The Shot Peener's Corner

IPAR BLAST, S.L.

Nº 39

IPAR-BLAST, S.L. Parque Industrial Itziar-Deba, Parcela 4, Pabellón F2-5 20829 ITZIAR (Gipuzkoa)

The Shot Peener’s Corner es una colaboración entre ELECTRONICS INC. e IPAR-BLAST, S.L.
Cada artículo, es una traducción del reportaje más destacado de la revista THE SHOT PEENER.
ELECTRONICS INC. es líder mundial en formación y difusión del shot peening.
IPAR-BLAST, S.L. es subcontratista de tratamientos superficiales de precisión. Entre los cuales se encuentra el shot peening.

Estudio académico: Las estadísticas del Shot Peening

Dr. David Kirk | *Coventry University* (Texto traducido por Eduardo Vázquez — IPAR-BLAST, S.L.)

INTRODUCCIÓN

El propósito de este artículo es ayudar a los lectores a comprender el creciente número de aplicaciones de la estadística en el shot peening. Las matemáticas aquí se mantienen lo más simple posible. El peor abuso de la estadística ocurre cuando las medidas, simplemente se introducen en una fórmula que no es la apropiada. Actualmente, los programas estadísticos están disponibles de forma rutinaria, por ejemplo, dentro de Excel.

Muchos factores son los que varían en shot peening, como el diámetro de las partículas de granalla, la presión del aire, la velocidad de la turbina y los parámetros del medidor Almen. Las mejores prácticas exigen que los valores de medición, es decir, los datos, se almacenen cuidadosamente y sean accesibles. Cada dato puede considerarse como el resultado de un experimento y tiene un valor duradero. Es una pena que, algunas empresas, descarten los datos después de que hayan cumplido su propósito inmediato.

La estadística es la ciencia de la toma de decisiones ante la incertidumbre. No podemos saber, por ejemplo, cuál será exactamente la altura del arco de una placa Almen granallada muy a pesar de nuestros mejores esfuerzos. Siempre ocurrirá una variación aleatoria de los factores de medición y también puede haber una variación sistemática, como, por ejemplo, si la presión del aire suministrado cae paulatinamente.

METODOS DE ANALISIS DE DATOS

Los métodos más utilizados para analizar datos son bien pictóricos o aritméticos.

Métodos Pictóricos

Los gráficos de barras y los histogramas son formas familiares de mostrar colecciones de valores de datos. Playfair introdujo los gráficos de barras en 1781 y Pearson introdujo los histogramas en 1891. La Tabla 1 representa un conjunto de datos hipotéticos de mediciones del espesor de placas Almen.

Tabla 1. Conjunto hipotético de valores de datos de espesor para una caja de placas Almen A.

Rango Espesor - mm	Nº de placas
A 1.27-1.275	6
B 1.28-1.285	15
C 1.29-1.295	40
D 1.30-1.305	30
D 1.30-1.305	9
Total	100

Usando el método gráfico de barras con los datos de la Tabla 1, obtenemos la fig.1.

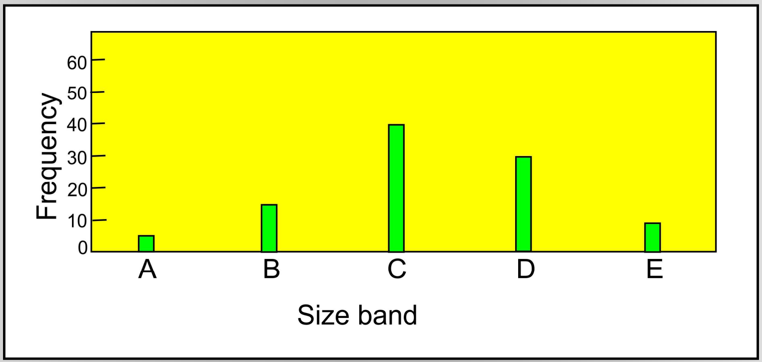

Fig.1. Gráfico de barras de los datos de la tabla 1

Usando el método del histograma con los datos de la Tabla 1, obtenemos la fig.2.

