

## **Inserto P30S de fabricación nacional: exigencias de densidad y dureza**

**José Carlos García Cristiá**

[jose.carlos@conficmg.alinet.cu](mailto:jose.carlos@conficmg.alinet.cu)

**José Castelló González**

[josecastello@reduc.edu.cu](mailto:josecastello@reduc.edu.cu)

**Ricardo del Risco Alfonso**

[ricardo.delrisco@reduc.edu.cu](mailto:ricardo.delrisco@reduc.edu.cu)

Universidad de Camagüey

**Horacio Delgado Martínez**

[rrisco7188a@gmail.com](mailto:rrisco7188a@gmail.com)

Empresa de Tecnologías Alternativas (TECAL)

**Resumen:** Se determinó si la densidad y la dureza de los insertos designados como P30S, cumplen con las exigencias establecidas en las normas, por la necesidad de la empresa Tecnologías Alternativas (TECAL) de evaluar con mayor rigurosidad la dureza y la densidad, como parámetros esenciales a garantizar para poder realizar otras evaluaciones de la herramienta de corte. Se emplearon los métodos histórico lógico, de medición y estadísticos para la obtención de los valores de los parámetros y su procesamiento. Los resultados obtenidos permitieron concluir que existe un favorable nivel de cumplimiento de lo establecido para la dureza y la densidad en las muestras procesadas.

**Palabras clave:** insertos de metal duro; dureza del metal duro; densidad del metal duro.

## Nationally manufactured P30S insert: density and hardness requirements

**Abstract:** It was determined whether the density and hardness of the inserts designated as P30S, meet the requirements established in the standards, due to the need of the Alternative Technologies company (TECAL) to evaluate more rigorously the hardness and density, as essential parameters to guarantee to be able to carry out other evaluations of the cutting tool. Logical, measurement and statistical historical methods were used to obtain the values of the parameters and their processing. The results obtained allowed us to conclude that there is a favorable level of compliance with what is established for hardness and density in the processed samples.

**Keywords:** hard metal inserts; hard metal hardness; hard metal density.

## Introducción

La metalurgia de los polvos es una tecnología de procesamiento de metales en la que se producen partes a partir de polvos metálicos. Es una tecnología relativamente nueva y continúa cobrando protagonismo, debido a la búsqueda de utilizar las cantidades justas de material, con un mínimo (o sin) derroche del mismo en virutas debido al maquinado. Cada día es mayor la cantidad de aplicaciones en la industria (Childs, Maekawa, Obikawa & Yamane, 2000).

Dentro de la pulvimetalurgia, los carburos cementados son de los que tienen una variada y amplia utilización a nivel mundial, en lo que incide marcadamente la combinación de dureza y tenacidad que presentan comparados con otros materiales, especialmente en los destinados a herramientas de corte (García *et al.*, 2019). Los carburos cementados están basados en WC-Co y se utilizan en muchas aplicaciones donde se requiere una buena combinación de dureza y tenacidad. La demanda de sistemas de mecanizado de alta precisión más eficientes o materiales con mayor resistencia al desgaste, ha motivado el desarrollo de composiciones donde carburos cúbicos tales como el TiC, TaC y NbC o mezclas de carburos desempeñan un importante papel (Centeno *et al.*, 2008).

Los insertos o plaquitas de metal duro constituyen las más aplicadas como herramientas de corte en la industria actual del mecanizado a nivel internacional. El metal duro soporta temperaturas de hasta 900 °C, manteniendo buenas propiedades de corte a grandes velocidades; con ello se reduce el tiempo de trabajo y además al poder elevar la velocidad de corte, contribuye a que la pieza que se trabaja resulte con la rugosidad superficial exigida (Arshinov y Alekseev, 1976).

Su fabricación, sin embargo, se realiza solamente en países desarrollados o que han alcanzado un determinado grado de industrialización, sobre todo cuando se realiza desde la producción de los polvos que sirven de materia prima en el proceso. En la empresa Tecnologías Alternativas (TECAL), ubicada en la provincia de Camagüey, se fabrican insertos que dan respuesta a necesidades de la industria nacional y para las que existen determinadas exigencias de calidad.

