$).

Los parámetros estadísticos de una muestra se puede caracteriza en dos grupos fundamentales; los que expresan las medidas de la tendencia central y los que expresan las medidas de la dispersión del proceso.

-Media aritmética: es la mejor medida de la tendencia central $\bar{x}$ (denominada media), la cual esta expresada por el primer momento estadístico y se obtiene:

$$\bar{x} = \frac{\text{suma de los valores de la muestra}}{\text{tamaño de la muestra}}$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

Donde:

$\bar{X}$ = media aritmética

n = cantidad de mediciones

x = medidas individuales

i = 1, 2, 3... n.

-Rango: es también una medida de la dispersión n contraria a la varianza, el rango es muy fácil de obtener, se obtiene como la diferencia:

$$R = X_{máx} - X_{mín}$$

$$X_{máx} = valor\ máximo$$

$$X_{mín} = valor\ mínimo$$

-Cp $\rightarrow$ Capacidad potencial del proceso

$$Cp = \frac{T}{6S} = \frac{es - ei}{6S}$$

1 $\rightarrow$ Cp=1 2 $\rightarrow$ Cp<1 3 $\rightarrow$ Cp>1

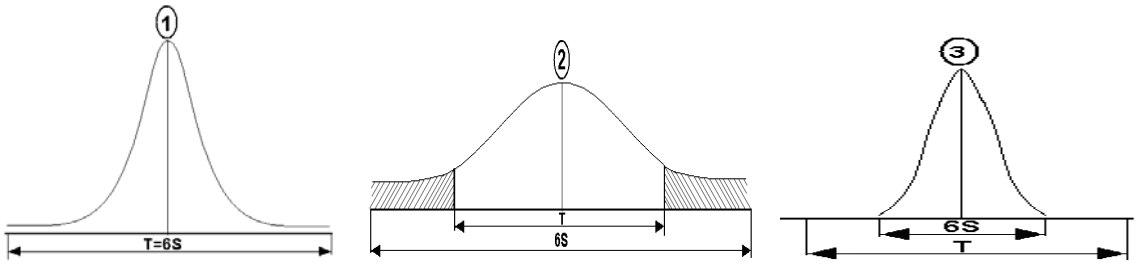


Fig.6 Graficas para conocer el comportamiento de la capacidad potencial del proceso en relación a grado de tolerancia.

- $Cp_K \rightarrow$ Índice de capacidad del proceso entre la media del proceso y el límite de tolerancia más cercano.

Condiciones:

- $Cp_K = Cp$ - $Cp_K \leq Cp$

$$Cp_K = Cp - \frac{|x - Dmed|}{3S}$$

Eliminación de valores extraños:

Criterio de la Desviación Máxima (para una confiabilidad del 99,99 %):

Este criterio establece que pueden ser considerados como extraños, todos los valores que se encuentren fuera de los límites dados por:

$\bar{X} \pm 3{,}29$ S

Para la aplicación del mismo es necesario:

1. Calcular $\bar{X}$ y S, considerando todos los valores tomados en el conjunto.
2. Revisar si uno o más de estos valores, están fuera del intervalo que establece el criterio y si es así eliminarlos.
3. Recalcular el resultado, sin considerar los valores eliminados.
4. Expresar el resultado final como $\bar{X} \pm$ t S, teniendo en cuenta la confiabilidad que se desea. *[3]*

Para el cálculo del coeficiente de capacidad de los medios de medición: (Según Bosch).

- $Cg = \frac{0.2(ES - EI)}{6S}$

Valor mínimo de $Cg = 1.33$

-Coeficientes de calibración del instrumento:

$$-Cg_{K1} = \frac{(Xr + 0.1T) - \overline{X}a}{3S} \qquad -Cg_{K2} = \frac{\overline{X}a - (Xr - 0.1T)}{3S}$$

$\overline{X}a$: Media aritmética de los valores verdaderos.

El valor mínimo de $Cg_K = 1$

Se toma como el valor, el mínimo entre Cg_{K1} y Cg_{K2}

$$-Xr = \frac{D\max - D\min}{2}$$

Xr: Valor verdadero del patrón empleado.[15]

2.2-) Cálculos de incertidumbre sobre la base de datos estadísticos en el exterior de una camisa de un ZIL 130.

De acuerdo con las mediciones realizadas a la pieza representada en el anexo 1 se procedió al cálculo de las expresiones estadísticas mediante el uso del programa Microsoft Excel el cual nos brida los datos expuestos a continuación.

a-) Las siguientes mediciones se realizan el 3 de marzo del 2009 en la empresa Enrique Villegas, en la ciudad de Santa Clara.

<u>Las mismas se realizaron bajo las siguientes condiciones:</u>

-Temperatura de 27 grados.

-Instrumento: Micrómetro de 100-125mm.Marca-Mitutoyo.

-Iluminación- media.

-Fuertes vibraciones.

-Ruido excesivo.

-Buen estado de los equipos de medición.

-La pieza a medir se apoyo encima de una mesa.

-Sexo de la persona que midió: M y F (Las personas que midieron fueron 2 diferentes)

-Existencia de polvo

-El micrómetro se calibra a 100mm y por un operario del taller.

Nota: El parámetro que está en rojo fue lo que se cambio, el resto de los aspectos se mantiene constante.

No	ø = 122(-0.04)mm	ø = 122(-0.04)mm
X_1	121,980	121,975
X_2	121,960	121,970
X_3	121,960	121,980
X_4	121,965	121,975
X_5	121,995	121,990
X_6	121,975	121,960
X_7	121,980	121,960
X_8	121,965	121,965
X_9	121,963	121,976
X_{10}	121,970	121,950
X_{11}	121,960	121,975
X_{12}	121,985	121,979
X_{13}	121,960	121,970
X_{14}	121,970	121,990
X_{15}	121,980	121,985
X_{16}	121,963	121,965
X_{17}	121,995	121,968
X_{18}	121,990	121,970
X_{19}	121,975	121,980
X_{20}	121,975	121,975
X_{21}	121,963	121,965
X_{22}	121,980	121,970
X_{23}	121,963	121,995
X_{24}	121,975	121,965
X_{25}	121,968	121,970
Suma	3049,315	3049,323

No	ø=125(-0.04)mm	ø=125(-0.04)mm
X_1	124,980	124,970
X_2	124,986	124,975
X_3	124,985	124,980
X_4	124,965	124,960
X_5	124,970	124,975
X_6	124,965	124,970
X_7	124,960	124,980
X_8	124,960	124,969
X_9	124,990	124,995
X_{10}	124,980	124,985
X_{11}	124,970	124,990
X_{12}	124,980	124,985
X_{13}	124,979	124,990
X_{14}	124,965	124,965
X_{15}	124,960	124,960
X_{16}	124,975	124,990
X_{17}	124,965	124,980
X_{18}	124,989	124,985
X_{19}	124,989	124,970
X_{20}	124,980	124,980
X_{21}	124,979	124,970
X_{22}	124,970	124,980
X_{23}	124,990	124,995
X_{24}	124,965	124,960
X_{25}	124,970	124,979
Suma	3124,367	3124,438

Media	121,973	121,973
s	0,011	0,010
X_{max}	121,995	121,995
X_{min}	121,960	121,950
R	0,035	0,045
CP	0,611	0,646
CPk	0,385	0,417

Media	124,975	124,978
s	0,010	0,011
X_{max}	124,990	124,995
X_{min}	124,960	124,960
R	0,030	0,035
CP	0,657	0,632
CPk	0,483	0,554

Tabla.1: Mediciones que se realizan por dos persona diferentes (M y F).

b-) Las siguientes mediciones se realizan el 3 de marzo del 2009 en la empresa Enrique Villegas, en la ciudad de Santa Clara.