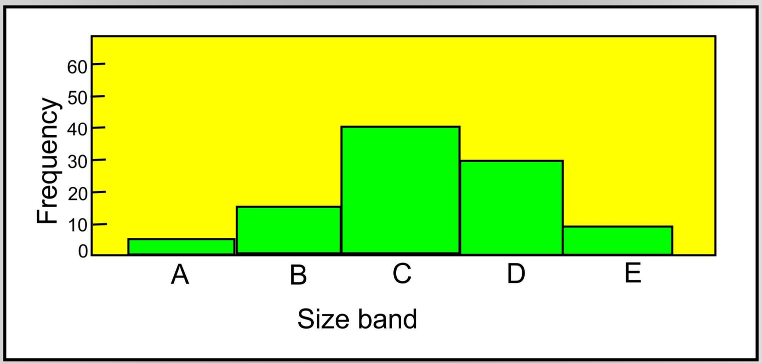

Fig.2. Histograma de los datos de la tabla 1

Una comparación de los mismos datos, presentados en las figuras 1 y 2, revela las ventajas de los histogramas. La principal ventaja es que el ancho de banda de tamaño indica la variación dentro de cada banda. Tal vez sea sorprendente que los histogramas hayan tardado más de un siglo en reemplazar en gran medida a los gráficos de barras.

Métodos Aritméticos

Los métodos aritméticos generan cifras que resumen los datos. Cada cantidad se llama propiamente una "estadística".

La **media** es, con mucho, la medida más importante y comúnmente utilizada. Para obtener la media, simplemente sumamos todos los valores del conjunto de datos y dividimos por el número de valores del conjunto de datos. El término "promedio" es sinónimo de "media".

La **mediana** es la magnitud para la cual la mitad de los valores de los datos son menores que la mediana y la otra mitad son mayores que la mediana. Es significativo si la gráfica de frecuencia está severamente sesgada.

La **moda** es el valor de la variable que ocurre con mayor frecuencia. El punto medio de la banda más alta da una buena estimación de la moda. Para los datos proporcionados en la tabla 1, esto es 1,2925 mm (la mitad de la banda de tamaño C en la Tabla 1).

Cuando la distribución del tamaño de los valores de los datos es aproximadamente simétrica, los valores de la media, la mediana y la moda estarán muy próximos entre sí. Sin embargo, si la distribución es muy sesgada, tendrán valores bastante diferentes. La figura 3 es un ejemplo de una distribución severamente sesgada.