La dureza y la densidad son parámetros que requieren ser debidamente controlados a fin de aplicar las medidas correctivas necesarias para evitar pérdidas y cumplir con las exigencias de cada producto. El que se presenten en este caso, bajo determinadas

circunstancias, insuficiencias con la rigurosidad de estas acciones en el control de la calidad de los insertos, puede provocar rechazo de los mismos, con las consiguientes pérdidas, o peor aún, que se llegase a comercializar un producto sin la total certeza del cumplimiento de sus parámetros técnicos. Por otra parte, se requiere de esa certeza cuando se acometan evaluaciones acerca del comportamiento de los insertos durante su explotación a fin de certificar los regímenes más apropiados de explotación. El objetivo del presente trabajo se dirigió a la determinación de la dureza y la densidad de los insertos P30S fabricados en TECAL, a fin de corroborar el cumplimiento de los requisitos establecidos por normas para los mismos.

### Materiales y métodos

Determinación de la dureza (HRA) de los insertos P30S.

La dureza se determina normalmente utilizando el método de indentación Vickers según la norma 3878 (ISO, 2011). Este método permite usar diversas cargas, pero HV30 es la preferida (Roebuck, Gee, Bennet, & Morrell, 2009), pero también se utiliza el método Rockwell en su escala A, en ese caso con una carga de 60 kgf, como se establece por la norma 6508 (ISO, 2011).

La determinación de la dureza HRA de los insertos P30 se realizó mediante la medición de la misma en el durómetro Rockwell modelo 200 HRS-150, marca DIGITAL DISPLAY ROCKWELL, perteneciente a la universidad. Para el análisis se tomaron 20 insertos, y a cada inserto se le realizaron 5 mediciones en la escala HRA. Se cumplieron las exigencias previstas en la norma ISO 3738-1 (ISO, 2011). Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de dureza HRA obtenida en los 20 insertos

P30S	Dureza HRA					Promedio
	1	2	3	4	5	
1	89,6	90,3	90,3	90,4	90,5	90,22
2	90	90	89,4	90,4	90,5	90,06
3	90,2	87,3	89,4	90,7	90	91
4	90,8	90,7	90,7	90,5	90,8	90,7
5	89,8	90,5	90,9	94,6	89,2	91
6	90,2	90,1	90,1	90,2	89,7	90,06
7	89,7	90,4	89,6	90,3	90,7	90,14
8	90,2	88,1	89,9	89,2	88,9	89,26
9	90,4	89,1	87,9	90,4	90,7	89,7
10	88,9	90,1	90,9	90,6	90,8	90,26
11	91	90,4	90	90,6	90,4	90,48
12	90,7	90,8	90,7	91,1	90,8	90,82

<b>13</b>	90,6	90,7	91	90,4	90	90,54
<b>14</b>	90,1	89,8	89,4	90,9	90,8	90,2
<b>15</b>	90	90,2	90	90,9	90,6	90,34
<b>16</b>	90,8	90,4	91	90,3	90,1	90,52
<b>17</b>	90,2	91	90,3	89,9	86,8	89,64
<b>18</b>	90,5	90,7	90,5	90,2	90,5	90,48
<b>19</b>	89,9	90,3	90,6	90,9	91	90,54
<b>20</b>	90,7	91,2	91	91	91,1	91

Se realizó un análisis estadístico con el objetivo de verificar que la toma de datos fue confiable para cada variable. Para ello se realizó, con la ayuda del software Statgraphics, un control individual para una sola variable. Con este procedimiento se crea un mapa de la variable para supervisar la media del proceso y su variabilidad. Se analizaron, además, los resultados considerados fuera de rango. También se comprueba que los datos tomados siguen una distribución normal.

Para determinar los resultados fuera de rango se toma la media del mismo, dado por:

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

Y se establecen los límites según:

$$L_{m\acute{a}x,min} = \bar{x} \pm k\sigma$$

Donde k es un múltiplo específico de  $\sigma$ , por lo general igual a 3 excepto para casos muy raros y  $\sigma$  es la desviación estimada del proceso y se toma la que brinda el software para cada variable.

