

Entrenamiento proactivo para la mejora de la calidad en el control del proceso por atributos (Proactive training for improving quality in the control of process by attributes)

Cruz, J.

UANL, San Nicolás de los Garza, N. L., México, jesusphd@prodigy.net.mx

Keywords: R&R, sistema de calidad, entrenamiento y desarrollo.

Abstract. Quality is a complex formula which must be the objective to attain in all companies. Quality includes distinct aspects in the organizations such as metrics, objectives, culture, systems continuous improvement, quality control and the necessary trainings in these aspects. Organizations invest resources such as economics, human, and time in training their personnel aiming to control the problems associated with the quality, this is so especially in those organizations with manual oriented processes rather than automated ones. In these cases the quality system should be sufficiently robust so the process control would be based upon decisions of the line personnel. This article describes a known technique namely R&R that could be applied and used in those organizations in which the control of processes is based on the criteria of the operative personnel with the objective to reduce the variation in the processes of decision making thereby improving the process control.

Palabras clave: R&R, sistema de calidad, entrenamiento y desarrollo

Resumen. La calidad es una fórmula compleja que debe ser el objetivo a lograr en todas las organizaciones. La calidad incluye diferentes aspectos en las organizaciones, tales como: Cultura, objetivos, métricas, sistemas, mejoramiento continuo, control de calidad y el entrenamiento necesario en tales técnicas. Las organizaciones invierten recursos tanto económicos, humanos y de tiempo en entrenamiento, con miras de controlar los problemas de calidad, especialmente en aquellas organizaciones que tienen procesos orientados a las destrezas manuales del operador en lugar de automatización. En estos casos el sistema de calidad deberá ser suficientemente robusto para que el control del proceso esté basado en las decisiones del personal de línea. Este artículo describe como una técnica conocida como R&R puede ser aplicada en las organizaciones que basan el control de proceso en el criterio del personal operativo, para lograr reducir la variabilidad en el proceso de decisión logrando así mejorar el control del proceso.

Introducción

El campo de la calidad puede ser visto como la integración de tres áreas claves: 1. Administración de la calidad, 2. Ingeniería de calidad, y 3) Mejoramiento continuo (véase figura No. 1).

- Administración de la calidad. La dirección tiene la responsabilidad del diseño e implementación del sistema de calidad en todos los niveles de la organización.
- Ingeniería de calidad. Es el conjunto de herramientas basadas primeramente en técnicas estadísticas del control de la calidad.
- Mejoramiento continuo. Es el lado humano de la calidad. Se enfoca en el mejoramiento continuo a través de la participación activa de los empleados de todos los niveles organizacionales.



Figura 1. Círculo de la calidad total.

Cada una de las áreas clave de calidad incluyen diferentes técnicas y metodologías, sin embargo todas ellas convergen para ofrecer una plataforma común para el mejoramiento continuo (Mitchell, R., 2003). Cada compañía selecciona las herramientas que más le convienen según sus necesidades particulares (véase la Tabla No. 1).

Tabla 1. Herramientas de calidad, técnicas y metodologías.

	Iniciativa de calidad	Herramientas, técnicas y metodologías
Calidad Total	1. Administración de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de calidad: ISO 9000, TS 16949, AS 9000, TL 9000, HACCP. • Cultura de calidad. • Proceso de auditorías LPA. • Política de calidad. • Encuestas de satisfacción de clientes. • Administración de recursos: presupuesto,

	<p>personal, tiempo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etc.
2. Ingeniería de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de calidad. • 6 Sigma & Lean sigma. • Diseño de experimentos. • Poke Yokes. • Jidoka. • Herramientas Kairyo & Kaizen Blitz. • Técnicas de muestreo. • Etc.
3. Mejoramiento continuo	<ul style="list-style-type: none"> • Buzón de sugerencias. • Kaizen. • Círculos de calidad. • Facultamiento y motivación. • Liderazgo. • Entrenamiento. • Etc.

La calidad es una fórmula compleja que debe ser lograda en todas las organizaciones, a veces incluso de forma mandatoria como un requisito de entrada al mercado. La calidad es un conjunto de herramientas de gran alcance, las cuáles pueden ser utilizadas para el diseño, control e implementación de una forma sistemática de hacer y mejorar la forma de operar de las empresas al mismo tiempo que se reduce la variación de los procesos (Balestracci, D., 2002). Este enfoque suele tener el nombre de Lean Sigma (Breyfogle III, F., 2003). Control y una forma sistemática son dos palabras claves en esta ecuación. El resultado de estos dos términos debe ser ligado directamente con el tipo de proceso operativo (manual y/o automatización), y el sistema de detección implementado como el Jidoka (automatización) y el sistema Poke Yoke (dispositivos a prueba de errores) para prevenir que el error ocurra y éste continúe en etapas posteriores en el proceso (Heaphy, M.S., Gruska, G.F., 1984) (véase Figura No. 2).