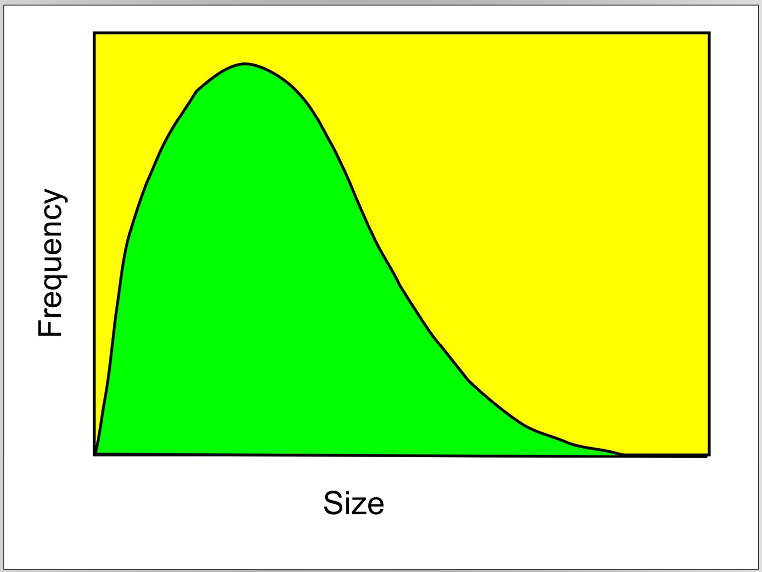

Fig.3. Curva tamaño-frecuencia sesgada

Métodos de Variabilidad Aritmética

A menudo es importante poder cuantificar la variabilidad de los datos dentro de un conjunto. El método más simple es el **rango**; esta es la diferencia entre los valores más grande y más pequeño en el conjunto de datos. Sin embargo, es preferible, por razones prácticas, utilizar un valor llamado "**varianza**", o su raíz cuadrada, que se denomina "**desviación estándar**". Las bases matemáticas de la varianza y la desviación estándar tienen muy poco interés para la mayoría de los granalladores. Consideremos, sin embargo, una situación diferente. Imaginemos que estamos tratando de determinar si un conjunto de monedas recién acuñadas está sesgado o no. Usando el enfoque de "cara o cruz", lanzar una sola moneda no permitiría sacar ninguna conclusión. Si se lanzaran dos monedas, hay tres resultados posibles: dos caras, dos cruces o una cara y una cruz. El resultado daría una débil indicación de sesgo en las monedas. Lanzar tres monedas daría una indicación mucho mejor. Un resultado de cuatro caras despertaría dudas significativas en cuanto a la falta de sesgo de monedas. La moraleja es que cuanto mayor sea el número en cualquier conjunto de datos, menor será su varianza. Sin embargo, a continuación, se da un ejemplo de aplicación de métodos de variabilidad aritmética:

Encuentre el rango, la varianza y la desviación estándar de estas seis medidas.

0.9, 1.3, 1.4, 1.2, 0.8 y 1,0.

Tenga en cuenta que los valores de varianza y desviación estándar se calculan fácilmente utilizando programas disponibles. Por ejemplo, usando Excel. Introduzca los seis valores de este conjunto de datos en A1 a A6. Luego seleccione cualquier otra casilla. En la barra de fórmulas, escriba = STDEV.P(A1:A6) y presione intro. El valor de la desviación estándar aparece inmediatamente como 0,216.

Resultados de Excel para este conjunto de datos:

Rango = 1,4 – 0,8 = 0,6

Varianza, s^2 = 0,0467

Desviación estándar, s = 0,216

EXACTITUD Y PRECISIÓN

Habiendo podido evaluar el conjunto de datos y su variabilidad, ahora se puede centrar la atención en su exactitud y precisión. Las figuras 4 a 7 ilustran el significado de los parámetros de estas alturas de arco Almen normalmente distribuidas. La Fig. 4 muestra la situación ideal donde (a) el promedio de las medidas coincide con la verdadera altura del arco y (b) las medidas tienen una baja variabilidad, que va de a a b.

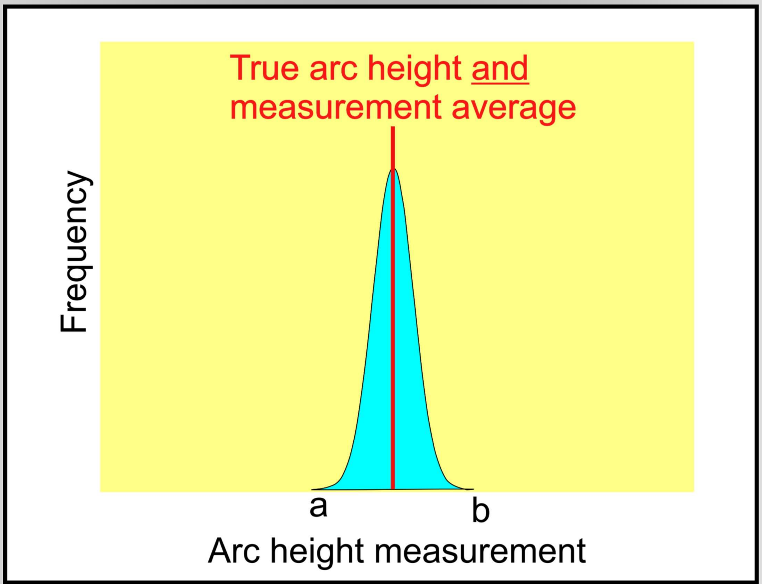

Fig.4. Buena exactitud y buena precisión.

Para la figura 5, el promedio de las mediciones es sustancialmente diferente de la altura real del arco, lo que indica una exactitud deficiente. Sesgo es el nombre que se le da a la diferencia entre cualquier valor verdadero y la media de una medida. Sin embargo, la variabilidad podría haber sido buena, tan buena como la que se muestra en la figura 4, lo que indica una buena precisión.

