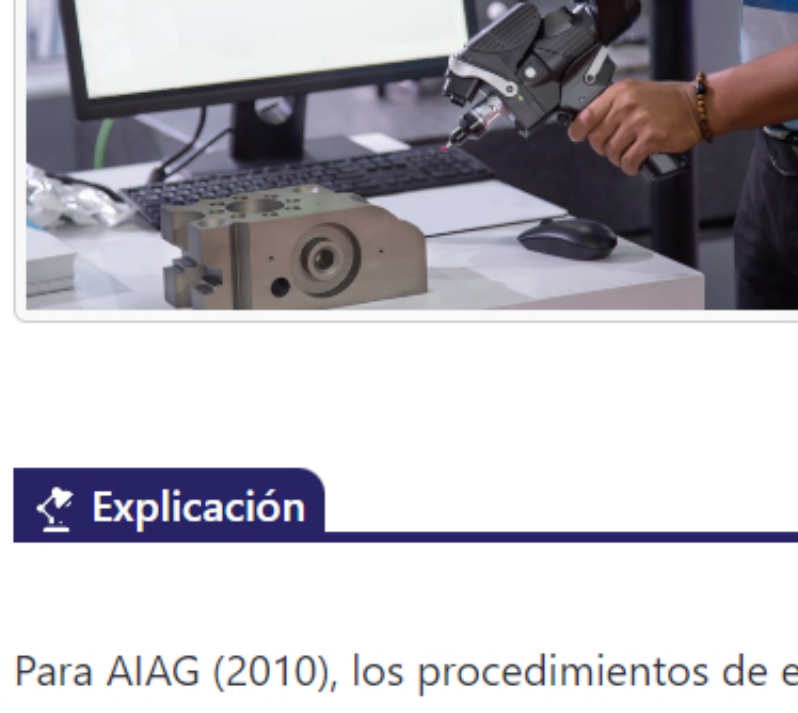


Introducción

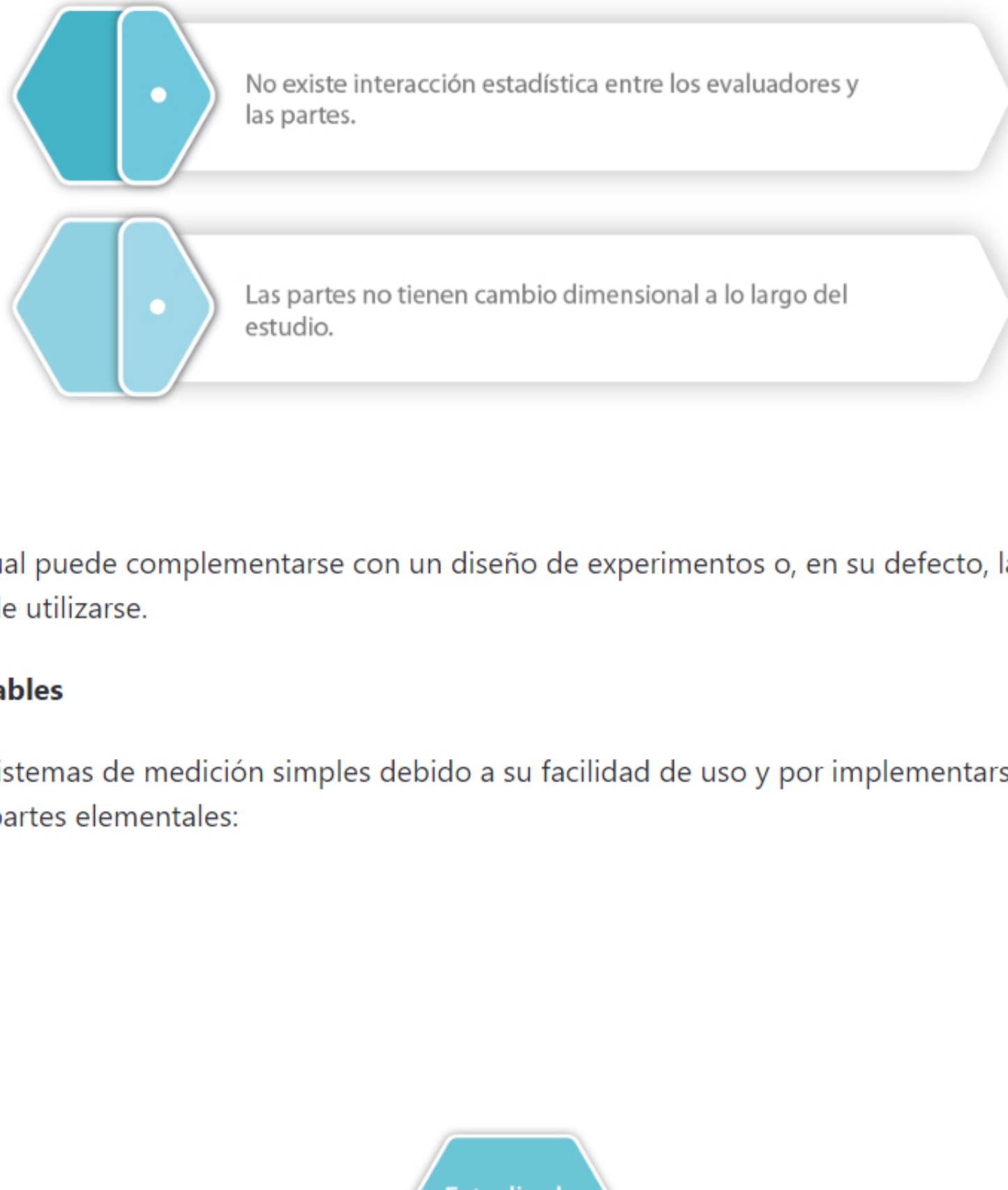


De acuerdo con el Automotive Industry Action Group, "el procedimiento de prueba que debiera usarse para entender un sistema de medición y cuantificar su variabilidad depende de las fuentes de variación que pudieran afectar el sistema de medición mismo" (2010).

