

Exigencias técnicas de la pieza en bruto y calidad de elementos maquinados / Technical requirements for the rough piece and quality of machined elements

José Castelló-González¹ jose.castello@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0001-8399-7034>,
Lilian Chaviano-Tovar² <https://orcid.org/0000-0002-2177-5169>, Silvio del Risco-Alfonso¹
<https://orcid.org/0000-0001-7228-7360>, Juan C. Ortega-Zayas Bazán² <https://orcid.org/0000-0001-7138-4166>

Institución de los autores

¹ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Cuba

² Fábrica de Candados y Cerraduras (FCC). Camagüey. Cuba

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento - No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Resumen

En los procesos de maquinado, la pieza en bruto debe cumplir exigencias que permitan satisfacer los requerimientos de diseño del producto. En la investigación se aplicó esta premisa en el caso de un determinado perfil de aleación de base cobre, que serviría de pieza bruta en la fabricación de cuerpos de candados de gancho. De cumplirse con las exigencias tecnológicas establecidas, se podría entonces sustituir el perfil empleado anteriormente. Se realizó el análisis de la composición química y medición de la dureza y se verificaron los parámetros geométricos y dimensionales de los perfiles. Se constató que el nuevo perfil mostró diferencias significativas respecto al perfil inicial, suministrado por el proveedor de la tecnología. Ello permitió concluir que no se cumplían los requisitos demandados para estos parámetros, causales de problemas operativos y deficiente calidad del producto en pruebas realizadas, por lo que no resultaron aptos para el proceso.

Palabras clave: Tolerancias de dimensión y Forma; Perfiles laminados base Cu; Bases tecnológicas; Capacidad del proceso.

Abstract

In machining processes, the blank must meet requirements that make it possible to meet the design requirements of the product. In the investigation, this premise was applied in the case of a certain copper-based alloy profile, which would serve as a blank in the manufacture of hook

padlock bodies. If the established technological requirements are met, the previously used profile could then be replaced. The analysis of the chemical composition and measurement of the hardness was carried out and the geometric and dimensional parameters of the profiles were verified. It was found that the new profile showed significant differences with respect to the initial profile, supplied by the technology provider. This allowed us to conclude that the requirements demanded for these parameters were not met, causing operational problems and poor quality of the product in tests carried out, so they were not suitable for the process.

Key words: Dimension and shape tolerances; Cu-based rolled profiles; Technological bases; Process capability.

Introducción

En los procesos de manufactura, en los que intervienen máquinas y recursos humanos en el procesamiento directo, el diseño del proceso de fabricación puede resultar complicado, porque el número de procesos involucrados es elevado y el producto acumula la variabilidad de cada uno de los subprocesos. Como consecuencia, hay un alto costo de afectación a la calidad por no cumplir con las especificaciones y ello obliga a centrarse en los procesos que originan tal resultado, analizar las actividades que realmente agregan valor al producto: los materiales, los métodos, los criterios y flujos de trabajo, la actitud de trabajo, las máquinas y otras (Nafisi, et al., 2019) (Gutiérrez, 2010).

En la mayoría de los procesos de mecanizado, la procedencia (referida principalmente al tipo de elaboración previa), condiciones generales (dadas fundamentalmente por el material, con sus propiedades inherentes) y la garantía de las exigencias dimensionales y de forma de la pieza en bruto, constituyen elementos condicionantes de la calidad final del producto a obtener. Durante las operaciones de maquinado intervienen un conjunto de factores, entre los cuales se encuentran los dispositivos de fijación y posicionamiento, que aseguran la adecuada basificación y con ello, que se alcancen las dimensiones y ubicaciones relativas de superficies, orificios y otras. Por eso resulta necesario asegurar que la pieza en bruto permita cumplir adecuadamente con esa fijación y posicionamiento, tal como sucede en el caso objeto de estudio del presente trabajo.