Para la situación que se muestra en la figura 6, la exactitud es buena ya que el promedio de medición es el mismo que el valor real. Las mediciones tienen una variabilidad considerable, lo que indica una precisión de medición deficiente.

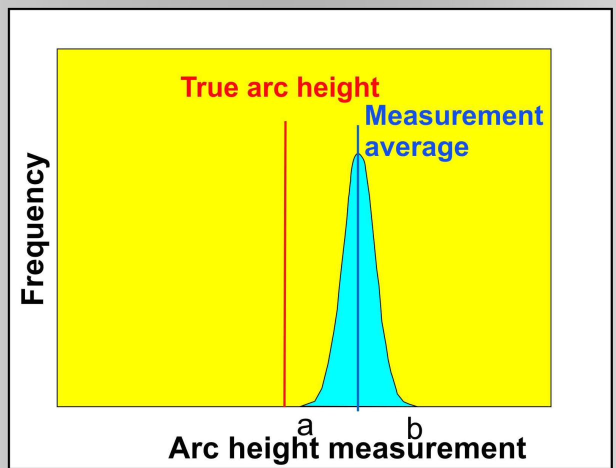

Fig.5. Baja exactitud pero buena precisión.

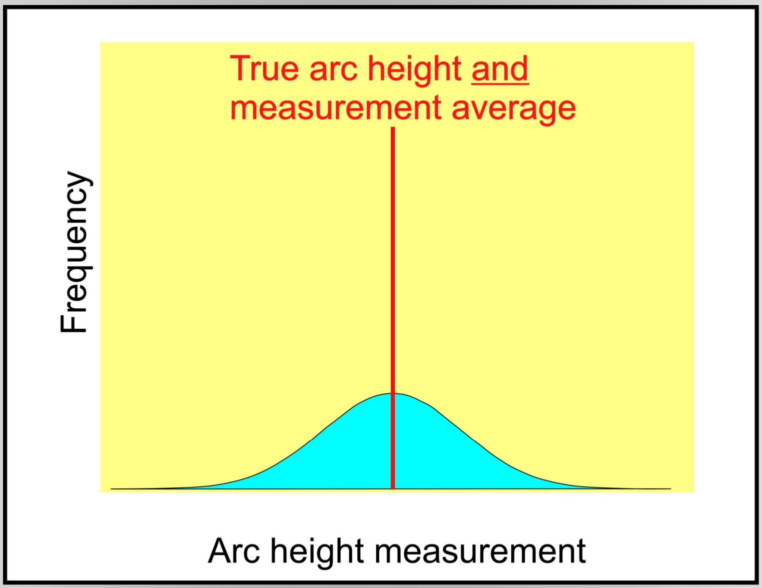

Fig.6. Buena exactitud pero baja precision.

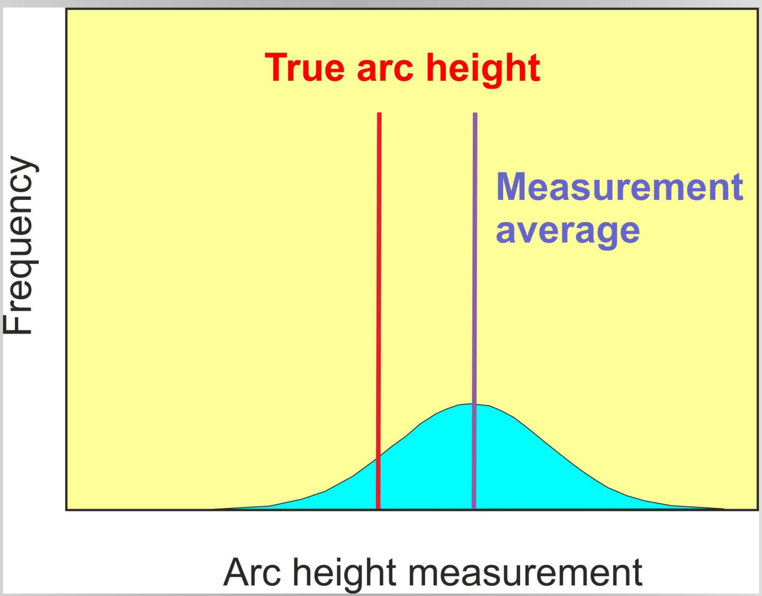

Fig.6. Baja exactitud y baja precision.