En este tema aprenderás las ventajas, características y procedimientos para aplicar, con base en el contexto más favorable, los distintos métodos de evaluación de variables. Del mismo modo, reforzarás conceptos y análisis de resultados que, posteriormente, utilizarás en tu vida profesional.

Explicación

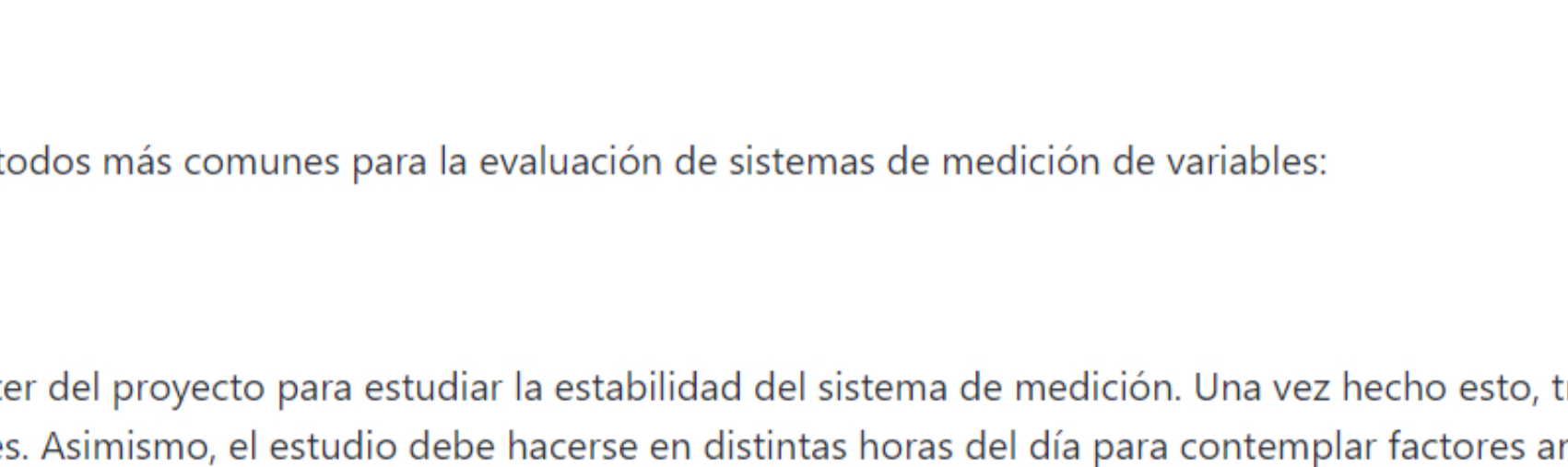
Para AIAG (2010), los procedimientos de estudio son apropiados en las siguientes situaciones:



Cabe mencionar que esto es una guía, la cual puede complementarse con un diseño de experimentos o, en su defecto, la aplicación de conocimientos para determinar si un sistema de medición puede utilizarse.

Estudio de sistemas de medición de variables

Se conocen también como prácticas para sistemas de medición simples debido a su facilidad de uso y por implementarse directamente en el área de operación (producción). Están conformados por tres partes elementales:



A continuación, se comparten los métodos más comunes para la evaluación de sistemas de medición de variables:

- Detección de la estabilidad:
 - Estudio:
 - Selecciona una pieza máster del proyecto para estudiar la estabilidad del sistema de medición. Una vez hecho esto, trabaja en una base periódica y mide esta pieza entre 3 y 5 veces. Asimismo, el estudio debe hacerse en distintas horas del día para contemplar factores ambientales. Se culmina obteniendo los pares de gráficas de control, ya sea \bar{x} y \bar{R} , o \bar{x} y s .
 - Resultados gráficos:
 - Se hace un análisis para evaluar las gráficas de control.

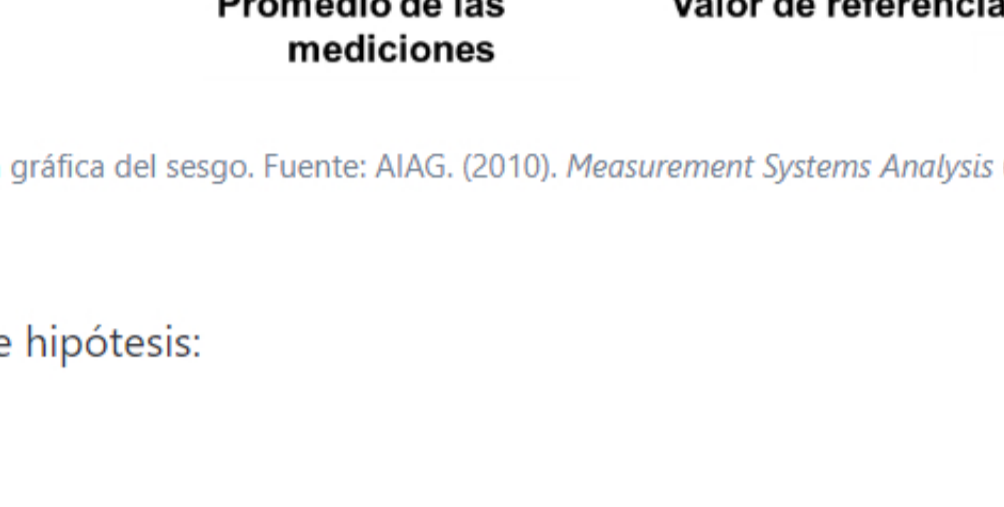


Figura 1. Representación gráfica del sesgo. Fuente: AIAG. (2010). Measurement Systems Analysis (4ª ed.). Estados Unidos.