En las publicaciones de Wang, et al. (2020) y Chaudhari y Hashimoto (2018) se constata, en el primero de ellos, la influencia del error de posicionamiento de la superficie de la pieza en elaboración cuando se producen elevadas fuerzas y vibraciones en el proceso de maquinado, y en el segundo, la importancia de disponer de un eficiente dispositivo de fijación de la pieza

en bruto, para la realización del torneado duro, proceso en el cual se provocan elevadas fuerzas de corte y que tiene particulares exigencias en este sentido.

La tolerancia es una definición propia de la metrología industrial que se aplica a la fabricación de piezas en serie.

El propósito de los intervalos de tolerancia es el de admitir un margen para las imperfecciones en la manufactura del producto, ya que se considera imposible la precisión absoluta desde el punto de vista técnico, o bien no se recomienda por motivos de eficiencia; es una buena práctica de ingeniería el especificar el mayor valor posible de tolerancia mientras el componente en cuestión mantenga su funcionalidad, dado que cuanto menor sea el margen de tolerancia, la pieza será más difícil de producir y por lo tanto, más costosa.

El empleo de técnicas estadísticas ha permitido la mejora de los sistemas operacionales y el logro de mayor competitividad en la fabricación de productos (Hernández y Da Silva, 2016).

La obtención del comportamiento de la geometría real de una serie de piezas se realiza tomando muestras en orden de fabricación ($n \geq 25$ piezas) dentro de las cuales no se pueden realizar correcciones del proceso, para mantener un proceso estable, lo que permite garantizar que las condiciones de elaboración se mantengan constantes, así como las condiciones de control (Chaviano, 2017).

En la actualidad la evaluación de los procesos se realiza fundamentalmente mediante las llamadas "*habilidades*" o los correspondientes índices de capacidad. Estos son los resultados de cómputo de las comparaciones de determinados índices de dispersión, de la tendencia central del proceso y de la tolerancia de especificación. Los parámetros se distinguen de la forma siguiente: potencial del proceso y capacidad del proceso (Aravind, et al., 2017).

Para designar la capacidad del proceso se utilizan los coeficientes capacidad del proceso (*process capability*), capacidad preliminar del proceso (*preliminary process capability*) y capacidad de la máquina (*machine capability*).

En todo proceso de fabricación, además de existir un cierto grado de variabilidad inherente o natural, también pueden estar presentes otros tipos de variabilidad. Estas variaciones no se pueden eliminar por completo, pero se pueden controlar y mantener bajo ciertos márgenes, lo cual puede ser verificado mediante el análisis o estudio de la capacidad del proceso.

La localización de la media del proceso (su tolerancia central) se describe mediante la consideración de ambos índices C_p y C_{pk} . Según las expectativas del cliente se pudieran requerir los valores: $C_p \geq 1,33$ y $C_{pk} \geq 1,0$. Existen diferentes valores de capacidad del proceso

desde 1 hasta 1,33, este último valor indica las posibilidades potenciales de obtener una característica de calidad del proceso.

En la literatura se establecen como parámetros de partida de procesos que se encuentren controlados geoméricamente y aseguren la intercambiabilidad de los mismos, que el índice de capacidad del proceso (C_p) sea igual a 1,33 y que el índice de capacidad crítico (C_{pk}) sea igual a 1 (Chaviano y Coello, 2016).

Estos principios se aplicaron en el presente estudio, que estuvo dirigido a determinar las características desde el punto de vista de composición, dureza, parámetros geoméricos y dimensionales de un perfil, cuya denominación comercial es CW614N, a fin de verificar si estos se ajustan a las exigencias tecnológicas de las piezas brutas para la fabricación del cuerpo de candados.

El problema surge a partir de querer sustituir de las barras (perfiles) recomendadas inicialmente por el diseñador y fabricante de la tecnología adquirida en Europa para producir candados, por otras suministradas por un nuevo proveedor (asiático), lo que originó problemas durante la elaboración del cuerpo del artículo, con interrupciones y afectación a la precisión de los mismos. Comenzó a manifestarse una disminución en la productividad y en la calidad del producto.

Materiales y Métodos

Determinación de la composición química y medición de dureza.