El escenario del peor de los casos se indica en la figura 7, donde tanto la exactitud como la precisión son deficientes.

COMPARACIÓN DE GRUPOS DE DATOS

La Tabla 2 ilustra cómo se pueden emplear las estadísticas como comparación. Para este ejemplo, se granallaron dos juegos de placas Almen, A y B, de la misma caja. Cada placa recibió la misma exposición e intensidad nominalmente idénticas. Las alturas de arco medidas variaron, siendo las del Conjunto A mucho menos variables que las del Conjunto B. Las razones se discutirán más adelante en el artículo.

Tabla 2. Comparación de variabilidad para dos juegos de placas Almen granalladas.

Placa No.	Altura de Arco (inch x 1000)	
	Set A	Set B
1	6.2	6.3
2	6.3	6.5
3	6.3	5.9
4	6.2	6.7
5	6.5	6.0
6	6.3	5.9
7	6.3	6.4
8	6.4	6.3
9	6.2	6.2
10	6.3	6.5
11	6.3	6.7
12	6.1	5.9
Promedio	**6.30**	**6.30**
Desviación estándar	**0.1**	**0.30**

La Tabla 3 presenta una cuantificación útil de la variabilidad relativa para los dos conjuntos de placas.

La magnitud de la desviación estándar nos permite predecir la probabilidad de que una sola medición futura se aleje de la media. Esta probabilidad se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Probabilidad del valor de una nueva medida en relación con la media.

Número de desviaciones estándar alejadas del pro-	Probabilidad de obtener un nuevo valor
1	**Una de tres**
2	**Una de veinte**
3	**Una de cuatrocientas**

Los valores universalmente aceptados que se dan en la Tabla 4 se pueden aplicar a los valores de medición que se dan en la Tabla 2. Recuerde que "probabilidad" no es lo mismo que "certeza". Para un rango de 1σ respecto de la media, el conjunto A contiene cuatro medidas (1, 5, 8 y 12) que resultan ser "una de cada tres". Para el conjunto B hay cinco valores: 3, 4, 6, 11 y 12, que se acerca menos a "uno de cada tres". Para un rango de 2σ respecto de la media, el conjunto A tiene solo la placa 5 fuera, cerca de la probabilidad de "uno de veinte". El conjunto B no tiene ninguno, todavía no muy lejos de la probabilidad de "uno de veinte". Para un rango de 3σ respecto de la media, ningún conjunto tiene una medida de franja como se esperaba de la probabilidad de "uno en cuatrocientos". Cualquier nueva medición fuera de un rango de 3σ respecto de la media debería hacer sonar las alarmas.

Podemos cuantificar de una manera útil, el origen de diferentes valores de desviación estándar de mediciones de altura de arco de placas Almen. Para ello utilizamos el término denominado "varianza". La varianza es simplemente σ^2, donde σ es la desviación estándar. La ventaja de usar la varianza es que la variabilidad total es simplemente la suma de las varianzas de los factores contribuyentes. La variabilidad total de los valores repetidos de la altura del arco de placas Almen, σ^2T, se compone de las variaciones separadas debidas a la variabilidad de la placa, los errores de medición y las variaciones en los parámetros de shot peening aplicados. Por lo tanto, tenemos que:

$$\sigma^2T = \sigma^2S + \sigma^2M + \sigma^2AP \quad (1)$$

donde S, M y AP se refieren a los parámetros de placa, medición y shot peening aplicado, respectivamente. Las placas Almen se producen con tolerancias muy estrechas, por lo que la contribución de σ^2S normalmente debería ser muy pequeña. Las placas de "grado superior" producirán una variación menor que las placas de "grado estándar" (en igualdad de condiciones). La contribución de σ^2M depende de la calidad del medidor Almen y de la habilidad/asiduidad del operador. Con un buen equipo y una cuidadosa atención a los detalles, σ^2M también debería ser relativamente pequeño. Entonces se pronosticaría que el principal factor que contribuye a la variabilidad sería σ^2AP. Durante el shot peening real, siempre habrá alguna variación de los parámetros que afectará la curvatura de la placa. Algunos ejemplos son: la fluctuación de la presión del aire, las variaciones en el caudal y el tamaño de la granalla (como cuando un lote de granalla nueva se está rodando). La ecuación (1) cuantifica las contribuciones a la variabilidad total de la medición de la placa Almen.

