

1. INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE LA CALIDAD Y LA FIABILIDAD.

Contenido del tema: Introducción. Definiciones y tipos de control. Reseña histórica del control de calidad y de la fiabilidad. Desafíos actuales.

1.1. Introducción.

En este primer capítulo se introducen las ideas básicas sobre el control estadístico de la calidad y de la fiabilidad. El objetivo es analizar los cambios sobre los diferentes conceptos de calidad que han ido apareciendo a lo largo de la historia, desde las primeras definiciones hasta el momento actual, para lo que se incidirá especialmente en la evolución de estas técnicas mediante un recorrido histórico con el objeto de ver la evolución de los conceptos básicos y presentar a los personajes que ayudaron a hacerlo posible.

En un principio, las primeras definiciones de calidad de un producto se centraban en ajustar a un modelo estándar para, con el tiempo, basarse en la satisfacción de los requerimientos del cliente y englobar a todos los participantes. En esos primeros intentos de controlar la calidad de un producto o servicio se basaban en la aptitud para el uso. Hoy en día, aunque han variado los objetivos de la calidad, sigue siendo esencial la necesidad de controlar la calidad y la fiabilidad de los productos o servicios, y cuando se trata de medir la Estadística es la herramienta que debe de utilizarse, lo que justifica el que esté más vigente que nunca, si cabe, hablar de control estadístico de la calidad y la fiabilidad, pues la gran evolución que ha tenido la estadística en los últimos años propicia que sus aplicaciones al ámbito de la calidad permitan una mejora evidente en la resolución de problemas propios de este campo.

Nadie discute que la calidad es un factor básico en la toma de decisiones de cualquier consumidor tanto de productos como de servicios. No importa que el consumidor (cliente) sea una persona, una pequeña empresa, una gran industria o una organización gubernamental, no hay duda que la mejora de la calidad representa una oportunidad para el éxito y la competitividad de los productos.

Es evidente que para poder medir la calidad se necesita el empleo de métodos de control. El papel que juega la estadística en todo este proceso de control es crucial, una forma de expresarlo es la cita de William Hunter, profesor de la Universidad de Wisconsin, quien afirmó: “Si se deben mejorar los niveles actuales de calidad y productividad deben hacerse cambios en el modo en que

se hacen las cosas en la actualidad, debería disponerse de buenos datos que sirvan como base racional sobre la cual hacer esos cambios. Una pregunta doble aparece: ¿qué datos tomar? y, una vez recogidos, ¿cómo deben analizarse? La Estadística es la ciencia que responde a esta doble pregunta”.

Cualquier producto o servicio, sea un automóvil, un teléfono móvil, una tostadora o un servicio de transporte tienen la posibilidad de ser medidos, por tanto, siempre será posible analizar variables que permitan controlar ciertas características. Estas características medibles de calidad pueden ser físicas (longitud, peso, densidad, tensión), sensoriales (color, sabor, acabado) o bien relacionados con la vida útil del producto, es decir, cuánto tiempo va a mantenerse un producto con las condiciones óptimas para su uso, esto nos llevará a los estudios de fiabilidad del producto, entendida esta como calidad en el tiempo ("quality over time"). Por tanto, aunque el tratamiento de la fiabilidad (también denominada confiabilidad), suele hacerse por separado, en esta visión se propondrá estas técnicas de fiabilidad como un eslabón más de la cadena para el control de la calidad, pues aunque un producto pueda salir de fábrica en condiciones aceptables para su empleo es también apreciable por el usuario que estas condiciones para el uso sean perdurables en el tiempo.

La importancia que tienen los métodos estadísticos para el control tanto de la calidad como de la fiabilidad radica en que el error es algo inherente a cualquier proceso de fabricación que involucre al ser humano, por tanto, es lógico que esas características medibles de calidad o de fiabilidad del producto presenten cierta variabilidad. Esta variabilidad, lógicamente, será indeseable y un objetivo básico de producción será analizarla y reducirla o, al menos, mantenerla dentro de unos límites de especificación. El control estadístico de la calidad y la fiabilidad tendrá como misión aportar las herramientas, de tipo estadístico, para controlar e intentar medir, y si es posible reducir, esa variabilidad inherente al producto o servicio.