En la Figura 1 se puede observar el comportamiento de los valores tomados en las mediciones correspondientes a la dureza del inserto, dentro de los límites estadísticos establecidos. El valor tomado de la desviación fue de  $\sigma = 0,389138$ ; el valor medio es de 90,35 HRA y por tanto el límite superior es de  $L_{m\acute{a}x} = 91,52$  HRA y  $L_{m\acute{i}n} = 89,18$  HRA. Los resultados muestran que todos los valores se encuentran dentro de los límites fijados por lo que se considera que los valores tomados fueron correctos.

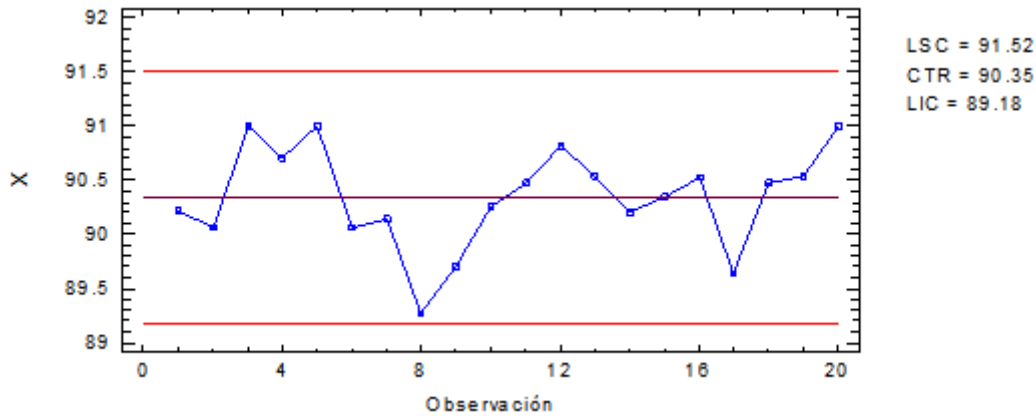


Figura 1. Comportamiento de los valores de dureza.

En la Figura 3 se puede observar que los datos cumplen con la ley de distribución normal.

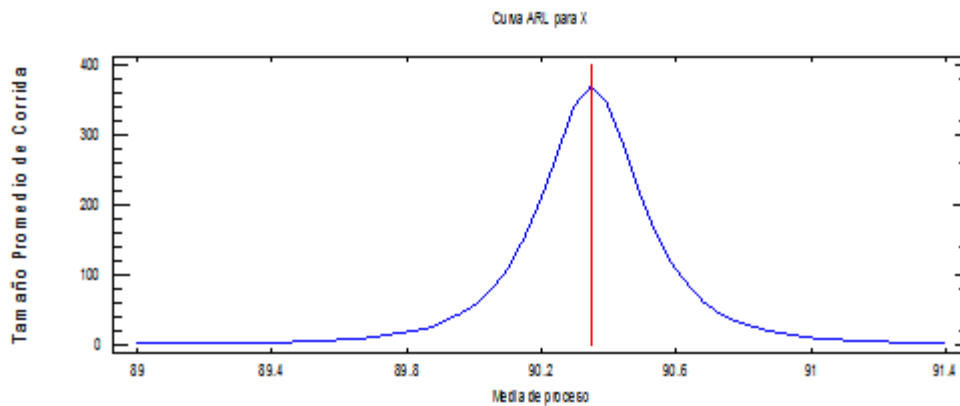


Figura 3. Valores de la dureza cumplen con la ley de distribución normal

### Determinación de la densidad (g/cm<sup>3</sup>) de los insertos P30S

Las mediciones de densidad se realizan según normas, como la ISO 3369 (ISO, 2011). Dada su importancia, esta medición es una práctica como parte del control de la calidad por los fabricantes de insertos ya que se puede obtener con precisión y con poca dificultad. En metales duros WC/Co para un contenido de Co dado, el volumen también es sensible al contenido de C total, porque a medida que el contenido de C disminuye, la fase de unión de Co contiene cada vez más W en solución (Roebuck, Gee, Bennet & Morrell, 2009).

En el presente trabajo la medición de la densidad se realizó a los mismos insertos que integraron la muestra para la medición de dureza. Las corridas se efectuaron con los

medios disponibles para este fin en el propio Taller de Metal Duro de la empresa, contando con la balanza digital KERN de 0,01 dígitos, como equipo principal. En la figura 4 se pueden apreciar vistas de la instalación.