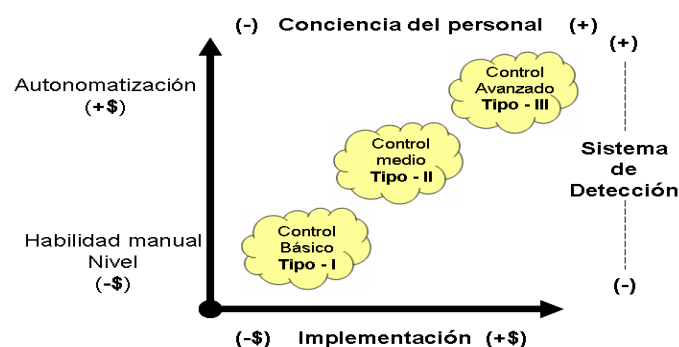


Figura 2. Enfoque de control de la Ingeniería de Calidad vs. Conciencia del personal y Sistema de detección

En la Figura No. 2 se muestra el concepto general del control sistemático respecto del sistema de detección y el nivel de habilidad o destreza requerida del operador. La implementación de sistemas de control de alta tecnología es altamente costosa y requieren bajo nivel de experiencia en los operadores, sin embargo requieren alto nivel de calificación de los técnicos de control. Por otro lado los sistemas en los cuáles se utiliza la habilidad del operador como un sistema de control son menos costosos; los costos de implementación son mínimos, pero requiere un alto nivel de conciencia del personal, entrenamiento, auditorias y otras medidas preventivas para poder superar la falta de controles automáticos. Este escenario es comúnmente usado en organizaciones que emplean gran cantidad de personal como respuesta a los altos costos de la automatización en países de bajo costo. Sin embargo aún con este tipo de proceso de control y detección manual la calidad debe ser lograda y alcanzada (i.e. modelo ZTD, TS 16949 en la industria automotriz o HACCP en la industria de alimentos), por lo tanto estas organizaciones deberán implementar sistemas robustos para lograr asegurar y mantener el personal con un nivel de conciencia alto (monitoreo, detección y reacción). La siguiente tabla (véase la Tabla No. 2) describe la interacción entre el proceso de monitoreo, sistema de detección y plan de reacción.

Tabla 2. Proceso de monitoreo, detección y plan de reacción.

Tipo de control	Monitoreo	Detección	Plan de reacción
I. Básico	Enfoque del personal hacia el sistema Jidoka.	Una tercera persona inspecciona y da una decisión.	El criterio no está claramente definido y está basado de forma empírica.
II. Medio	Sistema de detección enfocado a los Poke Yokes.	La primera persona inspecciona y da una decisión.	Ocurre una alarma en el proceso. El periodo no conforme está claramente establecido.
III. Avanzado	Poke Yokes preventivos como medio de monitoreo.	Inspección 100 % en línea usando poke yokes preventivos.	La máquina se alarma y se detiene. Se reacciona al primer incidente no conforme.

En la siguiente sección el lector encontrará una tabla en la cuál se sugiere una equivalencia entre la figura No. 2 y los lineamientos de FMEA/AIAG (véase la Tabla No. 3) (Sagar, P., 1992). La inspección tipo A es la más avanzada acorde a lo mencionado en los lineamientos internacionales (Wheeler, D.J., 2003-a). Por otra parte la inspección tipo C es el proceso más elemental. Uno de los objetivos de este trabajo de investigación es comprobar que el tipo de control I –básico– puede

ser maximizado con el uso del enfoque R&R en el entrenamiento, y el tipo de control III es equivalente al tipo de inspección A, el cuál usa Poke Yokes de tipo preventivo y un sistema robusto de manufactura.

Tabla 3. Evaluación FMEA.

Detección	Tipo de inspección		Valor	Tipo de control
Casi imposible		C	10	Tipo I
Muy remoto		C	9	Tipo I
Remoto		C	8	Tipo I
Muy bajo		C	7	Tipo I
Bajo	B	C	6	Tipo I
Moderado	B		5	Tipo I
Moderadamente alto	A	B	4	Tipo II
Alto	A		3	Tipo II
Muy alto	A		2	Tipo III
Muy alto	A		1	Tipo III

Tipo A: a prueba de errores (poke yokes preventivos). Tipo B: Inspección con instrumentos.

Tipo C: Inspección manual. Fuente: *Adaptada de los lineamientos del AIAG por Dr. Jesus Cruz.*

La idea clave de este trabajo de investigación es establecer una forma sistemática de incrementar el nivel de detección usando la técnica R&R en el enfoque tradicional de entrenamiento del personal, de forma tal que el personal adquiera una mayor conciencia en sus actividades diarias enfocadas al control del proceso. Este nuevo enfoque se le denominará –Entrenamiento Proactivo– (Palo, S., Padhi, N., 2005).

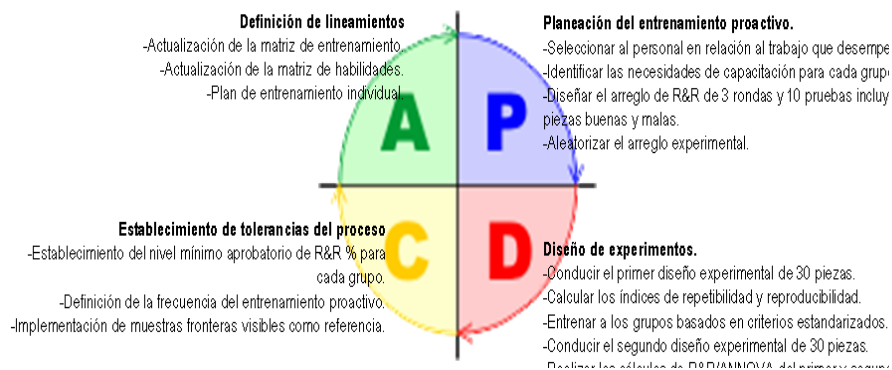


Figura 3. Proceso de entrenamiento proactivo (PEP) – Fases principales.