De este modo, podría afirmarse que el control estadístico de la calidad es el conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para "medir" la calidad y compararla con las especificaciones o requisitos del cliente con la intención de poder tomar medidas correctivas para su mejora, que en la mayoría de los casos estarán orientadas a la reducción de la variabilidad.

Uno de los grandes gurús del control de la calidad, el profesor Joseph Juran, en su libro "Quality Control Handbook", define el control de calidad como "proceso regulador a través del cual se mide la calidad conseguida, se compara con los estándares y se actúa sobre la diferencia". Como puede apreciarse esta definición se centra en el proceso productivo, el objetivo es buscar que los productos se ajusten a un modelo preestablecido por el fabricante (.ªjuste a un estándar"), con el tiempo se buscará también la aptitud para el uso final, es decir se tendrá en cuenta el usuario final así aparece la idea de la satisfacción del cliente (.el cliente siempre tiene razón").

Otra perspectiva distinta la supone involucrar a todas las partes que tienen que ver con la fabricación de un producto. Por una parte los clientes y sus necesidades, y por otra parte, todo el personal de la empresa. Nace así el

concepto de gestión de la calidad total o TQM (siglas en inglés Total Quality Management) que representa una cultura de calidad"que involucra a toda la organización, todas las decisiones tienen por objetivo la satisfacción del cliente y que ha sido adoptada por muchas empresas y organismos públicos (Kelly et al.).

Hoy en día, aunque muchas instituciones siguen utilizando la filosofía TQM, son más comunes políticas de calidad basadas en metodologías Seis Sigma u otras en las que la optimización juegan un papel clave como el caso de Lean. En cualquier caso, los objetivos siguen siendo los mismos: dar mejores productos o servicios y más competitivos. Algunos autores sostienen que estas nuevas metodologías de control de la calidad, en el fondo, se basan en lo de que se hizo siempre pero con una mejor envoltura, lo que resumen diciendo que se trata de un "vino viejo en botellas nuevas".

Para comprender como ha ido evolucionando los conceptos del control de la calidad y la fiabilidad, se presenta en la siguiente sección un recorrido a lo largo de la historia donde se resaltarán los aspectos más destacables que han llevado a la idea que hoy día se tiene del control de la calidad y de la fiabilidad.

1.2. Definiciones y tipos de control

Como ya se ha comentado en el caso de la calidad se pueden dar diferentes definiciones en función de la fuente o de la época, entre las que destacan las siguientes:

- ISO 9000: 2000: Conjunto de características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para cumplir los requisitos de los usuarios o clientes, o de otras partes interesadas.
- Houghton (calidad total): calidad es saber qué debe hacerse, tener las herramientas para hacerlo correctamente y luego hacerlo correctamente a la primera.
- Taguchi (función de pérdida): Calidad de un producto es la mínima pérdida impuesta por este producto a la sociedad durante su vida útil.
- Montgomery: Calidad es inversamente proporcional a la variabilidad.

En cuanto al control de la calidad se destacan las siguiente definiciones:

- UNE 66-001-88: Conjunto de técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para satisfacer los requisitos relativos a la calidad.
- ANSI ZI.7. 1971: conjunto de técnicas y actividades que sustentan la calidad de un producto o servicio para satisfacer unas determinadas necesidades.

- JISZ 8101: sistema por el cual la calidad de los bienes y servicios se consigue de forma económica cumpliendo al mismo tiempo con los requerimientos del cliente.
- Juran (Quality Control Handbook, 1974): proceso regulador a través del cual se mide la calidad conseguida, se compara con los estándares y se actúa sobre la diferencia.