La determinación de la composición química fue realizada en un espectrómetro de emisión óptica marca PMI Master Pro. Este análisis permitió comparar los valores de composición de los elementos químicos con los estipulados con la norma UNE-EN12167:2012.

Para la medición de la dureza se utilizó el durómetro DIGITAL DISPLAY ROCKWELL modelo 200 HRS-150. Los valores obtenidos mostraron que no existe diferencia significativa en la dureza de las muestras de ambos perfiles, apreciándose valores ligeramente superiores en la zona exterior con relación al interior del nuevo perfil, lo cual se comportó de manera similar en el perfil italiano original por lo que no se consideró como determinante, a los efectos de este análisis.

Análisis geométrico y dimensional.

A partir de los resultados de los análisis de composición los aspectos geoméricos y dimensionales cobran mayor importancia. Con el objetivo de determinar la correspondencia entre las características geoméricas y dimensionales de los perfiles adquiridos del nuevo

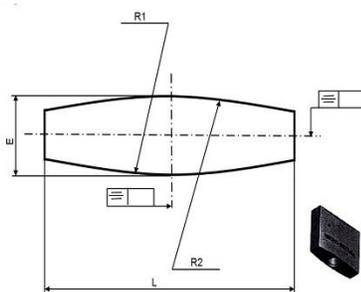
proveedor y los iniciales suministrados por el fabricante, se llevaron a cabo las siguientes tareas:

1. Estudio de la documentación técnica entregada por el suministrador de los perfiles de procedencia italiana, que constituirían a estos efectos, el patrón de referencia.
2. Análisis de la basificación del nuevo perfil para determinar los posibles elementos a controlar.
3. Estrategia de control de la calidad a utilizar para determinar los parámetros geométricos y dimensionales del nuevo perfil.
4. Comparación de parámetros geométricos y dimensionales entre el nuevo perfil y el italiano tomado como patrón.
5. Elaboración de resultados y conclusiones finales.

Se Tiene en cuenta la forma de instalación de la pieza bruta para la elaboración de los cuerpos de los candados, que toma como superficies de basificación principal las determinadas por los radios del perfil (R1 y R2) (ver Fig.1), se determinó la fluctuación de sus valores. Otros parámetros medidos fueron la simetría respecto a ambos ejes y el espesor (E) del perfil. Se concede preponderancia a las desviaciones en el valor de los radios, porque pueden conducir a una indeseada variación en los esfuerzos de apriete, según las características del dispositivo de fijación y sus elementos de sujeción; ello puede permitir desplazamientos durante las operaciones, que son causa directa de errores en la precisión de las dimensiones a obtener en el cuerpo del candado.

Figura 1

Esquema de la sección transversal del perfil y parámetros geométricos.



Por consiguiente, se tomaron veinticinco muestras aleatorias de cuerpos semielaborados del nuevo perfil, a las cuales se les comprobaron los parámetros anteriormente mencionados y se midió en cinco posiciones diferentes cada uno de ellos. Aunque el perfil original nunca dio problemas durante el proceso de elaboración y por tanto se garantizaba con los mismos la

calidad del producto, se tomó una muestra de pieza bruta ya elaborada, a la que se le realizaron las cinco mediciones de los parámetros antes referidos y se corroboró que se encuentran entre los rangos de tolerancias exigidos, por lo que es válida la consideración de que este sea el patrón de referencia. Las mediciones fueron tomadas con un perfilómetro DC-3000 DRO. Los resultados de las mediciones fueron procesados en Statgraphics (procesador estadístico).

Un indicador que brinda información de la correspondencia entre las características geométricas de las barras adquiridas del nuevo proveedor y las exigencias de diseño requeridas, es la capacidad del proceso (C_p), determinada a partir de la fórmula:

$$C_p = \frac{(LSC-LIC)}{6S} (1)$$

donde: S es la desviación estándar de la población

LSC límite superior de control

LSI límite inferior de control

Para la comparación se toman los valores:

$C_p \geq 2$ Calidad 6 sigma máximo de calidad

$1 < C_p < 1,33$ Parcialmente adecuado.