Las mismas se realizaron bajo las siguientes condiciones:

-Temperatura de 27 grados.

-Instrumento: Micrómetro de 100-125mm.Marca-Mitutoyo.

-Iluminación- media.

-Fuertes vibraciones.

-Ruido excesivo.

-Buen estado de los equipos de medición.

-La pieza a medir se apoyo encima de una mesa.

-Sexo de la persona que midió: M y F.

-Existencia de polvo.

-El micrómetro se calibra a 100mm y por un operario del taller.

Nota: Este es el método que utiliza la empresa. Es decir hacen en un mismo diámetro hacen solamente 3 mediciones. El parámetro que está en rojo fue lo que se cambio, el resto de los aspectos se mantiene constante.

No	ø = 122(-0.04)mm	ø=122(-0.04)mm
X_1	121,995	121,990
X_2	121,960	121,970
X_3	122,000	121,975
Suma	365,955	365,935

No	ø = 125(-0.04)mm	ø=125(-0.04)mm
X_1	124,980	124,990
X_2	124,960	124,985
X_3	124,975	124,960
Suma	374,915	374,935

Media	121,985	121,978		Media	124,972	124,978
s	0,022	0,010		s	0,010	0,016
X_{max}	122,000	121,990		X_{max}	124,980	124,990
X_{min}	121,960	121,970		X_{min}	124,960	124,960
R	0,040	0,020		R	0,020	0,030
CP	0,306	0,641		CP	0,641	0,415
CPk	0,229	0,587		CPk	0,374	0,380

Tabla.2: Mediciones que se realizan en la empresa.

c-) Las siguientes mediciones se realizan el 4 de marzo del 2009 en la empresa Enrique Villegas, en la ciudad de Santa Clara.

Las mismas se realizaron bajo las siguientes condiciones:

-Temperatura de 27 grados.

-Instrumento: Micrómetro de 100-125mm.Marca-Mitutoyo.

-Iluminación- media.

-Fuertes vibraciones.

-Ruido excesivo.

-Buen estado de los equipos de medición.

-La pieza a medir se apoyo encima de una mesa.

-Sexo de la persona que midió: M.

-Existencia de polvo.

-El micrómetro se calibra a 100mm y por dos personas diferentes del taller.

Nota: El parámetro que está en rojo fue lo que se cambio, el resto de los aspectos se mantiene constante.

No	ø = 122(-0.04)mm	ø=122(-0.04)mm		No	ø = 125(-0.04)mm	ø=125(-0.04)mm
X_1	121.960	121.990		X_1	124.995	124.985
X_2	121.985	121.962		X_2	124.980	124.985
X_3	121.961	121.970		X_3	124.975	124.965
X_4	121.975	121.965		X_4	124.979	124.969
X_5	121.980	121.962		X_5	124.985	124.979

X_6	121.965	121.962		X_6	124.986	124.975
X_7	121.970	121.970		X_7	124.975	124.985
X_8	122.000	121.960		X_8	124.965	124.961
X_9	121.960	121.980		X_9	124.960	124.965
X_{10}	121.964	121.960		X_{10}	124.965	124.968
X_{11}	121.970	121.960		X_{11}	124.995	124.970
X_{12}	121.975	121.979		X_{12}	124.985	124.960
X_{13}	121.980	121.990		X_{13}	124.985	124.995
X_{14}	121.985	121.965		X_{14}	124.960	124.985
X_{15}	121.981	121.960		X_{15}	124.975	124.990
X_{16}	121.960	121.985		X_{16}	124.965	124.979
X_{17}	121.963	121.960		X_{17}	124.980	124.965
X_{18}	121.960	121.970		X_{18}	124.970	124.980
X_{19}	121.968	121.975		X_{19}	124.979	124.985
X_{20}	121.970	121.965		X_{20}	124.971	124.985
X_{21}	121.990	121.965		X_{21}	124.970	124.979
X_{22}	121.978	121.960		X_{22}	124.965	124.975
X_{23}	121.980	121.968		X_{23}	124.980	124.985
X_{24}	121.960	121.980		X_{24}	124.980	124.960
X_{25}	121.965	121.963		X_{25}	124.960	124.990
Suma	3049.305	3049.226		Suma	3124.385	3124.420
Media	121.972	121.969		Media	124.975	124.977
s	0.0110	0.0097		s	0.010	0.010
X_{max}	122.000	121.990		X_{max}	124.995	124.995
X_{min}	121.960	121.960		X_{min}	124.960	124.960
R	0.040	0.030		R	0.035	0.035
CP	0.608	0.608		CP	0.655	0.641
CPk	0.371	0.231		CPk	0.504	0.538

Tabla.3: Mediciones donde el micrómetro se calibra a 100mm y por dos personas diferentes del taller.

2.3-) Cálculos de incertidumbre para determinar la **cilindricidad** de la pieza sobre la base de datos estadísticos en el exterior de una camisa de un ZIL 130.

Para el caso del exterior se tomo un punto y se realizaron 25 mediciones en cada uno de los escalones por donde mayor ajuste tiene la pieza debido a que son escalones pequeños de 122 y 125mm de diámetro respectivamente.

Estas mediciones se hicieron bajo mejores condiciones:

-Temperatura de 17 grados.

-Instrumento: Micrómetro de 100-125mm.Marca-Mitutoyo.

-Iluminación buena.

-Pequeñas vibraciones.

-Ruido moderado.

-Buen estado de los equipos de medición.

-La pieza a medir se apoyo encima de una mesa.

-Sexo de la persona que midió: M y F.

-Poco polvo.

-El micrómetro se calibra a 100mm y por un operario del taller.

- Para las dos primeras columnas se utiliza un coeficiente Xr = 124.98 y para las dos últimas columnas un coeficiente Xr = 121.98.

Nota: El parámetro que está en rojo fue lo que se cambio, el resto de los aspectos se mantiene constante.

No	ø = 125(-0.04)mm	ø = 125(-0.04)mm
X_1	124.970	124.965
X_2	124.960	124.980
X_3	124.965	124.965
X_4	124.965	124.980
X_5	124.965	124.995
X_6	124.965	124.995
X_7	124.960	124.979
X_8	124.960	124.980
X_9	124.975	124.985
X_{10}	124.971	124.960

No	ø = 122(-0.04)mm	ø = 122(-0.04)mm
X_1	121.990	121.984
X_2	121.985	121.965
X_3	121.960	121.960
X_4	121.965	121.965
X_5	121.965	121.964
X_6	121.960	121.960
X_7	121.985	121.960
X_8	121.990	121.970
X_9	121.960	121.960
X_{10}	121.960	121.964

X_{11}	124.960	124.960	X_{11}	121.965	121.970
X_{12}	124.975	124.971	X_{12}	121.970	121.970
X_{13}	124.960	124.990	X_{13}	121.965	121.970
X_{14}	124.980	124.990	X_{14}	121.965	121.960
X_{15}	124.976	124.960	X_{15}	121.970	121.962
X_{16}	124.971	124.979	X_{16}	121.960	121.960
X_{17}	124.971	124.980	X_{17}	121.980	121.960
X_{18}	124.960	124.970	X_{18}	121.990	121.962
X_{19}	124.961	124.965	X_{19}	121.960	121.970
X_{20}	124.960	124.980	X_{20}	121.985	121.962
X_{21}	124.961	124.990	X_{21}	121.985	121.970
X_{22}	124.976	124.980	X_{22}	121.965	121.960
X_{23}	124.980	124.960	X_{23}	121.960	121.962
X_{24}	124.975	124.999	X_{24}	121.990	121.964
X_{25}	124.980	124.965	X_{25}	121.985	121.960
Suma	3124.202	3124.423	Suma	3049.315	3049.114
Media	124.968	124.977	Media	121.973	121.965
s	0.007	0.012	s	0.012	0.006
X_{max}	124.980	124.999	X_{max}	121.990	121.984
X_{min}	124.960	124.960	X_{min}	121.960	121.960
R	0.020	0.039	R	0.030	0.024
CP	0.899	0.546	CP	0.552	1.177
CPk	0.363	0.462	CPk	0.347	0.268
Cg	0.180	0.109	Cg	0.110	0.235
Cgk1	0.716	0.193	Cgk1	0.314	1.144
Cgk2	-0.356	0.025	Cgk2	-0.094	-0.673

Tabla.4: Mediciones para el ø = 122(-0.04) mm y así determinar la **cilindricidad** de la pieza.