El proceso del entrenamiento proactivo puede ser esquematizado utilizando el enfoque del ciclo de mejoramiento continuo PDCA (véase la Figura No. 3). El objetivo del proceso del entrenamiento proactivo es ofrecer una herramienta sistemática para la calificación del personal usando la técnica R&R/ANOVA antes y después del entrenamiento, (Burdik, K.R., Larsen, A.G., 1997), de forma tal que el proceso cualitativo de calificación del personal se traduce en una forma cuantitativa robusta con resultados replicables (Windsor, 2003) y (Kristynn, D. K., Burdick, R.K., Birch, J. N., 1998).

Tabla 4. Entrenamiento proactivo – Fase de planeación.

Fase	Justificación	Tarea	Resultado esperado
P. Planeación del entrenamiento proactivo.	Las características de calidad pueden ser divididas en tres tipos: 1) Especiales, 2) Funcionales, y 3) Cosméticas. El personal debe estar conciente y enterado de las características que tienen el producto y el proceso en el cuál participa. La administración deberá definir el entrenamiento necesario para cada grupo en relación a las características del producto y proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar la gente haciendo referencia cruzada entre las habilidades del personal y las características requeridas para cada puesto o grupo de características de producto y proceso. • Seleccionar un grupo de expertos para definir el criterio estándar. • Seleccionar para el estudio un total de 10 juegos de 3 piezas cada uno, los cuáles contengan tanto piezas buenas como malas. • Aleatorizar el arreglo para el estudio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento sobre las características de calidad del producto y del proceso. • Selección y ubicación del personal en base a las habilidades individuales de cada persona y las características de calidad del producto y proceso.

Tabla 5. Entrenamiento proactivo – Fase de hacer.

Fase	Justificación	Tarea	Resultado esperado
D. Diseño experimental.	El diseño R&R requiere ser balanceado incluyendo tanto piezas buenas como malas para poder incrementar la validez del estudio.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar el grupo de personas que formará parte del estudio del entrenamiento proactivo. • En casos ideales, es preferible que todo el personal que trabaja directamente con una actividad puesto/función que tenga una alta interacción con las características de calidad participe en el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Todo el personal ha sido seleccionado debido a la naturaleza de sus tareas.

Tabla 6. Entrenamiento proactivo – Fase de control.

Fase	Justificación	Tarea	Resultado esperado
C. Establecimiento de tolerancias de proceso	Cuando el proceso de transformación contiene una gran cantidad de operaciones manuales, y el operador es quien define decide sobre lo que está bien y lo que está mal, se debe entonces implementar un sistema robusto que incremente la confiabilidad del proceso de decisión.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de muestras frontera visibles para ser consultadas como referencia. • Establecimiento de el nivel mínimo satisfactorio del R&R %. • Selección del personal clave basado en la tabla de RPN, siguiendo los lineamientos de FMEA/AIAG. • Definición de la frecuencia del 	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de los criterios de control del proceso de decisión: R&R% mínimo satisfactorio, ubicación del personal en el proceso en relación a sus habilidades y conocimientos.

		<p>entrenamiento proactivo, tomando en cuenta: 1) Rotación del personal, 2) Introducción de nuevos productos, 3) Indicadores de calidad tales como FTT y PPM.</p>	
--	--	---	--

Tabla 7. Entrenamiento proactivo – Fase de actuar.

Fase	Justificación	Tarea	Resultado esperado
A. Definición de lineamientos	Este enfoque promueve la búsqueda de una mayor conciencia del personal en favor del control del proceso y la calidad del producto.	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de los indicadores de calidad: FTT & PPM. • Actualización del sistema de calidad: Matriz de entrenamiento, matriz de habilidades, plan de entrenamiento individual y registros de desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de una técnica de la ingeniería de calidad en el área de desarrollo humano. • Una forma sistemática de cuantificar la variación del proceso de toma de decisiones y actuar en consecuencia.

Problema

La calidad es una fórmula compleja que debe ser el objetivo a lograr en todas las organizaciones. La calidad incluye diferentes aspectos en las organizaciones, tales como: Cultura, objetivos, métricas, sistemas, mejoramiento continuo, control de calidad y el entrenamiento necesario en tales técnicas. Las organizaciones invierten recursos tanto económicos, humanos y de tiempo en entrenamiento, con miras de controlar los problemas de calidad, especialmente en aquellas organizaciones que tienen procesos orientados a las destrezas manuales del operador en lugar de automatización.

Alcance

El objetivo de este trabajo de investigación no es el de discutir y ahondar acerca de la metodología y su precisión de cálculo de la técnica R&R actualmente aprobada de forma internacional por la AIAG. Este artículo usa el conocimiento general del R&R y lo aplica como una técnica de desarrollo humano. La idea general de este artículo es ofrecer la propuesta del modelo de entrenamiento proactivo, sus elementos, la forma de implementarlo ejemplificando paso a paso usando una muestra grande para realizar todas las estimaciones estadísticas. La hipótesis principal será evaluada usando la técnica de ANOVA, en la cuál se comparará la misma muestra grande antes y después del experimento para observar cambios.

Materiales y métodos

Este artículo ha sido elaborado tomando en cuenta la revisión documental de revistas científicas arbitradas a nivel internacional de las áreas de calidad total, administración de la calidad, y desarrollo humano, en el periodo comprendido del 2000 al 2007.

Resultados

En esta sección retomaremos los cuatro pasos propuestos en el modelo – Proceso de Entrenamiento Proactivo – ilustrado en la figura No. 3 (véase la Figura No. 3). Los datos y análisis que a continuación se presentan fueron tomados de un caso real de experimentación en una compañía automotriz que produce partes de motor que son vendidas a las empresas armadoras de autos como equipo original. Este caso de estudio está completamente alineado con aquellas compañías que emplean una cantidad considerable de personas debido a la naturaleza de sus procesos productivos en los cuáles los procesos manuales son mayormente usados en relación a los procesos automatizados, de forma tal que las decisiones sobre el criterio pasa o no pasa recae en la persona y la precisión de su decisión es el objetivo principal de este artículo.