En el caso de la densidad, que es otro parámetro estudiado y cuyos resultados se brindan a continuación, se exige un intervalo entre 12,50 y 13,11 g/cm<sup>3</sup>.



Figura 4. a) Balanza y soporte (inserto al aire). b) Balanza y soporte (inserto en agua).

Los resultados obtenidos de la medición de la densidad en la Tabla 2.

Tabla 2. Densidad (g/cm<sup>3</sup>) obtenida en los 20 insertos

P30S	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )				Promedio
	1	2	3	4	
1	13,07	12,71	12,9	13,1	12,95
2	13,4	13,1	13,12	13,9	13,38
3	13,3	13,2	13,2	12,9	13,15
4	13,07	12,72	12,84	13,1	12,93
5	13,3	13,3	13,3	13,1	13,25
6	13,2	13,1	12,9	13,2	13,10
7	13,3	13,3	13,05	13,1	13,19
8	13,08	13,2	13,08	13,1	13,12
9	13,07	13,09	13,09	13,07	13,08
10	13,07	13,29	13,13	13,2	13,17
11	13,12	13,1	13,3	13,1	13,16
12	13,3	13,2	12,8	12,9	13,05
13	13,3	13,04	13,1	13,06	13,13
14	12,9	13,14	13,2	13,3	13,14
15	13,09	13,3	12,96	12,9	13,06
16	13,2	13,15	12,9	13,1	13,09
17	12,92	13,05	13,1	13,3	13,09
18	13,09	13,12	13,2	13,14	13,14
19	13,3	13,4	13,2	13,1	13,25
20	13,09	13,11	13,2	12,98	13,10

De igual forma, en el caso de la densidad se realizó el análisis estadístico con el objetivo de verificar que la toma de datos fue confiable para cada variable.

En la figura 5 se puede observar el comportamiento de los valores tomados en las mediciones correspondientes a la dureza del inserto, dentro de los límites estadísticos establecidos. Como se puede observar el valor tomado de la desviación fue de  $\sigma = 0.105916$ , el valor medio es de  $13,13 \text{ g/cm}^3$  y por tanto el límite superior es de  $L_{m\acute{a}x} = 13,44 \text{ g/cm}^3$  y  $L_{m\acute{i}n} = 12,81 \text{ g/cm}^3$ , los resultados muestran que todos los valores se encuentran dentro de los límites fijados por lo que se considera que los valores tomados fueron correctos.

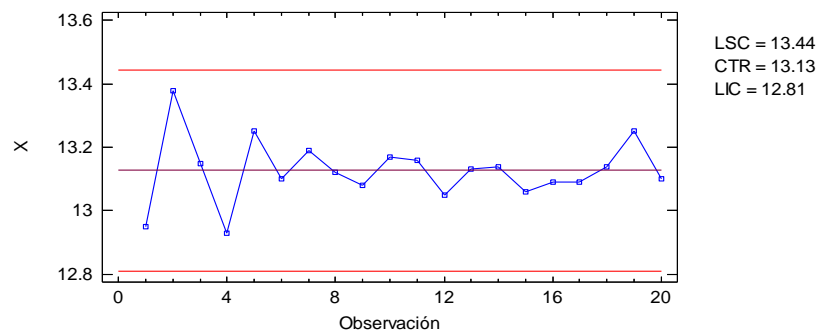


Figura 5. Comportamiento de los valores de la densidad.

En la figura 6 se puede observar que los datos cumplen con la ley de distribución normal.