A modo de ejemplo, se muestra en las tablas y gráficos siguientes, los resultados para los radios 1 y 2 del nuevo perfil, objeto de análisis.

Resultados

Elementos de la aleación.

De los elementos de aleación que componen el perfil, el plomo tiene una fuerte incidencia en la maquinabilidad y los valores de este elemento se encuentran según lo expresado por la norma por lo que se puede plantear que las barras obtenidas de otra procedencia, se corresponden con el material especificado por el fabricante que a su vez está en coincidencia con las exigencias requeridas para el proceso.

Resultados de la medición de los radios del nuevo perfil.

Radio 1

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis estadístico para el radio 1 y los mismos aparecen graficados en las figuras 2 y 3.

Tabla 1

Resultados estadísticos de la medición del radio 1

Período	#1-25
LSC: +3,0 sigma	178,212
Línea Central	174,378
LIC: -3,0 sigma	170,544
0 fuera de límites	

$C_p = -0,0790554$ Capacidad del proceso no adecuada

Figura 2

Dispersión de la tolerancia para el radio 1

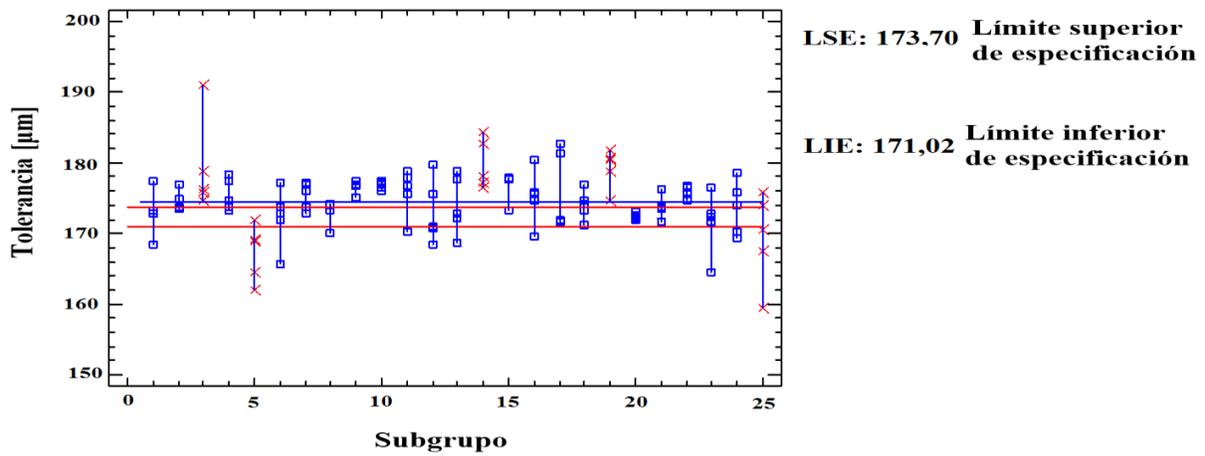
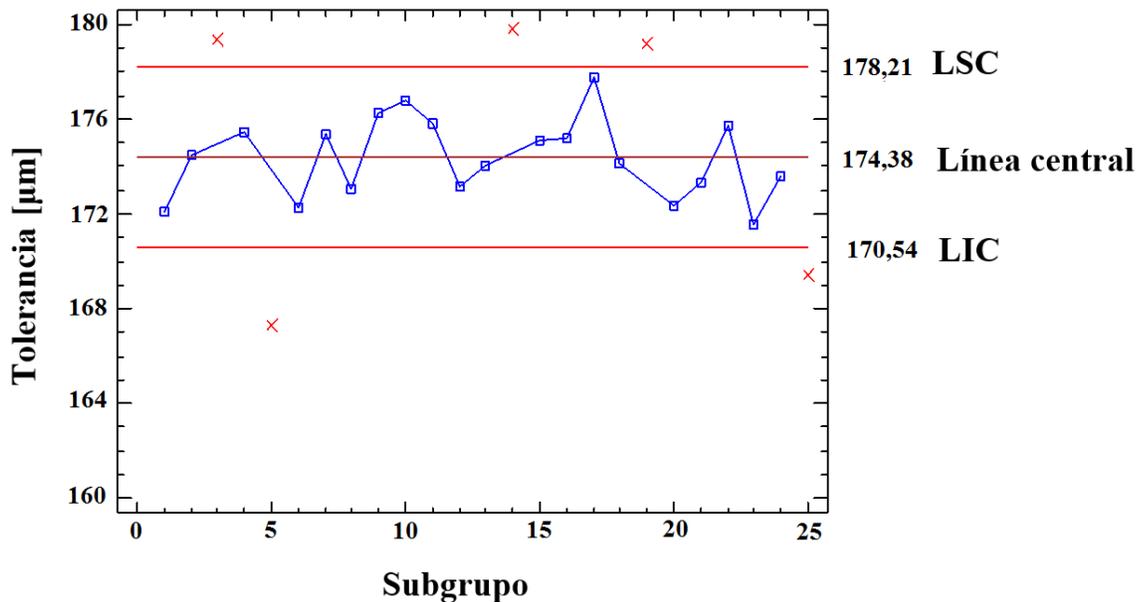