- Detección del sesgo – método de muestras independientes:
 - Estudio:
 - Este método se hace mediante una prueba de hipótesis:
 - H_0 sesgo=0.
 - H_0 sesgo \neq 0.

El sesgo es aceptable si no es significativamente distinto de cero. Para ello, se trabaja con base en un valor de referencia o, en su defecto, un promedio de muestras con $n \geq 10$. De igual forma, se debe asignar solo a un evaluador para que tome un número de mediciones $n \geq 10$.

- Resultados gráficos:
 - Se obtiene el sesgo de cada lectura tomada por el evaluador (Sesgo= X_i – Valor referencia). Posteriormente, en forma de histograma, hay que graficar los datos para detectar si existen causas especiales que impactan al proceso.
- Resultados numéricos:
 - Para calcular el sesgo promedio de las lecturas, se debe obtener la desviación estándar de repetibilidad y determinar si es aceptable. Por último, hay que calcular la t estadística para el sesgo; la cual será aceptable si dicho valor es menor a alfa (0.05) o, en su defecto, si el valor cero cae dentro del 95% de confianza.

- Detección del sesgo – método por gráficas de control:
 - En primer lugar, se deben realizar 20 subgrupos. Una vez que se recopila la información, se aplican las fórmulas correspondientes y se construyen las gráficas \bar{x} y R . Para determinar si el sistema es estable, se aplican las reglas para evaluar el control estadístico.
 - Si el tamaño de cada subgrupo es igual a 1, se sigue el mismo procedimiento que se utiliza para detectar el sesgo en muestras independientes. Por otro lado, si es mayor o igual a 2 mediciones, se procede a hacer un histograma con base en el valor de referencia para descubrir si existen causas especiales dentro del proceso (se deben aplicar las fórmulas para conocer la t estadística para el sesgo).

- Determinación de la linealidad:
 - Estudio:
 - Selecciona al menos 5 piezas que cubran el rango completo del gage a evaluar. Por ejemplo: en un gage que evalúa mediciones de entre 5 y 10 mm, se puede seleccionar una pieza de 5 mm, otra de 6 mm, así hasta llegar a 10 mm. Posteriormente, selecciona a un operador titular del gage y mide cada una de estas piezas al menos 10 veces.

- Gaúses y lineamientos para la detección de la repetibilidad y reproducibilidad:
 - Existen tres métodos para estudiar los gages. Recuerda que el sistema de medición total es el sujeto bajo estudio, por lo que la variación entre partes debe considerarse para no perder de vista el objetivo. En ese sentido, **obligatoriamente deben tener estabilidad estadística.**

Método de rangos:

Es utilizado como una aproximación de la variabilidad de las mediciones, ya que no clasifica entre la fuente por repetibilidad y por reproducibilidad. Se utiliza como un chequeo para asegurar que el gage R&R no ha cambiado. Este método se ejecuta con dos operadores y cinco partes bajo estudio. Por ejemplo:

Se obtiene el rango de las mediciones:

Piezas	Operador A	Operador B	Rango (A,B)
1	0.25	0.20	0.05
2	0.32	0.36	0.04
3	0.34	0.42	0.08
4	0.40	0.31	0.09
5	0.35	0.32	0.03

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{5} = \frac{0.29}{5} = 0.058$$

Se obtiene el GRR mediante la siguiente fórmula:

$$GRR = \frac{\bar{R}}{d2} = \frac{0.058}{1.19} = 0.048$$

Nota: d_2 es obtenido del apéndice C del manual de MSA como una constante.

Se convierte el GRR a % GRR:

$$\%GRR = \frac{GRR}{desviación\ std\ del\ proceso} \cdot 100 = \frac{0.048}{0.098} \cdot 100 \approx 48.98\%$$

En conclusión, este gage necesita mejoras, ya que el resultado fue $GRR > 30\%$.