<u>Análisis de los errores de la medición.</u>

$122^{0}_{-0.004}$		$125^{0}_{-.004}$	
124,968	124,977	121,973	121,965
$E_1 = 0.009$		$E_1 = 0.008$	

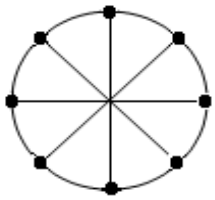
Tabla.5: Errores de cilindricidad para los diámetros $122^{0}_{-0.004}$ y $125^{0}_{-.004}$.

Al calcular el error de circularidad para los diámetros $122^{0}_{-0.004}$ y $125^{0}_{-.004}$ se tiene que este es menor al referido en el plano, debido a esto la camisa presenta errores menores que los que te permite el diseñador. Además los errores de cicularidad cometidos son menores que los establecidos por las normas, por lo que la pieza esta dentro de las exigencias hechas por el diseñador.

2.4-) Cálculos de incertidumbre para determinar la **circularidad** de la pieza sobre la base de datos estadísticos en el exterior de una camisa de un ZIL 130.

Para ello se dividió la pieza en 8 partes a 45° cada uno de los puntos y se realizaron 25 mediciones en cada uno de los puntos, esto se hace en cada uno de los escalones por donde mayor ajuste tiene la pieza debido a que son escalones pequeños de 122 y 125mm de diámetro respectivamente.

$$\frac{360}{8repeticiones} = 45^{0}$$



1ra- 2da- 3ra- 4ta- 5ta- 6ta- 7ma- 8va-

<u>Estas mediciones se hicieron bajo mejores condiciones:</u>

-Temperatura de 17 grados.

-Instrumento: Micrómetro de 100-125mm.Marca-Mitutoyo.

-Iluminación buena.

-Pequeñas vibraciones.

-Ruido moderado.

-Buen estado de los equipos de medición.

-La pieza a medir se apoyo encima de una mesa.

-Sexo de la persona que midió: M y F.

-Poco polvo.

-El micrómetro se calibra a 100mm y por un operario del taller.

-Para las 8 primeras columnas se utiliza un coeficiente Xr = 121.98 y para las 8 ultimas columnas un coeficiente Xr = 124.98.

Nota: El parámetro que está en rojo fue lo que se cambio, el resto de los aspectos se mantiene constante.

-Para el ø = 122(-0.04) mm.

	1	2	3	4
No	**ø = 122(-0.04)mm**	**ø = 122(-0.04)mm**	**ø = 122(-0.04)mm**	**ø = 122(-0.04)mm**
X_1	121,971	121,975	121,970	121,960
X_2	121,970	121,970	121,965	121,960
X_3	121,960	121,980	121,960	121,965
X_4	121,970	121,980	121,965	121,965
X_5	121,975	121,975	121,961	121,965
X_6	121,969	121,970	121,960	121,961
X_7	121,970	121,960	121,965	121,960
X_8	121,965	121,960	121,970	121,965
X_9	121,970	121,965	121,975	121,961
X_{10}	121,970	121,965	121,975	121,961
X_{11}	121,960	121,970	121,960	121,961
X_{12}	121,975	121,961	121,961	121,960
X_{13}	121,980	121,965	121,965	121,970
X_{14}	121,970	121,960	121,965	121,961
X_{15}	121,975	121,965	121,970	121,965
X_{16}	121,961	121,960	121,960	121,965
X_{17}	121,964	121,954	121,965	121,970

X_{18}	121,971	121,965	121,970	121,960
X_{19}	121,970	121,961	121,975	121,960
X_{20}	121,965	121,960	121,970	121,970
X_{21}	121,985	121,960	121,965	121,965
X_{22}	121,980	121,965	121,970	121,970
X_{23}	121,965	121,960	121,970	121,965
X_{24}	121,970	121,965	121,965	121,965
X_{25}	121,975	121,960	121,965	121,960
Suma	3049,25600	3049,13100	3049,16200	3049,09000

Tabla.6: Mediciones para el ø = 122(-0.04) mm y así determinar la **circularidad** de la pieza (puntos 1-4)

	5	**6**	**7**	**8**
No	**ø = 122(-0.04)mm**	**ø = 122(-0.04)mm**	**ø = 122(-0.04)mm**	**ø = 122(-0.04)mm**
X_1	121.965	121.980	121.961	121.970
X_2	121.985	121.980	121.995	121.970
X_3	121.985	121.979	121.981	121.971
X_4	121.981	121.980	121.970	121.970
X_5	121.990	121.970	121.985	121.970
X_6	121.980	121.975	121.985	121.975
X_7	121.960	121.985	121.983	121.980
X_8	121.965	121.991	121.985	121.971
X_9	121.965	121.985	121.961	121.971
X_{10}	121.980	121.980	121.995	121.970
X_{11}	121.981	121.975	121.985	121.970
X_{12}	121.975	121.980	121.985	121.980
X_{13}	121.961	121.991	121.980	121.975
X_{14}	121.969	121.985	121.981	121.965
X_{15}	121.970	121.980	121.985	121.971
X_{16}	121.975	121.975	121.994	121.975
X_{17}	121.991	121.980	121.984	121.970
X_{18}	121.990	121.980	121.985	121.970
X_{19}	121.981	121.981	121.985	121.971
X_{20}	121.980	121.982	121.980	121.970

X_{21}	121.965	121.975	121.981	121.971
X_{22}	121.970	121.965	121.985	121.970
X_{23}	121.965	121.980	121.990	121.975
X_{24}	121.965	121.991	121.985	121.971
X_{25}	121.970	121.991	121.985	121.970
Suma	3049.36400	3049.51600	3049.57100	3049.29200
Media	121.97456	121.98064	121.98284	121.97168
S	0.00961	0.00639	0.00834	0.00330
X_{max}	121.99100	121.99100	121.99500	121.98000
X_{min}	121.96000	121.96500	121.96100	121.96500
R	0.03100	0.02600	0.03400	0.01500
CP	0.69377	1.04341	0.79935	2.01989
CPk	0.50506	1.01002	0.68585	1.17962
Cg	0.139	0.209	0.160	0.404
Cgk1	0.327	0.175	0.046	1.244
Cgk2	-0.050	0.242	0.273	-0.436

Tabla.7: Mediciones para el ø = 122(-0.04) mm y así determinar la **circularidad** de la pieza (puntos 5-8).

-Para ø = 125(-0.04) mm.