Figura 3

Variación de la tolerancia para el radio 1



La figura 3, correspondiente al análisis estadístico de la variación de la tolerancia, permite apreciar que existen muestras cuyos valores están fuera de los límites superior (LSC) e inferior de control (LIC). El valor de la capacidad del proceso (C_p) fue 0,0790554, por lo que el mismo está completamente fuera de control al no corresponderse con el rango entre $1 < C_p < 1,33$, que determina que el proceso pueda considerarse parcialmente adecuado.

Para el radio 2 se realizó idéntico análisis, que arrojó que la capacidad del proceso fue $C_p=0,0941932$ o sea, no adecuada.

Para el caso de la dispersión de las tolerancias, se apreció un comportamiento igualmente desfavorable.

El eje de simetría respecto a los dos radios es también determinante para conseguir una invariabilidad de la posición del perfil de la pieza bruta del cuerpo del candado, así como el espesor. Los resultados de la medición de la simetría y el espesor también se procesaron; la determinación de la capacidad del proceso se hizo a través de la ecuación (1) obteniéndose como resultado

$$C_p=0,3997$$

El cual permite asegurar que la misma no es adecuada en lo concerniente a la simetría. Se realizó la medición del espesor, como resultado de lo cual, se obtuvo una diferencia significativa al comparar los valores de las muestras del nuevo perfil respecto al patrón (perfil original). Así pues:

$$\text{Error absoluto del espesor} = \text{Media de las muestras} - \text{Media del patrón}$$

$$\text{Error absoluto del espesor} = 17,4702 - 17,14 = 0,3302 \text{ mm}$$

Al determinar la capacidad del proceso, el valor obtenido fue de 0,02; por consiguiente, respecto al espesor, el proceso en el nuevo perfil se considera fuera de control.

Conclusiones

En el presente trabajo ha quedado evidenciado claramente que considerar el cumplimiento de las exigencias de la pieza en bruto evita dificultades y afectaciones en la calidad del producto final. Para el caso estudiado, se constató que en cuanto a composición química y propiedades mecánicas (dureza), la aleación del perfil adquirido de un nuevo suministrador, cumple con lo especificado y se concluye que, en buena medida, los índices de maquinabilidad para ambos perfiles son similares. Sin embargo, en cuanto a los parámetros geométricos y dimensionales,

el empleo del criterio de la capacidad del proceso, permitió determinar con claridad que el nuevo perfil arroja diferencias significativas respecto al perfil suministrado por el proveedor de la tecnología, por lo que no cumple con los requisitos dimensionales y de forma exigidos para el candado y se considera como factor determinante en los problemas operativos y de calidad generados al intentar utilizarlos en el proceso.