Proceso de entrenamiento proactivo. El proceso de planeación incluye: 1) Identificación del sistema de control de detección. 2) Identificación del personal que tiene una mayor vinculación con la calidad del proceso y del producto. 3) Diseño del arreglo experimental R&R.

1. Identificación del sistema de control de detección. Las características de calidad y sus tolerancias están definidas en los dibujos de ingeniería, sin embargo los requerimientos cosméticos no siempre están claramente bien

definidos. En tales casos podrán existir una variedad de piezas buenas "G" y piezas malas "NG". El criterio depende usualmente de diferentes personas las cuáles tienen la experiencia o bien el "criterio maestro". Tales personas podrían ser: Supervisores, auditores de calidad, líder de equipos, etc.

- El proceso de manufactura está integrado por diferentes líneas interconectadas unas de otras, por lo tanto si una pieza "NG" es aceptada por una operación anterior, existen serias posibilidades de que la misma pieza sea rechazada o aceptada en procesos posteriores.
 - Existe la posibilidad de no poder detectar una pieza "NG" durante el proceso.
 - Si una pieza "G" es identificada como "NG" ésta se convierte en un riesgo para la empresa, sin embargo cuando la pieza "NG" es identificada como "G", inmediatamente esto se vuelve un riesgo para el cliente.
 - Basado en estas características, el proceso de control de detección puede identificarse como tipo I ó control básico. (véase la Tabla No. 3).
2. Identificación del personal de calidad. Típicamente se pueden identificar tres tipos de características: a) Características especiales, b) Cosméticas, y c) Funcionales. Sin embargo cuando el personal es quien juzga y decide si la pieza es "G" o "NG" los tres tipos de características se vuelven sujetas de un atributo o juicio por atributos. Para estos casos será necesario identificar y categorizar el personal en base al riesgo asociado a la calidad del producto y proceso.
- La siguiente tabla No. 7 (véase la Tabla No. 7) muestra una lista de 44 personas las cuáles participaron en el estudio R&R. Es necesario hacer notar que los nombres de las personas han sido ocultados debido a la confidencialidad de la información. La tercera columna indica la posición de la persona.
 - La posición de la persona es una de las variables más importantes para este estudio y se ha codificado en tres categorías: "M", "Q", y "O".
 - La letra "M" indica la posición de experto o juicio experto. Es necesario notar que la selección de la persona como "experto" ha sido basada en relación a la experiencia, al conocimiento de las especificaciones técnicas, conocimiento sobre el proceso y antecedentes educacionales.
 - La letra "Q" indica que el puesto requiere de toma de decisiones sobre la calidad del producto y del control del

proceso. Esta categoría puede ser seleccionada usando criterios establecidos como el número prioritario de riesgo.

- o La letra "O" indica que la persona labora en una posición en la cuál las decisiones que se toman no tienen un impacto directo sobre la calidad del producto y control del proceso.

Tabla 8. Identificación del personal en las categorías: "M", "Q" y "O".

Num	Name	Position	Num	Name	Position
1	Operator 1	Q	23	Operator 23	Q
2	Operator 2	Q	24	Operator 24	O
3	Operator 3	O	25	Operator 25	Q
4	Operator 4	Q	26	Operator 26	O
5	Operator 5	Q	27	Operator 27	Q
6	Operator 6	O	28	Operator 28	O
7	Operator 7	O	29	Operator 29	Q
8	Operator 8	O	30	Operator 30	O
9	Operator 9	O	31	Operator 31	O
10	Operator 10	O	32	Operator 32	O
11	Operator 11	Q	33	Operator 33	Q
12	Operator 12	O	34	Operator 34	Q
13	Operator 13	Q	35	Operator 35	O
14	Operator 14	Q	36	Operator 36	O
15	Operator 15	O	37	Operator 37	O
16	Operator 16	Q	38	Operator 38	M
17	Operator 17	Q	39	Operator 39	M
18	Operator 18	Q	40	Operator 40	M
19	Operator 19	O	41	Operator 41	M
20	Operator 20	Q	42	Operator 42	M
21	Operator 21	O	43	Operator 43	M
22	Operator 22	O	44	Operator 44	M

3. Diseño del arreglo experimental R&R. El diseño del R&R debe tomar en consideración diferentes variables de viabilidad del estudio, tales como: tiempo, cantidad de personas involucradas en el estudio, costo, y procedimientos estadísticos a seguir (Parr, W.C., 1995). El diseño seleccionado fue compuesto por 30 piezas aleatoriamente ordenadas para lograr principios de normalidad y muestra grande (Van Den Heuvel, E.R., 2000) y (Voelkel, J. G., 2003). Para poder lograr este arreglo de R&R se procedió a realizar los siguientes pasos que a continuación se mencionan.
 - o 16 juegos de piezas fueron seleccionados, los cuáles son considerados como los de mayor volumen de producción.
 - o Cada juego de piezas está compuesto por tres partes, de las cuáles una corresponde a "G" y dos a "NG".
 - o Cada parte "NG" podrá tener desde uno a cuatro posibles defectos.
 - o Un total de 16 factores de 3 niveles cada uno, haciendo un total de 48 posibles pruebas / combinaciones (véase la tabla No. 9).
 - o Para poder seleccionar seleccionar las 30 combinaciones del experimento, se procedió a aleatorizar las 48 posibles pruebas y se

tomaron solamente las primeras 30 como selección del arreglo R&R (véase la Tabla No. 10).