	1	**2**	**3**	**4**
No	**ø = 125(-0.04)mm**	**ø = 125(-0.04)mm**	**ø = 125(-0.04)mm**	**ø = 125(-0.04)mm**
X_1	124.975	124.980	124.965	124.965
X_2	124.960	124.995	124.965	124.969
X_3	124.970	124.985	124.980	124.975
X_4	124.970	124.985	124.980	124.989
X_5	124.975	124.980	124.980	124.980
X_6	124.960	124.980	124.965	124.960
X_7	124.985	124.965	124.985	124.979
X_8	124.975	124.960	124.979	124.975
X_9	124.975	124.975	124.985	124.975
X_{10}	124.980	124.980	124.960	124.980
X_{11}	124.989	124.970	124.970	124.970
X_{12}	124.989	124.980	124.969	124.970

X_{13}	124.979	124.980	124.970	124.965
X_{14}	124.979	124.975	124.980	124.970
X_{15}	124.979	124.985	124.980	124.970
X_{16}	124.980	124.980	124.965	124.980
X_{17}	124.979	124.975	124.980	124.980
X_{18}	124.970	124.960	124.985	124.979
X_{19}	124.975	124.965	124.965	124.980
X_{20}	124.979	124.980	124.975	124.980
X_{21}	124.980	124.975	124.980	124.990
X_{22}	124.970	124.980	124.975	124.985
X_{23}	124.995	124.975	124.975	124.980
X_{24}	124.980	124.980	124.970	124.979
X_{25}	124.960	124.970	124.965	124.980
Suma	3124.40800	3124.41500	3124.34800	3124.40500
Media	124.97632	124.97660	124.97392	124.97620
S	0.00867	0.00813	0.00763	0.00734
X_{max}	124.99500	124.99500	124.98500	124.99000
X_{min}	124.96000	124.96000	124.96000	124.96000
R	0.03500	0.03500	0.02500	0.03000
CP	0.76907	0.82009	0.87355	0.90792
CPk	0.62756	0.68068	0.60799	0.73541
Cg	0.154	0.164	0.175	0.182
Cgk1	0.295	0.303	0.440	0.354
Cgk2	0.012	0.025	-0.091	0.009

Tabla.8: Mediciones para el ø = 125(-0.04) mm y así determinar la **circularidad** de la pieza (puntos 1-4).

	5	**6**	**7**	**8**
No	**ø = 125(-0.04)mm**	**ø = 125(-0.04)mm**	**ø = 125(-0.04)mm**	**ø = 125(-0.04)mm**
X_1	124.961	124.961	124.970	124.975
X_2	124.965	124.980	124.965	124.980
X_3	124.975	124.965	124.963	124.980
X_4	124.970	124.965	124.970	124.975
X_5	124.960	124.960	124.960	124.970

X_6	124.975	124.965	124.970	124.965
X_7	124.985	124.965	124.965	124.965
X_8	124.980	124.970	124.960	124.975
X_9	124.984	124.970	124.970	124.980
X_{10}	124.965	124.975	124.965	124.970
X_{11}	124.970	124.970	124.970	124.970
X_{12}	124.960	124.975	124.961	124.970
X_{13}	124.960	124.970	124.965	124.965
X_{14}	124.970	124.970	124.970	124.980
X_{15}	124.965	124.980	124.980	124.980
X_{16}	124.970	124.965	124.970	124.980
X_{17}	124.965	124.965	124.970	124.970
X_{18}	124.970	124.970	124.965	124.970
X_{19}	124.965	124.975	124.960	124.965
X_{20}	124.970	124.975	124.960	124.975
X_{21}	124.980	124.965	124.970	124.980
X_{22}	124.980	124.965	124.975	124.965
X_{23}	124.980	124.965	124.970	124.975
X_{24}	124.981	124.970	124.970	124.980
X_{25}	124.980	124.960	124.965	124.970
Suma	3124.28600	3124.21600	3124.17900	3124.33000
Media	124.97144	124.96864	124.96716	124.97320
S	0.00803	0.00563	0.00501	0.00575
X_{max}	124.98500	124.98000	124.98000	124.98000
X_{min}	124.96000	124.96000	124.96000	124.96500
R	0.02500	0.02000	0.02000	0.01500
CP	0.83059	1.18488	1.32962	1.15906
CPk	0.47510	0.51187	0.47600	0.76498
Cg	0.166	0.237	0.266	0.232
Cgk1	0.522	0.910	1.120	0.626
Cgk2	-0.189	-0.436	-0.588	-0.162

Tabla.9: Mediciones para el ø = 125(-0.04) mm y así determinar la **circularidad** de la pieza (puntos 5-8).

Análisis de los errores de la medición.

El error de circularidad esta dado por la diferencia entre la media máxima y la mínima del proceso en cada diámetro, en los 8 puntos. Este error no será exacto ya que para saberlo se tendrá que emplear un instrumento que mida en 3 coordenadas.

Diámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
$122^{0}_{-0.004}$	121,9702	121,9652	121,9664	121,9636	121,9745	121,9806	121,9828	121,9716
$125^{0}_{-.004}$	124,9763	124,9766	124,9739	124,9762	124,9714	124,9686	124,9671	124,9732

Tabla.10: Errores de cilindricidad para los diámetros $122^{0}_{-0.004}$ y $125^{0}_{-.004}$.

$$E_1 = 121{,}9828 - 121{,}9636 = 0.0192$$
$$E_2 = 124{,}9766 - 124{,}9671 = 0.0095$$

Al calcular el error de cilindricidad para los diámetros $122^{0}_{-0.004}$ y $125^{0}_{-.004}$ se tiene que este es menor que el referido en el plano por lo que la camisa presenta errores menores que los que te permite el diseñador. Además los errores de circularidad cometidos son menores que los establecidos por las normas, por lo que la pieza esta dentro de las exigencias hechas por el diseñador.

2.5-) Conclusiones Parciales del capítulo.

1) El proceso de medición se caracteriza por obtener mediante procesamientos estadísticos los parámetros que describen la tendencia central y los que describen la dispersión del proceso donde estos tienen una gran importancia.

2) Como la dispersión tiene que ser $\leq T$ se espera que el Cp$\geq$1 y al no comportarse de esta manera el Cp en ninguno de los diámetros de la pieza, esto

traerá como consecuencia el desecho de productos a lo largo de toda la fabricación.

3) Siendo el $Cp \leq 1$ el Cpk no cumple su función por lo que no existe homogeneidad en el centrado.

4) Se comprobó que la medición utilizada por la empresa ocurre lo mismo pero al contar con pocas mediciones estos errores pueden ser mas frecuentes.

Nota: En ninguna de las mediciones realizadas se encontraron valores extraños.

CAPÍTULO III: Recomendaciones para disminuir los errores en la producción de camisas en la empresa.

3.1-) Especificaciones en la producción de camisas en la empresa Enrique Villegas.

Clasificación para la elaboración de las camisas para motores de gasolina utilizada en la empresa.

M: 0.00-0.02

C: 0.02-0.04

U. 0.04-0.06

Especificaciones de la pieza:

1- Dimensiones no toleradas. H13 para agujeros, H13 para ejes y J13para las longitudes.
2- No se permiten poros, grietas o cavidades en la superficie que deberán ser maquinadas.
3- Composición química de la fundición: C: 3.0-3.2%, Si: 1.1-2.2%, Mn: 0.6-0.85%, Cr: 0.2-0.3%, P: 0.3-0.4%.
4- Proteger toda la superficie con grasa SEATM-201 GOS6267-74.
5- Término de dureza: HB: 240-245.
6- Equipo ZIL-130 Empresa transporte.