Referencias Bibliográficas

- Aravind, S., Shunmugesh, K. T., Akhil, M. & Pramod, K. (2017). Process Capability Analysis and Optimization in Turning of 11sMn30 Alloy. *International Conference of Materials Processing and Characterization (ICMPC 2016). Materials Today: Proceedings 4*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.253>
- Chaudhari, R. y Hashimoto, F. (2018). A novel work holding method for hard turning using the shoe-centerless concept. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 67(1), 113-116. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2018.03.024>
- Chaviano, L. (2017). *Asignación de la tolerancia final factible condicionada al acoplamiento y las capacidades del proceso* [Tesis de doctorado/no publicada, Universidad Central Martha Abreu de Las Villas].
- Chaviano, L. y Coello, N. (2016). The magnitude of the centered in components: evaluation. *Journal of Engineering XIV*(2). <http://annals.fih.upt.ro/indexes.html>
- Gutiérrez, P. (2010). *Calidad total y productividad*. <https://www.udocz.com/apuntes/20760/calidad-total-y-productividad-humberto-gutierrez-pulido-1>
- Hernández, C. y Da Silva, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química*, 36(1),130-145. <https://tecnologiaquimica.uo.edu.cu/index.php/tq/article/view/602>
- Nafisi, M., Wiktorsson, M., Rosio, C. & Granlund, A. (2019). Manufacturing Engineering Requirements in the Early Stages of New Product Development—A Case Study in Two Assembly Plants. *Advanced Applications in Manufacturing Engineering*, 41-167. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-102414-0.00005-7>
- Wang, D., Loser, M., Luo, Y., Ihlenfeldt, S., Wang, X. & Liu, Z. (2020). Prediction of cumulative surface location error at the contact zone of in-process workpiece and milling tool. *International Journal of Mechanical Science*. 177(1), 105543. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2020.105543>

Síntesis curricular de los Autores

M. Sc. José Castelló-González¹ jose.castello@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0001-8399-7034>

Ingeniero Mecánico, Master en Ciencias, Profesor Auxiliar del Centro de Estudios de Explotación, Fabricación y Recuperación de Piezas (CEEFREP). Facultad de Electromecánica, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz.

Dra. C. Lilian Chaviano-Tovar¹ lilian.chaviano@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0002-2177-5169>

Ingeniera Mecánica, Dra. C. en Ciencias Técnicas, Investiga temas relacionados con la manufactura en procesos de mecanizado y en aplicación de las Mediciones Técnicas. Profesora Auxiliar del Departamento de Ingeniería Mecánica y colaboradora del Centro de Estudios de Explotación, Fabricación y Recuperación de Equipos y Piezas (CEEFREP) de la Universidad de Camagüey.

M. Sc. Silvio del Risco-Alfonso¹ silvio.delrisco@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0001-7228-7360>

Licenciado en Educación, Mecánica. Máster en Ciencias en Educación, Investiga temas relacionados con la manufactura en procesos de mecanizado y en aplicación de las Mediciones Técnicas. Se desempeña como Profesor Auxiliar en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Camagüey.

Ing. Juan C. Ortega-Zayas Bazán² dt@pmec.reduim.cu, <https://orcid.org/0000-0001-7138-4166>

Ingeniero Mecánico, cursa maestría en Ing. Mecánica, se ha desempeñado como diseñador y tecnólogo. Ha participado en el montaje y contratación de 2 fábricas con tecnología moderna, una destinada a la fabricación de candados y otra que produce herraduras y clavos de herrar.

Institución de los autores

¹ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Cuba

² Fábrica de Candados y Cerraduras (FCC). Camagüey. Cuba

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con el artículo presentado.

Como citar este artículo

Castelló-González, J., Chaviano-Tovar, L., del Risco-Alfonso, S., Ortega-Zayas-Bazán, J. C. (2022). Exigencias técnicas de la pieza en bruto y calidad de elementos maquinados. *Revista Ciencias Holguín*, 28(2), 1-9.

Fecha de Recepción: 03 de febrero 2022

Fecha de Aprobación: 20 de marzo 2022

Fecha de Publicación: 29 de abril 2022