Tabla 9. Diseño experimental R&R (N=48).

R&R Factors				R&R Factors			
Item	Code	Description	Judge	Item	Code	Description	Judge
1	1.1	Flow Plate	G	25	9.1	Lower Shell	G
2	1.2	Flow Plate	NG	26	9.2	Lower Shell	NG
3	1.3	Flow Plate	NG	27	9.3	Lower Shell	NG
4	2.1	Cage	G	28	10.1	Zip tube	NG
5	2.2	Cage	NG	29	10.2	Zip tube	NG
6	2.3	Cage	NG	30	10.3	Zip tube	NG
7	3.1	Cover Shell	G	31	11.1	Upper Shell	G
8	3.2	Cover Shell	NG	32	11.2	Upper Shell	NG
9	3.3	Cover Shell	NG	33	11.3	Upper Shell	NG
10	4.1	Lower Shell	G	34	12.1	Middle Shell	G
11	4.2	Lower Shell	NG	35	12.2	Middle Shell	NG
12	4.3	Lower Shell	NG	36	12.3	Middle Shell	NG
13	5.1	Body	G	37	13.1	Lower Shell	G
14	5.2	Body	NG	38	13.2	Lower Shell	NG
15	5.3	Body	NG	39	13.3	Lower Shell	NG
16	6.1	Cover Shell	G	40	14.1	Lower Shell	G
17	6.2	Cover Shell	NG	41	14.2	Lower Shell	NG
18	6.3	Cover Shell	NG	42	14.3	Lower Shell	NG
19	7.1	Lower Shell	G	43	15.1	Upper Shell	G
20	7.2	Lower Shell	NG	44	15.2	Upper Shell	NG
21	7.3	Lower Shell	NG	45	15.3	Upper Shell	NG
22	8.1	Cover Shell	G	46	16.1	Middle Shell	G
23	8.2	Cover Shell	NG	47	16.2	Middle Shell	NG
24	8.3	Cover Shell	NG	48	16.3	Middle Shell	NG

Tabla 10. Diseño experimental R&R (n=30).

R&R Random Factors					R&R Random Factors				
Item	Code	Order	Description	Judge	Item	Code	Order	Description	Judge
1	13.2	1	Lower Shell	NG	16	4.2	16	Lower Shell	NG
2	6.1	2	Cover Shell	G	17	3.2	17	Cover Shell	NG
3	12.3	3	Middle Shell	NG	18	3.1	18	Cover Shell	G
4	9.2	4	Lower Shell	NG	19	15.1	19	Upper Shell	G
5	6.3	5	Cover Shell	NG	20	9.3	20	Lower Shell	NG
6	6.2	6	Cover Shell	NG	21	4.3	21	Lower Shell	NG
7	12.2	7	Middle Shell	NG	22	8.2	22	Cover Shell	NG
8	10.1	8	Zip tube	NG	23	7.1	23	Lower Shell	G
9	11.2	9	Upper Shell	NG	24	2.1	24	Cage	G
10	7.3	10	Lower Shell	NG	25	12.1	25	Middle Shell	G
11	9.1	11	Lower Shell	G	26	14.1	26	Lower Shell	G
12	3.3	12	Cover Shell	NG	27	15.2	27	Upper Shell	NG
13	16.3	13	Middle Shell	NG	28	5.1	28	Body	G
14	7.2	14	Lower Shell	NG	29	4.1	29	Lower Shell	G
15	11.1	15	Upper Shell	G	30	1.1	30	Flow Plate	G

Diseño del arreglo experimental. El propósito de esta etapa del proceso es cuantificar la variabilidad en dos aspectos importantes del proceso de decisión basado en el criterio del operador: Repetibilidad y reproducibilidad. Aún y cuando estos dos indicadores son calculados de forma independiente, los dos indicadores deben verse como uno solo (Wheeler, D.J., 2003-b). El indicador de repetibilidad evaluará la consistencia de la decisión de una persona, mientras que la

reproducibilidad evaluará la congruencia de las decisiones de diferentes personas sobre una misma situación planteada (Burdick, R.K., Park, Y.J., Montgomery, D.C., Borrer, C.M., October 2005). Esta fase del estudio incluye: 1) Primer experimentación R&R usando el diseño definido en la etapa anterior. 2) Estandarizar el criterio de expertos y entrenar en pequeños grupos a los participantes del estudio, y 3) Realizar el segundo experimento R&R y comparar los resultados utilizando la técnica de ANOVA.

- En la siguiente tabla (véase la Tabla No. 11) muestra los resultados de los 37 participantes tanto del primer como del segundo experimento R&R. Esta tabla general es identificada como grupo 1 "All" y esto indica que bajo este código se resume la información de los códigos "M", "Q" y "O".
- Los resultados de repetibilidad y reproducibilidad tienen dos columnas cada uno. La columna de la izquierda es el resultado del primer experimento R&R y la columna de la derecha indica el resultado del segundo experimento. La diferencia de las dos columnas es debida al factor de entrenamiento que ocurrió después del primer experimento R&R.

Tabla 11. Diseño experimental R&R – grupo 1: "All" .