La realización del plano en AutoCad fue hecha en la empresa utilizando normas rusas o por catálogos del ZIL 130. Estas tienen algunas tolerancias de forma y posición fuera de rango según la norma ISO. (Ver el plano en el Anexo.1)

Según la norma ISO:

Para el diámetro exterior de 122mm y 125mm respectivamente se tiene que:

Ta= 40 μm =-0.04mm para un It_7, por lo tanto tenemos que:

$122\,H7^{0}_{-0.04}$ $125\,H7^{0}_{-0.04}$ Ta=ES-EI EI=0

ES=Ta

Para el grado de tolerancia It_7 los niveles de precisión y el grado de precisión son:

Grado de tolerancia.	**7**		
Nivel de precisión.	A	B	C
Grado de precisión.	VI	V	IV

Tabla.11: Relación entre los grados de tolerancia y los de precisión de acuerdo a los niveles de precisión geométrica relativa.

Donde:

A: Normal VII: Normal.

B: Alto VI: Elevado

C: Elevado V: Alto.

Grado de precisión.	VI	V	IV
Cilindricidad	30 µm	20 µm	12 µm
Circularidad	30 µm	20 µm	12 µm
Concentricidad y Coaxialidad	12 µm	8 µm	5 µm

Tabla.12: Tolerancias de cilindricidad, circularidad concentricidad y coaxialidad.

En la empresa en muchas ocasiones las tolerancias se dan por la experiencia que tenga el que realiza el diseño de la pieza o por el operario. En algunas piezas se tienen errores debido a que no tiene como determinar los mismos ya no cuentan con máquinas que permitan determinar la cilindricidad y circularidad de la pieza. En algunos casos se hacen varias mediciones en un mismo diámetro en varios puntos de la pieza pero como esto es proceso muy engorroso, solo se toma una pieza de guía ya que son grandes producciones.

No tienen tecnólogo por lo que las cartas tecnológicas se hacen en muchos casos con ayuda del operario del torno CNC que tiene gran experiencia en la

fabricación de las camisas, para esto utilizan los catálogos de cada máquina de herramienta que se emplea en el proceso de fabricación.

Pasos que se siguen en la empresa a la hora de realizar una tecnología.

Para el torno CNC.

1. Revisar visualmente la camisa antes del montaje (detectar rajaduras o poros).
2. Montaje de la camisa en la pinza. Poner el punto hidráulico.
3. Mecanizar las camisas según el programa.
4. Desmontar las camisas.
5. Verificar todas las medidas según el plano.
6. Revisar visualmente la aparición de poros de poros, rajaduras u otros defectos.

Para realizar el bruñido.

1. Montar la camisa en el dispositivo.
2. Control dimensional.
3. Realizar el bruñido de desbaste utilizando para ello barras abrasivas de grano 120. (con rpm=300, el bruñido con hélices cruzadas con pasos contrario y un ángulo de las hélices de aproximadamente 30 grados.)
4. Controlar las medidas según croquis.
5. Se le realiza el bruñido de acabado con las mismas condiciones de trabajo que el desbaste, pero utilizando barras abrasivas de grano (250-400)
6. Se desmonta la camisa, se mide y se clasifica por el control de la calidad.

Carta tecnológica para la realización de la pieza.

Camisas de ZIL 130.

Material de la pieza.

-Descripción. Hofo Centrifugado.

-Vista. Irregular.

-Dimensiones. ϕ161,2x259

-U.M. kg

-Peso Neto. 6,55

-Peso Bruto. 28,3

Producto a que pertenece la pieza. Block ZIL-130.

Dispositivos.

1-Torneado.

-Plato de tres muelas especial ya que tiene un ángulo de 18 grados en la boquilla o bocina.

-Mandril.

2-Torneado en CNC.

-Pinza interior. (Anexo 6)

5-Control final.

-Manual.

Herramientas de corte.

1-Torneado.

-Cuchillas de 45, de 90 y de tronzar.

2-Torneado en CNC.

- Cuchillas (zarmvic, wader).

5-Control final.

-Marcadores secos, letras o números.

Equipos de seguimiento y medición.

-Micrómetro (100-125) y (125-150) mm

-Pie de Rey (0-200) mm

-Comparador de Carátula (50-160) mm

-Visual.

Procesos por los cuales pasan las camisas de ZIL 130 para su fabricación.

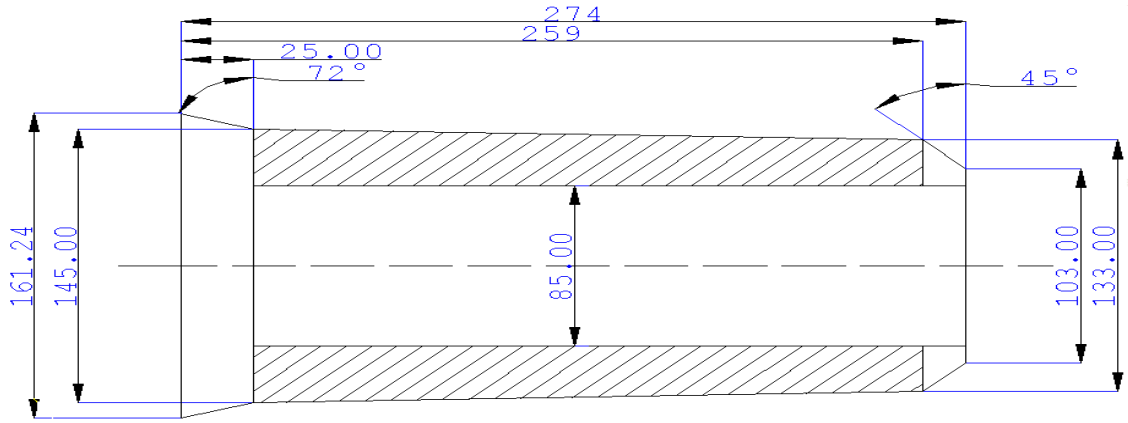
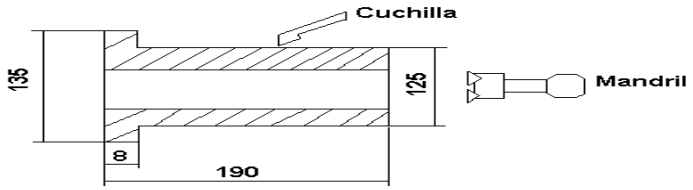


Fig.7 Croquis de la pieza que sale del taller de fundición para hacer la camisa.

-Pre-desbaste (en un torno revólver IP365B).



-Tono de control numérico (CNC), rpm-136, F-0.4

-Mandrilado ($100^{0}_{-0.10}$)

-Bruñido ($100^{+0.06}_{0}$)

-Control final.

Secuencia de pasos tecnológicos:

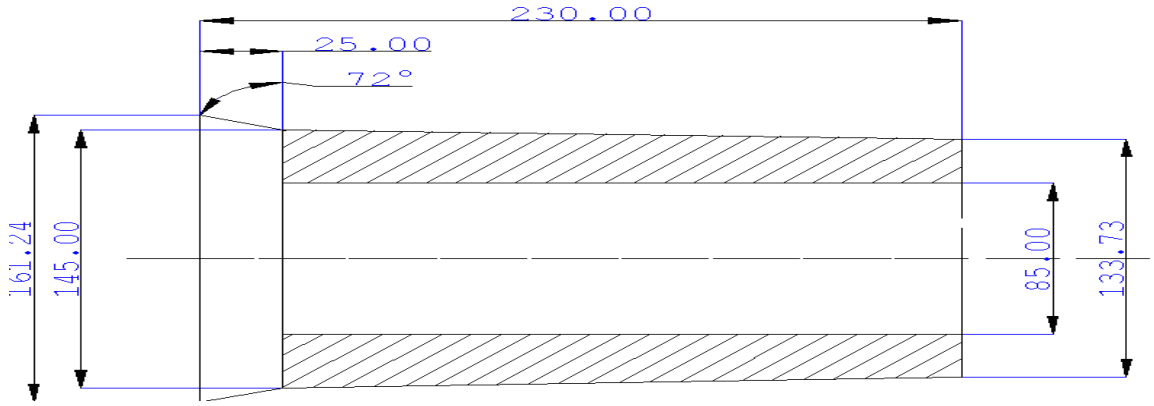


Fig.8 Croquis de la pieza que llega al taller de maquinado.