Método de rangos y promedios:

Se realiza mediante un enfoque que separa la repetibilidad de la reproducibilidad; sin embargo, no considera la variación que existe entre el evaluador y la parte. El primer paso consiste en evaluar la cantidad de piezas y el número de evaluadores, asimismo, hay que determinar el número de veces que se medirá cada pieza. El estudio se conduce permitiendo que cada operador mida todas sus piezas y haga un registro sin ver el marcaje. Otra forma de realizarlo es que los operadores midan la misma pieza y registren los valores sin conocer los resultados de los otros evaluadores.

Un ejemplo de este estudio es el siguiente:

Hoja de Recolección de Datos para Repetibilidad y Reproducibilidad de Gages

Evaluador / Intento #	PARTE										PROMEDIO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1 A	1	0.29	-0.56	1.34	0.47	-0.80	0.02	0.59	-0.31	2.26	-1.36	0.194
2		0.41	-0.68	1.17	0.50	-0.92	-0.11	0.75	-0.20	1.99	-1.25	0.166
3		0.64	-0.58	1.27	0.64	-0.84	-0.21	0.66	-0.17	2.01	-1.31	0.211
4 Promedio		0.447	0.607	1.260	0.537	-0.853	-0.100	0.667	-0.227	2.087	-1.307	$\bar{X}_a = 0.1903$
5 Rango		0.35	0.12	0.17	0.17	0.12	0.23	0.16	0.14	0.27	0.11	$\bar{R}_a = 0.184$
6 B	1	0.08	-0.47	1.19	0.01	-0.56	-0.20	0.47	-0.63	1.80	-1.68	0.001
7		0.25	-1.22	0.94	1.03	-1.20	0.22	0.55	-0.08	2.12	-1.62	0.115
8		0.07	-0.68	1.34	0.20	-1.28	0.06	0.83	-0.34	2.19	-1.50	0.089
9 Promedio		0.133	0.790	1.157	0.413	-1.013	0.027	0.617	-0.297	2.037	-1.600	$\bar{X}_b = 0.0683$
10 Rango		0.18	0.75	0.40	1.02	0.72	0.42	0.36	0.71	0.39	0.18	$\bar{R}_b = 0.513$
11 C	1	0.04	-1.38	0.88	0.14	-1.46	-0.29	0.02	-0.46	1.77	-1.49	-0.223
12		-0.11	-1.13	1.09	0.20	-1.07	-0.67	0.01	-0.56	1.45	-1.77	-0.256
13		-0.15	-0.96	0.67	0.11	-1.45	-0.49	0.21	-0.49	1.87	-2.16	-0.284
14 Promedio		-0.073	1.157	0.880	0.150	-1.327	-0.483	0.080	-0.503	1.697	-1.807	$\bar{X}_c = 0.2543$
15 Rango		0.19	0.42	0.42	0.09	0.39	0.38	0.20	0.10	0.42	0.67	$\bar{R}_c = 0.328$
16 Promedio por Parte												$\bar{X} = 0.014$
17		0.169	0.851	1.099	0.367	-1.064	-0.196	0.454	-0.342	1.940	-1.571	$\bar{R}_p = 3.511$
18		[Max $\bar{X} = 0.1903$] - [Min $\bar{X} = -0.2543$] = $\bar{X}_{DIFF} = 0.4446$										$\bar{R} = 0.3417$
19		[$\bar{R} = 0.3417$] x [$D_4 = 2.58$] = $UC_{Lg} = 0.8816$										

Figura III-B 15: Hoja de Recolección de Datos Completo para R&G

Figura 2. Hoja de recolección de datos de repetibilidad y reproducibilidad de gages. Fuente: AIAG. (2010). Measurement Systems Analysis (4ª ed.). Estados Unidos.

El análisis gráfico se representa con promedios y rangos donde se observa la variación obtenida en las mediciones para detectar irregularidades. Posteriormente, se procede a hacer el análisis de resultados numéricos y obtener el %GRR con el objetivo de determinar si el sistema de medición es aceptable.