Analysis All / G-1	Repeatability		Reproducibility		Analysis All / G-1	Repeatability		Reproducibility	
	A DPA	A DPD	A DMA	A DMD		A DPA	A DPD	A DMA	A DMD
1	93%	100%	93%	97%	20	93%	97%	87%	90%
2	93%	100%	83%	93%	21	67%	93%	67%	83%
3	97%	93%	93%	87%	22	97%	93%	93%	90%
4	87%	97%	87%	90%	23	83%	100%	80%	97%
5	90%	87%	77%	83%	23	83%	100%	80%	97%
6	97%	97%	90%	83%	24	97%	83%	93%	83%
7	93%	93%	87%	83%	25	97%	93%	87%	90%
8	97%	87%	93%	87%	26	93%	90%	83%	77%
9	100%	97%	97%	93%	27	90%	97%	77%	87%
10	93%	93%	80%	93%	28	86%	90%	80%	83%
11	83%	100%	77%	93%	29	90%	97%	90%	93%
12	100%	100%	100%	93%	30	97%	93%	93%	93%
13	80%	100%	80%	93%	31	97%	93%	93%	90%
14	90%	100%	83%	97%	32	97%	93%	93%	93%
15	97%	93%	90%	87%	33	83%	93%	73%	83%
16	83%	97%	77%	93%	34	100%	100%	90%	97%
17	93%	97%	90%	93%	35	100%	90%	97%	80%
18	90%	87%	70%	77%	36	97%	97%	97%	97%
19	100%	100%	97%	97%	37	97%	97%	97%	97%

- La siguiente el análisis ANOVA. Es necesario notar que los resultados del figura (véase la Figura No. 4) muestra primer y del segundo experimento presentan una diferencia significativa, ya que los resultados del segundo experimento redujeron la dispersión y se movieron hacia arriba en la escala de 0-100.

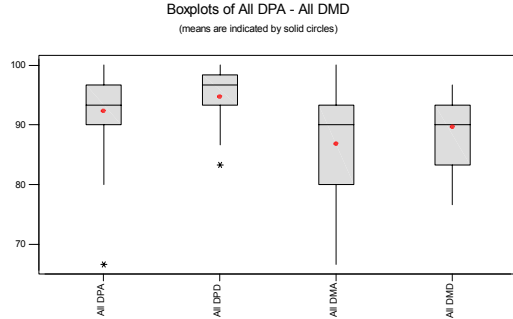


Figura 4. Análisis de ANOVA para el grupo 1: "All".

- La siguiente tabla (véase la Tabla No. 12) muestra el extracto de 17 personas del tota. Las columnas nuevamente identifican tanto los resultados de repetibilidad como de reproducibilidad, tanto del primer como del segundo experimento. En esta tabla se muestran los resultados para el grupo 2 "Q". Esta tabla resume la información exclusivamente para las personas codificadas como "Q".

Tabla 12. Diseño experimental R&R – grupo 2: "Q" –.

Analysis Q / G-2	Repeatability		Reproducibility	
	Q DPA	Q DPD	Q DMA	Q DMD
1	93.33	100.00	93.33	96.67
2	93.33	100.00	83.33	93.33
3	86.67	96.67	86.67	90.00
4	90.00	86.67	76.67	83.33
5	83.33	100.00	76.67	93.33
6	80.00	100.00	80.00	93.33
7	90.00	100.00	83.33	96.67
8	83.33	96.67	76.67	93.33
9	93.33	96.67	90.00	93.33
10	90.00	86.67	70.00	76.67
11	93.33	96.67	86.67	90.00
12	83.33	100.00	80.00	96.67
13	96.67	93.33	86.67	90.00
14	90.00	96.67	76.67	86.67
15	90.00	96.67	90.00	93.33
16	83.33	93.33	73.33	83.33
17	100.00	100.00	90.00	96.67

- En la siguiente figura (véase la Figura No. 5) se muestra el análisis de ANOVA. Es necesario notar que los resultados del primer y del segundo experimento tuvieron diferencias grandes, en el cuál la variación fue reducida y los resultados fueron movidos hacia arriba de la escala. Estos resultados son consistentes con los resultados presentados en el grupo 1 "All".

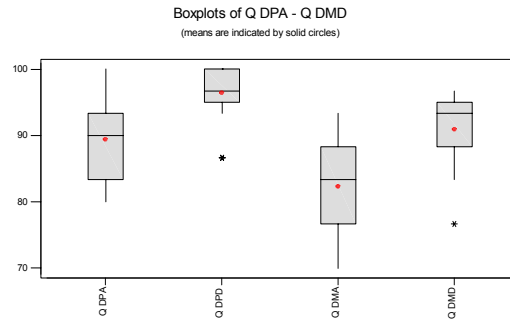


Figura 5. Análisis de ANOVA para el grupo 2: "Q".

- La siguiente tabla (véase la Tabla No. 13) muestra el extracto de 7 personas los cuáles son considerados como el grupo de expertos "M". Este grupo es codificado con el número 3.

Tabla 13. Diseño experimental R&R – grupo 3: "M" –.

Analysis M / G-3	Repeatability		Reproducibility	
	M DPA	M DPD	M DMA	M DMD
1			100	100
2			100	100
3			100	100
4			100	100
5			93	100
6			97	100
7			93	100

- La siguiente figura (véase la Figura No. 6) muestra el análisis de ANOVA. Es necesario hacer notar que el análisis de ANOVA se presenta nulo, pues no hay cambios respecto del primer R&R respecto del segundo.