A) **Torneado (Torno Revolver 1P 365B).**

Montaje y sujeción por ϕ exterior 161.2 o bocina.

1-Cilindrar en desbaste ϕ135 a una longitud de 195mm.

Paralelamente a este proceso se desbasta el interior.

2-Cilindrar en desbaste ϕ190 hasta ϕ128 manteniendo 181mm de longitud.

3-Cilindrar en desbaste ϕ125 a una longitud de 176mm.

4-Mandrinar a desbaste ϕ98 pasante.

5-Tronzar a una longitud de191mm.

6-Control.

B) **Torno CNC**

1-Montaje y sujeción en dispositivo (pinza).

2-Control.

C) **Mandrilado (Mandrinadora Vertical 2A271).**

1-Montaje y sujeción en dispositivo.

2- Mandrinar a ϕ100 con una rugosidad de 3,2.

3- Control.

D) **Bruñido (Bruñidora B1V).**

1-Montaje y sujeción en dispositivo.

2-Bruñido a ϕ100 con una rugosidad de 0,8.

3-Control.

E) **Control final a 0 defecto.**

1-Montar en mármol para hacer el marcaje.

2-Conservación.

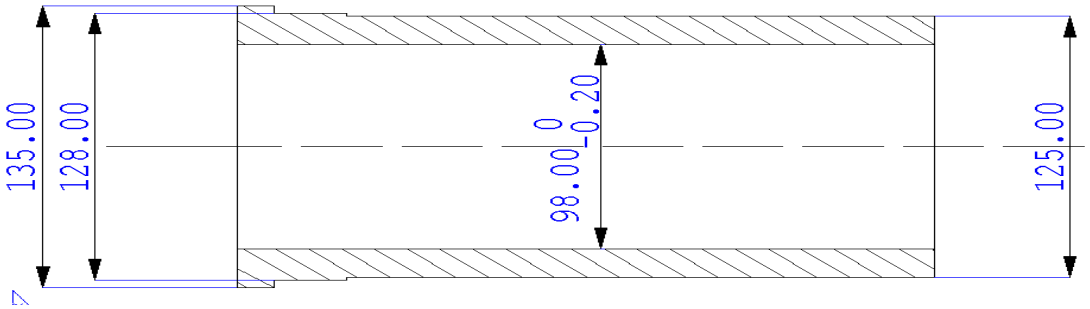


Fig.9 Croquis de la pieza que entra al torno CNC.

Programa CNC para las camisas ZIL 130.

N1-) M42

N2-) G92 S300

N3-) G96 S300 M03

N4-) G94 X355,142 Z-56 F5000 T0303 M06

N5-) X96 Z-60 M08

N6-) G95 Z-61,5 F0,15

N7-) X118 F2

N8-) Z-82 F0,35

N9-) X122,5 Z-88

N10-) Z-67 F5

N11-) X109

N12-) X114,85 Z-71 F0.40

N13-) Z-80

N14-) G92 X122.5 Z-89 R15

N15-) Z-114 F0.6

N16-) X188 Z-126 F0.4

N17-) Z126

N18-) Z-230 F0.60

N19-) Z-236 F0,25

N20-) X127 Z-242 F0.35

N21-) Z-250

N22-) X122,5 Z113 F10

N23-) G92 S450

N24-) X115 Z121 F0,50

N25-) Z-119

N26-) X117 Z-201

N27-) Z-237 F0,6

N28-) X125,5 Z-243

N29-) Z250 F0.5

N30-) X124 F0,35

N31-) X128 F5

N32-) X132,06 Z-252,5 F0,30

N33-) Z-260

N34-) G94 X355,142 Z-230,380 F8000 M09

N35-) M42

N36-) G97 S300 M03

N37-) G94 X317,016 Z-243,6 F5000 T0606 M06

N38-) X133 Z-254

N39-) G95 X129 Z-257 F0,35

N40-) X94

N41-) Z255

N42-) Z263 F5

N43-) X137 F10

N44-) G94 X317,016 Z-200 F8000

N45-) M42

N46-) G92 S300 M03

N47-) G94 X299,045 Z240,644 F5000 T0707 M06

N48-) X133 Z-247

N49-) G95 X122 F0,35

N50-) X126 Z246,7

N51-) G94 X299,045 Z-55 F8000

N52-) M41

N53-) G92 S600

N54-) G96 S500 M03

N55-) G94 X309,627 Z-56 F5000 T0808 M06

N56-) X121,94 Z-80

N57-) G95 Z102 F0,2

N58-) X121,95

N59-) Z122

N60-) X125,04 Z-235 F6

N61-) Z-245 F0,2

N62-) G94 X309,627 Z-56

N63-) M42

N64-) G97 S250 M04

N65-) G94 X317,016 Z-243,6 F5000 T0606 M06

N66-) X112 Z-62

N67-) G95 Z-67 F0,35

N68-) Z-60 F5

N69-) G94 X330,181 Z-66 F8000

N70-) M42

N71-) G97 S150 M03

N72-) G94 X339,418 Z-6,4 F5000 T0404 M06

N73-) X123 Z-88,5

N74-) G95 X117 F0,20

N75-) X123 F8

N76-) Z-97,5

N77-) X117 F0,20

N78-)X123 F8

N79-) G94 X339,418 Z-65,120 F8000

N80-) X355,142 Z-56 T0363 M06

N81-) T0303

N82-) T0303

N83-) M30

Correcciones de la herramienta.			
OFX		OFX	
T0303	448,920	T0303	418,320
T0606	410,544	T0606	405,400

T0101	392,573	T0101	364,656
T0808	403,210	T0808	363,500
T0101	423,715	T0101	349,000
T0404	432,446	T0404	408,600

Tabla.13 Correcciones de la herramienta utilizada en la empresa Enrique Villegas.

Al revisar la tecnología de la pieza maquinada para arranque de viruta que esta centrada en dos operaciones de torneado, mandrilado y bruñido donde se tienen los siguientes comentarios.

La primera operación de torneado se hace en un torno 1P 365B revólver, la pieza se monta en un dispositivo especial bien concebido que permite con un solo montaje elaborar la pieza en bruto (de fundición) exterior e interiormente, dejando sobremedida para la siguiente operación de torneado. En esta operación se elabora en pasadas de acabado el interior y exterior de la pieza de manera simultánea lo cual reduce el tiempo de operación de la misma. No se pudo elaborar la tecnología ya que no existe y el operario toma las decisiones al respecto. Esta tecnología no se hizo ya que no se conoce con que herramientas cuenta el taller para hacer esta pieza.

La segunda operación de torneado se realiza en una máquina con CNC, en esta operación la máquina se coloca con este dispositivo especial (Ver en el anexo 6) por el diámetro interior y se elabora hasta el acabado todas la superficies exteriores de la pieza lo cual consideramos adecuado, esto se hace todo a la vez ya que en este maquinado se puede obtener desplazamientos muy precisos y disminuirá al mínimo los tiempos auxiliares pues los desplazamientos donde la herramienta no están se programan y se realizan por la vía mas corta posible y con movimiento rápido.