Método de Análisis de Varianzas (ANOVA):

Se utiliza para la evaluación de gages, ya que calcula las varianzas de forma precisa en comparación con el método de rangos y promedios. De igual forma, proporciona más información porque considera la interacción entre partes y evaluadores. La ventaja de utilizar este método es que se necesita conocimiento previo en estadística para interpretar los resultados.

Este análisis consta de cuatro categorías: 1) variación entre partes, 2) variación entre evaluadores, 3) variación entre evaluadores y partes, 4) error de replicación a causa del gage.

El estudio se conduce aleatoriamente y a través de la recopilación de las mediciones de todos los evaluadores, así como de la cantidad de réplicas necesarias de cada una de las piezas. Posteriormente, se evalúa esta información de manera gráfica y numérica con el objetivo de determinar la aceptación del gage.

Estudio de sistemas de medición de atributos

A diferencia de los sistemas de medición de variables, los sistemas de medición de atributos tienen un número finito de opciones, por ejemplo, los gages pasa/no pasa (go/no go) y las inspecciones visuales que otorgan resultados como bueno, regular, malo, entre otras representaciones.

De acuerdo con AIAG:

[...] dado que estos métodos no cuantifican la variabilidad de los sistemas de medición, solo debieran usarse bajo consentimiento del cliente. La selección y uso de tales técnicas debiera basarse en las buenas prácticas estadísticas, un entendimiento de las fuentes de variación potenciales que afecten el producto y los procesos de medición. (2010)

A continuación, se comparten las siguientes técnicas:

- Análisis de Pruebas de Hipótesis – método tabular cruzado: este método, al igual que el de detección de señales, consiste en señalar solamente con 0 o 1 si la pieza es aceptable. De igual forma, se comparan los resultados de un evaluador con los de otro para presentarlos en una matriz que muestra cómo se relacionan las variables.

Según AIAG, este análisis es necesario para determinar si existen diferencias entre los evaluadores, aunque no nos dice qué tan bien el sistema de medición clasifica partes buenas de las malas" (2010).

En resumen, este método muestra la efectividad de los evaluadores por medio de datos de variables y determina los resultados como preferencia para iniciar nuevas tablas cruzadas. Esto otorga información del desempeño del sistema de medición en términos de efectividad, proporción perdida y proporción de falsa alarma. A tal efecto, los datos se deben separar para cada uno de los evaluadores.

Parte	A - 1	A - 2	A - 3	B - 1	B - 2	B - 3	C - 1	C - 2	C - 3	Referencia	Valor de Referencia	Código
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.276901	+
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.509015	+
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.576459	-
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.566152	-
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.570360	-
6	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0.544951	x
7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.465454	+
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.503293	+
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.437817	-
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.515373	+
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.488005	+
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.559918	x
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.542764	+
14	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0.454518	+
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.517977	+
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.531699	+
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.505694	+
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.484167	+
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.520496	+
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.474256	+
21	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0.423310	x
22	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0.542604	x
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.529605	+
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.514192	+
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.505091	-
26	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0.542044	x
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.502436	+
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.521642	+
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.496968	+
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.561457	x
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.503091	+
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.505850	+
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.487613	+
34	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0.449696	x
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.496968	+
36	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0.543077	x
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.409238	-
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.481164	+
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.427687	-
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.501132	+
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.513702	+
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.566575	-
43	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0.462410	x
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.476823	+
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.421243	-
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.493441	+
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.486379	+
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.587893	-
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.483803	+
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.446697	-

El siguiente enlace es externo a la Universidad Tecmilenio, al acceder a él considera que debes apartarte a sus términos y condiciones.

Para conocer la interpretación de un estudio de este tipo, consulta el siguiente recurso publicado por Eleazar Puentes (2018): <https://www.youtube.com/watch?v=pQFrslxjE3Et&t=1119s>.

- Enfoque de la detección de señales:
 - Requiere que todas las piezas de muestra sean evaluadas por un sistema de medición de variables. Trab