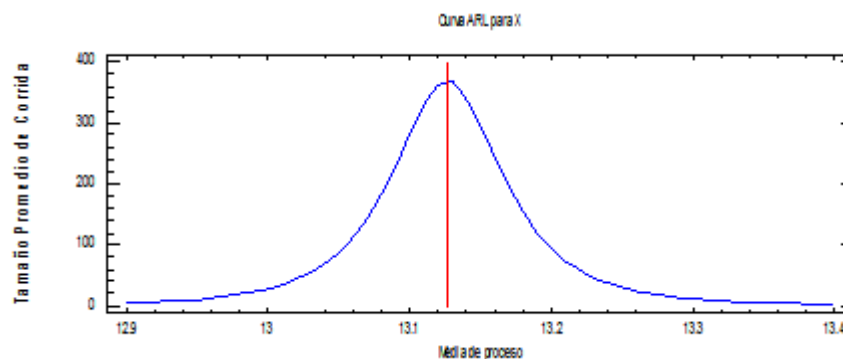


Figura 6. Valores de la densidad cumplen con la distribución normal.

### **Análisis de los resultados. Conformidad de la densidad y la dureza con las exigencias de diseño**

El resultado obtenido, de un grado de porosidad de 0,02% del volumen, según la norma GOST 9391-80 está en correspondencia con las exigencias para el inserto P30S. De igual manera, el resultado en cuanto a la presencia de carbono libre, que se



encuentra a nivel inferior al 0,1%, que es el mínimo posible de referencia según la norma GOST 9391-80, también satisface las exigencias para el inserto analizado.

Con los resultados obtenidos en la medición de dureza, correspondientes a la Tabla 1, se elaboró la gráfica de la Figura 7 con ayuda del programa Excel.

Según las exigencias de diseño del inserto, su dureza debe ser superior a 88 HRA; se fijan como valores límites del intervalo: 88,0–91,0 HRA

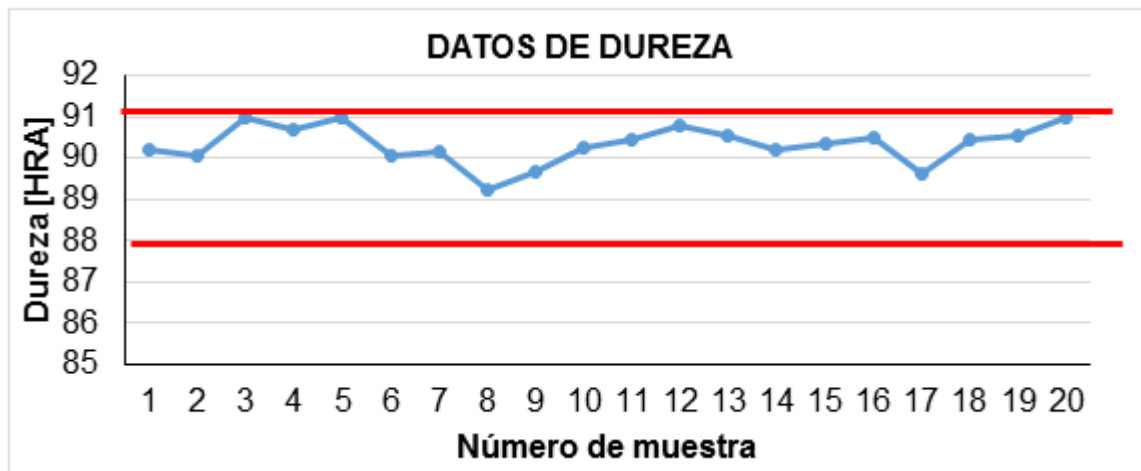


Figura 7. Comportamiento de los valores de dureza HRA en el intervalo exigido.

En la gráfica de la Figura 8 se aprecia que los resultados obtenidos de la medición de dureza HRA se encuentran dentro del intervalo que se exige para el inserto P30S.

También con auxilio del programa Excel se elaboró la gráfica de la Figura 11 a partir de los resultados obtenidos en la medición de la densidad.