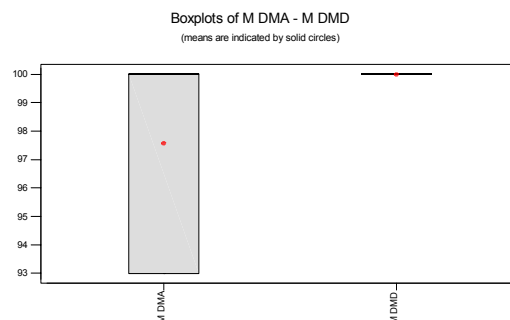


Figura 6. Análisis de ANOVA para el grupo 3: "M".

Establecimiento de tolerancias del proceso. El nivel ideal de estudios R&R por atributos es del 100 %, sin embargo cuando el factor humano está en juego y el diseño se establece de 30 factores con 3 niveles cada uno, y cada parte puede tener de 1 a 4 defectos, hay que considerar varios aspectos antes de definir el nivel mínimo satisfactorio del indicador R&R para considerarlo como aceptable.

- Frecuencia en la cuál se realizará el proceso de entrenamiento proactivo.
- Número de posiciones "Q", "M" y "O".
- Estado actual del sistema de calidad (FTT y PPM).
- Rotación laboral.
- Cantidad total del personal empleado y personal que participa en el entrenamiento proactivo.
- Tiempo invertido en el entrenamiento proactivo.

La siguiente figura (véase la Figura No. 7) muestra los resultados de repetibilidad y reproducibilidad (DPA y DPD indican los resultados de repetibilidad antes y después respectivamente, así mismo las columnas DMA y DMD muestran los resultados de reproducibilidad). Las barras azules indican que los resultados alcanzaron una frecuencia no mayor del 80 %. Las barras amarillas representan resultados en el intervalo del 80 % al 90 %, y las barras verdes indican resultados superiores al 90 %.

- En todos los casos comparando los resultados antes y después, el factor de entrenamiento fue decisivo para incrementar los resultados mostrados en la gráfica de barras para los colores verde y amarillo.
- Las barras azules fueron disminuidas después del efecto del entrenamiento.

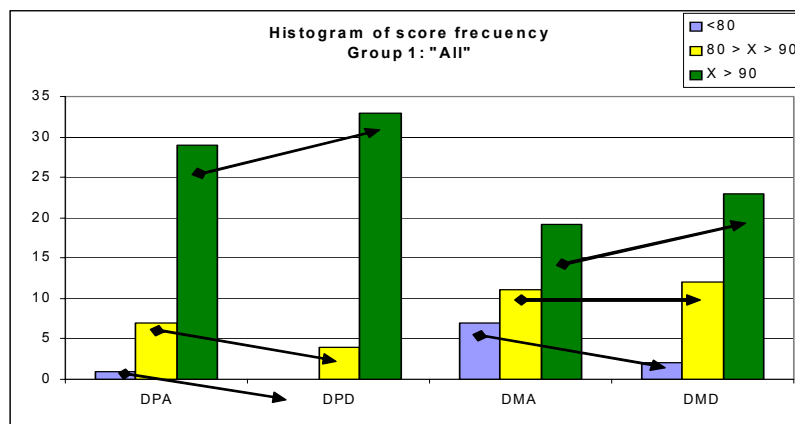


Figura 7. Proceso de entrenamiento proactivo – grupo 1: "All" –.

Definición de lineamientos. En las secciones anteriores se ilustró como el proceso de entrenamiento proactivo puede ser implementado y cómo la técnica de R&R puede ayudar a medir la efectividad de este proceso. El siguiente paso es definir los lineamientos y políticas a seguir para implementar el proceso de entrenamiento proactivo de una forma sistemática, para lo cual existen algunas variables a ponderar: 1) Rotación laboral, 2) Nivel educacional de la población laboral, 3) cantidad de puestos "Q", 4) Nivel de habilidades del personal laborando en las posiciones "Q", 5) Tiempo disponible para el estudio, 6) Análisis costo beneficio tomando en consideración el tiempo invertido vs. % scrap. La ponderación de los aspectos anteriores podrá ayudar a evaluar y determinar:

- Cantidad de gente necesaria para realizar el proceso.
- Frecuencia sistemática del proceso.

Conclusiones

La metodología R&R no es nueva así como el procedimiento estadístico que está detrás de la herramienta. Se puede decir que la complejidad matemática estadística no es una limitante debido al uso de diferentes programas computacionales de análisis estadístico. Diferentes autores e instituciones han escrito acerca de tales técnicas con el objetivo de introducir a las organizaciones el pensamiento estadístico y teorías prácticas del área de la calidad, así como el enfoque cualitativo y cuantitativo para mejorar la calidad, productividad y competitividad.

Aún y cuando los cálculos del índice R&R no es nuevo, gran cantidad de organizaciones hoy día no incorporan tales técnicas en su operación diaria. Algunas organizaciones se ven forzadas a utilizarlas debido a que en algunas industrias resulta ser un requisito mandatorio (como lo es para la industria automotriz) para cumplir requisitos internacionales, sin embargo las técnicas R&R pueden ser introducidas en todas las organizaciones que tengan necesidades de incrementar el nivel de consistencia de decisión de sus empleados.

Existen algunos resultados esperados al implementar el proceso de entrenamiento proactivo:

- Satisfacción del cliente. El cliente sabrá que esperar del personal laborando en la organización, debido a que recibe una atención consistente día a día.
- Productividad en la manufactura. Si una persona en su proceso de manufactura determina que el producto es "NG" cuando realmente el producto es "G" se convertirá en un costo de pobre calidad para la organización. Por otra parte cuando el producto "NG" se identifica como "G" y es enviado al cliente, esto se convierte

automáticamente en un costo de no calidad, sin embargo en esta ocasión el cliente fue afectado por la falta de control de proceso en la organización. El proceso de entrenamiento proactivo ayuda a disminuir la variación en tales procesos de decisión.