Se tiene un programa CNC con el que se hicieron varias piezas considerando puede optimizarse mucho más, en el aparecen desplazamientos de posicionamiento con milésimas de milímetro lo cual esta incorrecto, se usa un

gran número de bloques (83) en el programa y puede reducirse mucho si se emplea un ciclo fijo, función que simplifica la programación ya que permite programar en un solo bloque varias pasadas de la herramienta.

El programa se intento hacer pero para ello se necesita una serie de datos de las herramientas disponibles que no se obtuvieron por la falta de tecnólogo en la empresa, así como del control y del torno, y no se dispone de toda la información.

3.2-) Valoraciones económicas sobre el proceso de fabricación de camisas en la Empresa Enrique Villegas.

Fichas de costo para la fabricación de camisas.

EPSM: Enrique Villegas Martines			**Modelo de insumos**				
UEB: Piezas y Equipos Agrícolas			**Fabricación de Camisas ZIL-130**				
			Código: 720-399-0010				
Código	*Descripción*	*U/M*	*Cant*	*Precio Unitario*		*Importe*	
				CUC	MN	CUC	MN
720-300-1144	Semiproducto Fundido	u	600	7.14	9.36	4284	5616
S/C	Gastos de dispositivos		1		1352	0	1352
225-201-0016	Petróleo	lit	25	0.3047		7.618	0
233-230-0122	Aceite soluble	lit	83.25	1.0696		89.04	0
233-216-0102	Aceite de maquina 100	lit	22	0.71163		15.66	0
S/C	Consumo herramental		1	985.25		985.3	0
S/C	Consumo eléctrico	Kw.	10412	0.12		1249	0

Tabla.14: Modelo de insumos.

Fuerza de Trabajo				
Categoría Ocupacional	**Cant Trab**	**Sal/Hora**	**Horas Trabajadas**	**Importe**
Tornero A	0	1.14		0
Verificador	1	1.39	172	239.1
Operador de Maquina de Cortar Metales	0	0.72		0
Mecánico de taller A	1	1.41	120	169.2
Mecánico de taller B	1	1.22	324.1	395.4

Pintor	0	0.64		0
Estibador	1	0.94	66	62.04
Total				865.7

Tabla.15: Salarios para cada una de las categorías ocupacionales de la empresa.

El costo de producción para 600 camisas de ZIL-130 es de:

- 7833.749 MN
- 6631.008 CUC

Esto quiere decir que cada camisa cuesta:

- 13.05625 MN
- 11.05168 CUC

Llevando esto a una sola moneda (MN) sale que:

- 173608.949 por las 600 camisas.
- 289.348 por cada camisa

Para hacer los cálculos económicos en esta fabricación se tienen en cuenta una serie de aspectos que son necesarios para la producción de las camisas entre los que se encuentran los gastos por mano de obra y otros gastos:

Gastos en mano de obra:

-Verificador

-Operador de Máquina de Cortar Metales

-Mecánico de taller A

-Mecánico de taller B

-Estibador

Gastos en salarios indirectos de la producción:

-Personal de dirección

-Personal técnico

-Personal auxiliar y de apoyo

Gastos en atención al hombre:

-Alimentación

-Transportación

-Vestuario

Otros gastos:

- Dispositivos

-Semiproducto Fundido

-Petróleo

-Aceite soluble

-Aceite de máquina 100

-Consumo herramental

-Consumo eléctrico

Uno de los aspectos más importantes fue el costo herramental en el cual se tuvo en cuenta el costo de la herramienta y la cantidad de piezas a fabricar con ella. Si el costo de la herramienta se eleva pero aumenta en mayor proporción el número de piezas elaboradas, hay un aumento de la productividad además disminuye el costo por pieza y hay una compensación del alto costo de la herramienta (la herramienta se paga en poco tiempo).

El empleo necesario y racional, siempre que se justifique, de estos aditamentos permiten fabricar una pieza con calidad y en un tiempo lógico, usarlos en exceso encarecen los costos pues no solo aumenta el tiempo de fabricación, sino que disminuye la productividad, también se deterioran más rápidamente siendo necesario su reemplazo por una costosa inversión.

En el costo de una pieza también va el de concepto de salario ya sea de los operarios vinculados directamente a la producción (torneros, fresadores, rectificadores, talladores, mecánicos ajustadores y mecánicos de taller con diferentes categorías, según su preparación, A, B y C), en el caso del mecánico de taller cuando adquiere esa calificación es porque es capaz de trabajar en

cualquiera de las máquinas herramienta mencionadas, el salario de ellos depende de su calificación por eso se encarece el costo de una pieza mientras más calificados sean los operarios que participen en su fabricación, por supuesto teniendo en cuenta la complejidad de elaboración de la pieza. Por eso una correcta selección de los operarios y su calificación redunda en un lógico y adecuado costo pues fabricarían la pieza con la calidad y exigencias requeridas en el tiempo necesario.

Es negativo el efecto que provoca elaborar piezas muy sencillas con operarios muy calificados (cobran más de salario y se encarece el costo de producción desaprovechándose además las capacidades de una persona preparada) o al revés, por ahorrar dinero en salarios indicarles a operarios poco calificados que elaboren piezas con un grado de complejidad determinado, estas piezas tienen altas probabilidades de ser rechazadas en el control de calidad y perderíamos tiempo, trabajo, la pieza y por ende dinero.

3.3-) Conclusiones parciales del capítulo.

1) La tecnología realizada por la empresa presenta gran número de bloques lo que trae consigo poca eficiencia a la hora de fabricar las piezas.

2) El costo de producción para 1 camisa de ZIL-130 es de 13.05 MN, debido a esto un aspecto importantes es el costo de la herramienta y la cantidad de piezas a fabricar con ella, ya que si el costo de la misma se eleva pero aumenta en mayor proporción el número de piezas elaboradas, hay un aumento de la productividad y además disminuye el costo por pieza.

Conclusiones Generales:

1) En este proceso no se cumplen los parámetros que describen la medida de la tendencia central y la dispersión estadística del proceso, que deben relacionarse con los parámetros de especificación del proceso y se expresa por los índices Cp y Cpk.

2) En el proceso de medición una herramienta más en la producción que permite aumentar la productividad del trabajo es la computación, a partir de la disminución del tiempo de cálculo ya que se trabaja directamente sobre la prevención de los errores con la utilización de métodos estadísticos.

3) La pieza presenta menores errores de cilindricidad y circularidad ya que al ser calculado es menor que los especificados en el plano por el diseñador.

4) Los factores que tiene mayor influencia en la incertidumbre de la medición de la camisa para las condiciones seguidas en la tesis fueron:

-El medio donde se realizan de mediciones.

-La persona que desarrollo la medición.

-El Instrumento de medición

Recomendaciones:

1) Se recomienda a la empresa que al realizar el control de calidad de cada pieza se realicen varias mediciones (hasta 6) para que se pueda determinar con más exactitud y precisión el error de la medición.

2) Se recomienda hacer una nueva tecnología para el torno CNC que tenga menor número de bloques para aumentar la productividad en colaboración con profesores de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

Bibliografía:

1. [cited; Available from: F:\Tesis\Tesis Rafael\internet\error.htm.

2. Derrégibus, M.-F., J. Acerca de la incertidumbre de medición en los ensayos químico analíticos. 2002 [cited; 10]. Available from: www.uniram.com.ar.

3. ERRORES. [cited; Available from: F:\Tesis\Internet\error.htm.

4. Metrología.

5. Garcías, I.A.P., Curso de Instrumentación. p. 261.

6. Rivero, L.P.R.y.M.L., Determinación de la influencia de la incertidumbre de la medición sobre la magnitud efectiva de la tolerancia. 2005: Santa Clara. p. 8.