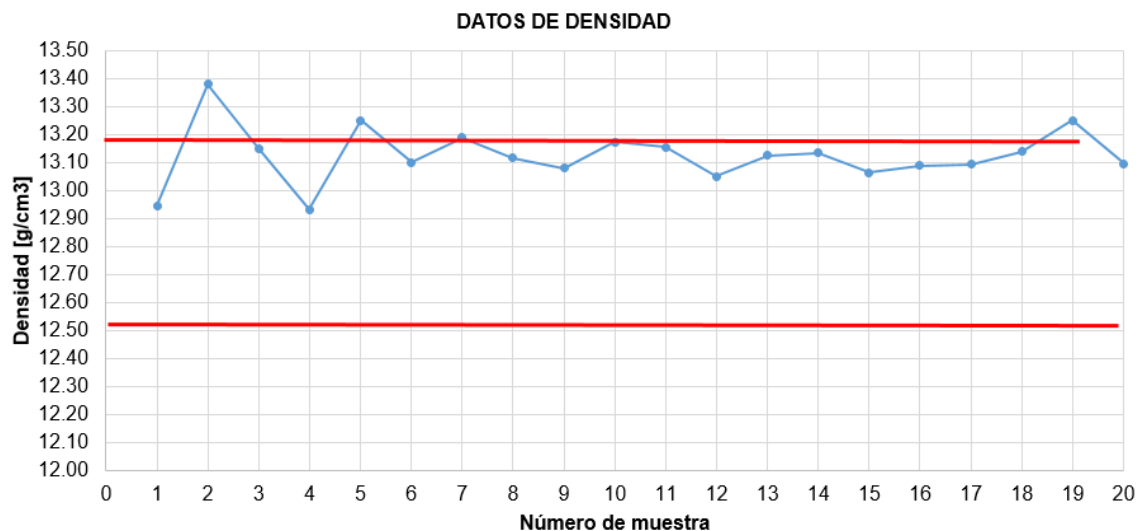


Figura 8. Comportamiento de los valores de dureza HRA en el intervalo exigido.

En la gráfica de la Figura 8 se aprecia que los resultados obtenidos de la medición de la densidad se encuentran dentro del intervalo que se exige para el inserto P30S.

## Conclusiones

Los valores de dureza HRA de los insertos P30S producidos en la empresa TECAL cumplen con las exigencias establecidas; que, de igual manera, los valores obtenidos al medir la densidad de estos insertos P30S cumplen con los requerimientos que aplica la empresa.

Existe correspondencia entre los resultados obtenidos en la determinación del grado de porosidad con esos valores de densidad. Estos resultados posibilitaron inferir que las materias primas y los parámetros aplicados en el proceso de fabricación son adecuados.

## Referencias bibliográficas

ARSHINOV, V. Y ALEKSEEV, G. 1976. Metal Cutting Theory and Cutting Tool Design. MIR, Moscú.

CENTENO, O.; SÁEZ, A.; PIÑERO M. A.; CASTRO, G.; BARRIOS, E. & ARENAS, F. J. 2008. Microestructura y propiedades mecánicas de carburos cementados de wc-nbc-co. *Revista Latinoamericana de metalurgia y materiales* 28(1): 38-45. Disponible en: <https://www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html>.

- CHILDS, T.; MAEKAWA, K.; OBIKAWA, T. & YAMANE, Y. 2000. *Metal Machining Theory and Applications*. Butterworth-Heinemann, Gran Bretaña. Disponible en: [https://www.academia.edu/7666614/Metal\\_Machining\\_Theory\\_and\\_Applications](https://www.academia.edu/7666614/Metal_Machining_Theory_and_Applications).
- GARCÍA, J.; COLLADO, V.; BLOMQUIST, A. & BARTEK, K. 2019. Cemented carbide microstructures: a review. *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 80(3): 40-68. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/329547859\\_Cemented\\_carbide\\_microstructures\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/329547859_Cemented_carbide_microstructures_A_review).
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 2011. ISO 3369. Materiales metálicos sinterizados impermeables y metales duros. Determinación de la densidad. Disponible en: <https://www.une.org-norma>.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 2011. ISO 3878. Ensayo de dureza Vickers. Disponible en: <https://www.une.org-norma>.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 2011. ISO 6508. Materiales metálicos. Ensayos de dureza. Disponible en: <https://www.une.org-norma>.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 2011. ISO 3738-1. Metales duros. Ensayos de dureza Rockwell. Disponible en: <https://www.une.org-norma>.
- ROEBUCK, B.; GEE, M. G.; BENNET, E. G. & MORRELL, R. 2009. Ensayos mecánicos para metales duros. *Guía de buenas prácticas de medición* 20: 2-74. Disponible en: <https://eprintspublications.npl.co.uk/1913/1/mgpg20.pdf>.