En el caso de estudio de 37 personas divididas en 4 grupos dependiendo del impacto que estas tienen en su puesto de trabajo con la calidad del producto y con el control del proceso.

- Grupo 1. Todos "All". Este grupo comprende los otros tres en un listado completo.
- Grupo 2. Calidad "Q". Incluye solamente las personas que laboran en un puesto que tiene alto impacto en la calidad del producto o en el control del proceso.
- Grupo 3. Expertos "M". Se conforma por personas que por sus conocimientos técnicos y experiencia en el proceso fueron considerados como expertos para el estudio.
- Grupo 4. Otros "O". Se compone por el personal que tiene un impacto limitado en la calidad del producto o en el control del proceso.

Los resultados R&R de los grupos fueron consistentes y se observa una tendencia positiva de incremento de R&R al realizar el proceso de entrenamiento proactivo (véase las Figuras 7, 8 y 9).

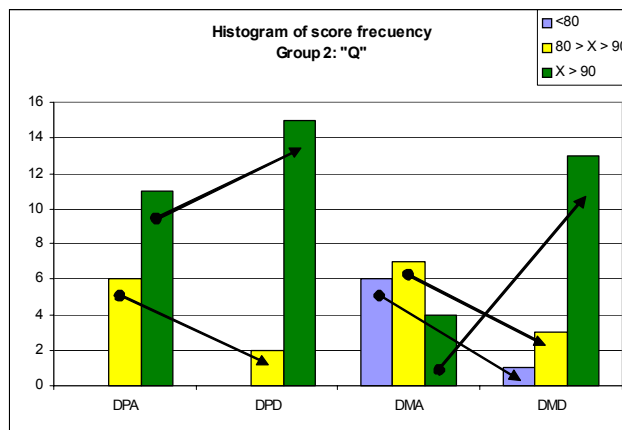


Figura 8. Proceso de entrenamiento proactivo – grupo 2: "Q" –.

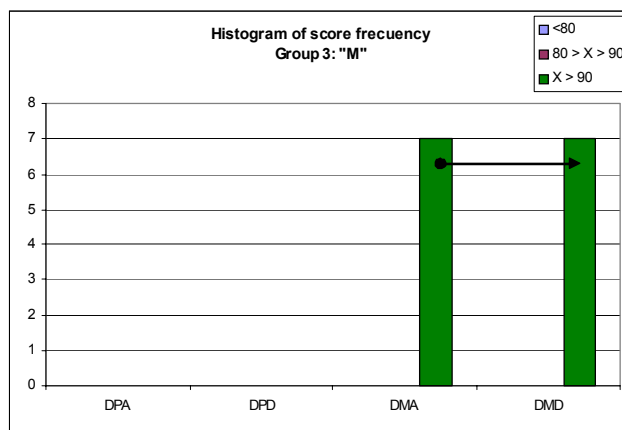


Figura 9. Proceso de entrenamiento proactivo – grupo 3: "M" –.

Referencias

- Balestracci, D. (2002). Statistics and Reality - Part I. *ASQ Statistics Division Newsletter*, 20(3), 14-19.
- Breyfogle III, F. (2003). Beyond Six Sigma/Lean: Methods To Ensure Your Organization's Health. *Smarter Solutions, Inc.*, 1(1), 1-4.
- Burdick, R.K., Park, Y.J., Montgomery, D.C., Borror, C.M. (October 2005). Confidence Intervals for Misclassification Rates in a Gauge R&R Study. *Journal of Quality Technology*, 37(4), 294-303.
- Burdick, K.R., Larsen, A.G. (1997). Confidence Intervals on Measures of Variability in R&R Studies. *Journal of Quality Technology*, 29(3), 261-273.
- Heaphy, M.S., Gruska, G.F. (1984). Stop Light Control. *ASQ Statistics Division Newsletter*, 5(2), 1-14.
- Kristynn, D. K., Burdick, R.K., Birch, J. N. (1998). Analysis of a Two-Factor R&R Study With Fixed Operators. *Journal of Technology*, 30(2), 163-170.
- Mitchell, R. (2003). *Control Plans: Ensuring The Economic Return of the Application of Statistical Thinking in Improvement Projects*. Consultado en Sep, 20, 2007 en www.3m.com.
- Palo, S., Padhi, N. (2005). How HR Professionals Drive TQM: A Case Study in an Indian Organization. *The TQM Magazine*, 17(5), 467/485.
- Parr, W.C. (1995). How Do World Class Organizations Use Statistics. *ASQ Statistics Division Newsletter*, 15(2), 21-27.
- Sagar, P. (1992). Temperature and Gage R&R. *Quality*, 31(6), 53.
- Van Den Heuvel, E.R. (2000). Gage R&R Studies for Nonstandard Situations. *ASQ's 54th Annual Quality Congress Proceedings*, 54, 317-328.
- Voelkel, J. G. (2003). Gauge R&R Analysis for Two-Dimensional Data With Circular Tolerances. *American Society for Quality*, 35(2), 153-167.

- Wheeler, D.J. (2003). *Good Data, Bad Data, Process Behavior Charts*. Consultado en Sep, 22, 2007 en http://www.spcpress.com/reading_room.php.
- Wheeler, D.J. (2003). *How to Establish Manufacturing Specifications*. Consultado en Sep, 23, 2007 en http://www.spcpress.com/reading_room.php.
- Windsor, S.E. (2003). Attribute Gage R&R. *Six Sigma Forum Magazine*, Agosto, 23-28.