Consideremos, a modo de ilustración, dos ejemplos, A y B, que reflejan combinaciones de factores buenas y malas, respectivamente. La Tabla 4 muestra los resultados de aplicar la ecuación (1) a valores hipotéticos (expresados en unidades de milésimas de pulgada) de placas Almen granalladas.

Tabla 4. Efecto de las varianzas separadas sobre la variabilidad total, σ^2T, de la deflexión de la placa Almen granallada.

SET		σ^2_S	σ^2_M	σ^2_{AP}	σ^2_T
A (Good)	Variance	0.0001	0.0009	0.009	0.01
B (Poor)	Variance	0.0016	0.01	0.078	0.09

Para los valores dados en la Tabla 4, predomina la variabilidad del shot peening aplicado (AP).

La variabilidad de los datos se puede ,y se debe, minimizar prestando especial atención a los tres factores contribuyentes.

Sesgo

Una fuente obvia de sesgo es la curvatura original de la tira o "prearco". Los orígenes y la minimización del sesgo incluyen: desgaste de la bola de soporte, error cero y calibración del indicador para todo su rango de medición.

INTENSIDAD DE SHOT PEENING

La intensidad del shot peening es, quizás, la estadística más importante con la que debemos lidiar. Se estima utilizando un conjunto de datos compuesto por cuatro o más alturas de arco de placas Almen granalladas con parámetros de shot peening nominalmente constantes. Este procedimiento es, por supuesto, familiar para todos los granalladores. La figura 8 tiene los factores habituales de un programa Solver Suite con límites de confianza del 99 % añadidos. Cada punto de datos individual está sujeto a variabilidad. Hacer mediciones repetidas al mismo tiempo de exposición al granallado revelaría el grado de variabilidad. La atención cuidadosa a los factores de la medición puede reducir, pero no eliminar, la variabilidad de cada punto de datos. El número de placas medidas para dibujar la gráfica es importante porque afecta la variación del valor de intensidad obtenido. Una mayor cantidad de puntos de datos en un conjunto mejorará la precisión de la estimación de la intensidad del shot peening.

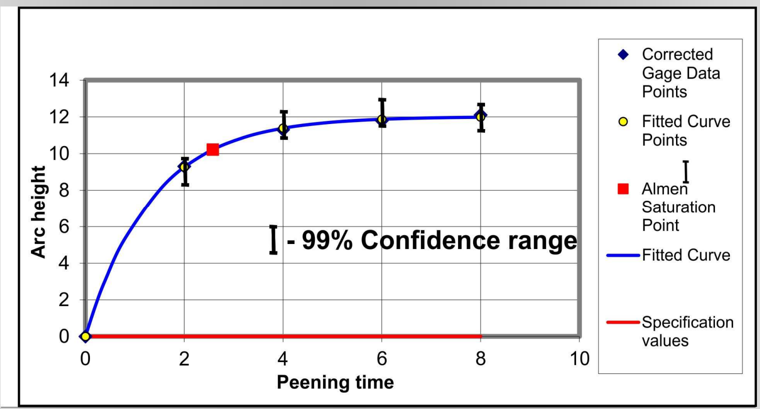

Fig.8. Variabilidad de datos medidos con nivel de confianza del 99%.

CONCLUSIÓN

La estadística es un tema que impregna la vida cotidiana. En este artículo, se han presentado algunos de los factores relevantes para el shot peening. La consideración de esos factores debe estar presente en la práctica diaria del shot peening.

IPAR-BLAST, S.L.
Parque Industrial Itziar-Deba
Parcela 4 - Pabellón F2-5
20829 ITZIAR (Guipúzcoa)
TEL. 943 820 516
FAX. 943 820 619
shot-peening@ipar-blast.com

ELECTRONICS INC.
56790 Magnetic Drive
46545 MISHAWAKA (Indiana)
EE.UU.
TEL: 574-256-5001 / 800-832-5653
FAX: 574-256-5222
www.electronics-inc.com