7. Wisweh, P.D.I.N.C.M.y.P.D.I.L., Determinación y Consideración de las Mediciones en los Procesos de Manufactura. 2001: Alemania. p. 11.

8. Martínez, W.A.S.y.R.J.L., GUÍA PARA ESTIMAR LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN., Q. El Marqués, Editor. 2004: México. p. 27.

9. Sardiñas, I.F.d.C.H., Metrología dimensional. 1986.

10. Determinación del error en las mediciones.: Portal Docente.

11. ONARC: POLÍTICA DE INCERTIDUMBRE DE LAS MEDICIONES. 2007. p. 9.

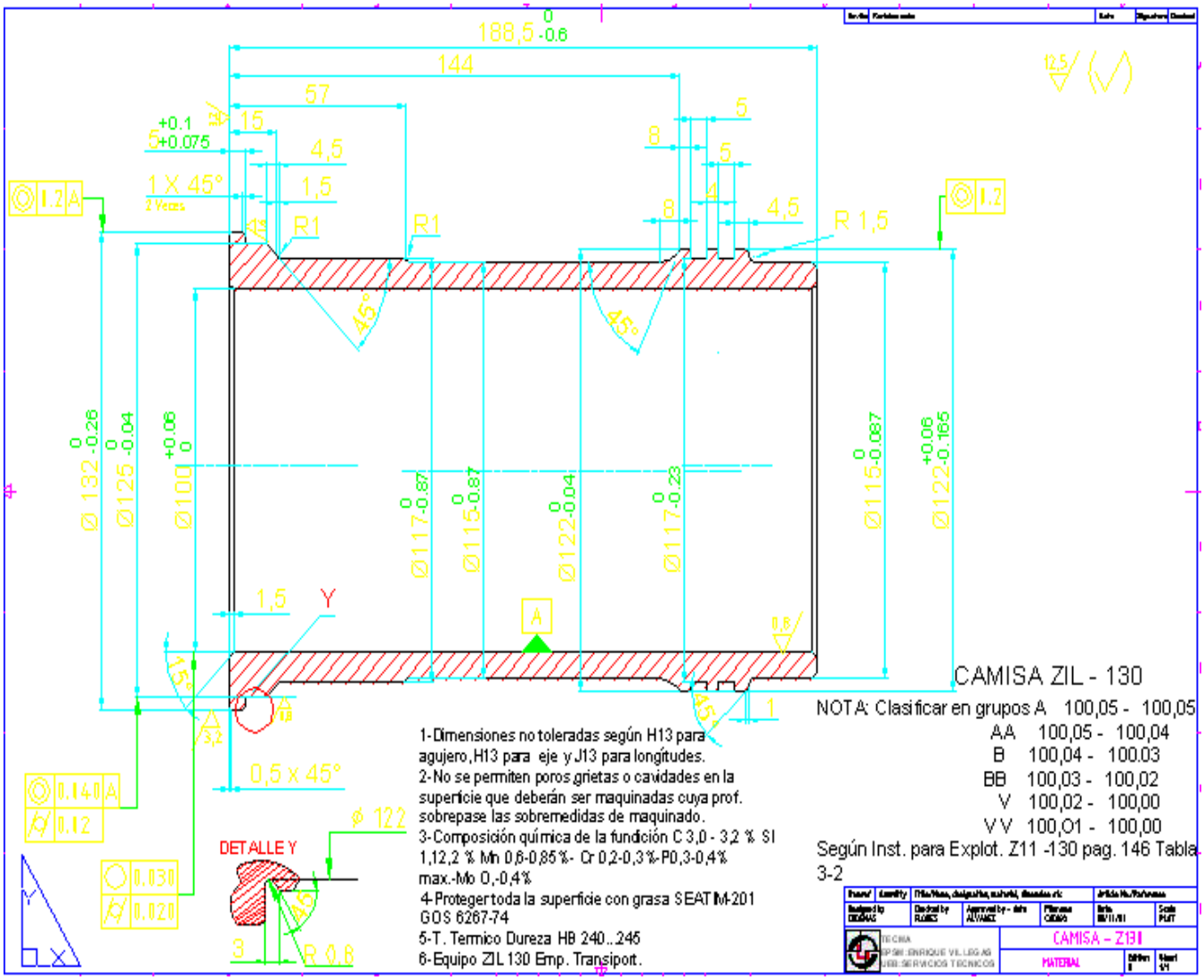
12. ¿Qué es la Metrología?, in Metrología.

13. Fundición centrifugada. [cited; Available from: http://es.wikipedia.org/wiki/Fundici%C3%B3n_centrifugada.

14. Jóvaj, M.S., Motores de automóvil. Tomo II. 1985, La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

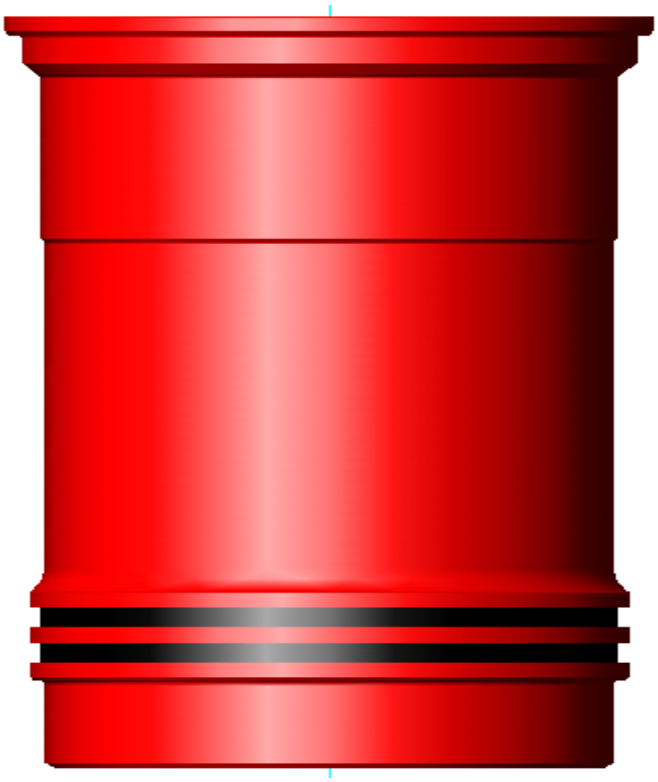
15. Dietrich, E.S., A., Statistische Verfahren zur Maschinen und Prozeßqualifikation. Vol.1. 1996, München Wien: Carl Hanser Verlag. 372.

Anexos:



Anexo.1 Plano de pieza de la camisa ZIL-130.

Anexo.2 Camisa de ZIL 130 utilizada para tomar las mediciones exteriores.



Anexo.3 Camisa de un ZIL 130 en Mechanical Desktop que se toma para realizar las mediciones exteriores.

Anexo.4 Micrómetros que se utilizaron para tomar las mediciones exteriores de la camisa de ZIL 130.

Anexo.5 Torno de control numérico que se emplea para fabricar las camisas de ZIL 130 en la empresa Enrique Villegas de la ciudad de Santa Clara.

Anexo.6 Dispositivo que se emplea para el torneado exterior de las camisas del ZIL 130 en el torno CNC en la empresa Enrique Villegas de la ciudad de Santa Clara.

Anexo.7 Dispositivo que se emplea para el torneado exterior de las camisas del ZIL 130 colocado en el torno CNC de la empresa Enrique Villegas de la ciudad de Santa Clara.