Además, en función del momento en que se aplique el control podrá hablarse de diferentes tipos:

- Control de fabricación: cuando el control se realiza durante la fase de fabricación de un producto. Normalmente se lleva a cabo a intervalos de tiempo fijos y tiene por objeto vigilar el funcionamiento correcto del sistema para que este se encuentre en las mejores condiciones posibles así como tratar de mejorarlo.
- Control de recepción: se aplica a una partida de un nuevo producto (sea este un producto final, una materia prima o un producto semielaborado). El objetivo del mismo es comprobar que se verifican las especificaciones establecidas.

En función de la forma en que se observa la calidad de un producto la clasificación del control se clasificaría en:

- Control por variables: cuando se mide una característica cuantitativa de dicho elemento (su peso, longitud, resistencia, etc.) que suele compararse con un estándar preestablecido.
- Control por atributos: si lo que se mide es una característica cualitativa que el producto puede presentar o no (una pieza es correcta o defectuosa, se acopla o no se acopla en otra, etc.).
- Control por número de defectos: cuando lo que se observa es el número de defectos de cada elemento (un coche puede presentar uno, dos o más defectos).

1.3. Breve reseña histórica

1.3.1. Antecedentes al control de la calidad

Aunque podría situarse el nacimiento del control estadístico de la calidad en la primera mitad del siglo XX, con los trabajos pioneros sobre gráficos de control utilizados en la Bell Telefon por Walter Shewart, es evidente que a lo

largo de la Historia hubo siempre un interés por controlar y mejorar la calidad, como ejemplo de este interés y de la buena calidad alcanzada son, sin duda, la mayoría de los monumentos y piezas artísticas, o de uso cotidiano, que han resistido el paso del tiempo y que hoy podemos contemplar en cualquier museo.

La importancia de controlar la calidad es tan antigua como la propia existencia de civilizaciones sobre el planeta. Así, se puede constatar como la mayoría de las civilizaciones antiguas daban gran importancia a la calidad de sus obras. Por ejemplo, en el *Código de Hammurabi* (2150 a. C.), se declaraba: “*Si un constructor construye una casa para un hombre, y su trabajo no es fuerte y la casa se derrumba matando a su dueño, el constructor será condenado a muerte*”. Otro caso similar es el de los inspectores fenicios, que tenían por costumbre cortar la mano a quien hacía un producto defectuoso. Alrededor del año 1450 a.C., los inspectores egipcios encargados de comprobar las medidas de los bloques de piedra en la construcción de las pirámides ya usaban procedimientos de control. También se ha constatado que en otras culturas, como la de los mayas o en la China imperial, también se usaron métodos de control para verificar las grandes construcciones. Otros curiosos ejemplos son algunas de los que se pueden encontrar en textos sagrados, así en la Biblia, puede leerse: "Dios dio a Noé las especificaciones necesarias para construir el Arca".

Llegada la Edad Media, cuando proliferaron los aprendices y los gremios, el papel del artesano es a la vez de instructor como de inspector, también se empeñaban en verificar que hubiera calidad en lo que hacían, es frecuente ver acuñadas en obras de la época la marca de determinadas controles sobre las piedras de los monumentos que hoy aún lucen en muchas localidades, a este proceso inicial suele denominarse como "control de calidad del operario". El gobierno fijaba y proporcionaba normas y, en la mayor parte de los casos, un individuo podía examinar todos los productos y establecer un patrón de calidad único.

Uno de los procedimientos más curioso, e innovador para su tiempo, del que se tiene constancia, es el del control de la calidad mediante un esquema de muestreo desarrollado por la Casa de la Moneda inglesa, que recibe el nombre de *trial of the pyx*. Procede del reinado de Enrique II (1154-1189), y su propósito era establecer si las monedas acuñadas respetaban las especificaciones establecidas por la Corona. El objetivo era verificar que los lingotes de oro que se le suministraban a la casa de la moneda iban efectivamente destinados en su totalidad a la acuñación. Para realizar este control se guardaba en la Abadía de Westminster un lingote convenientemente pesado, que se consideraba como patrón para la comparación de las monedas, y una muestra de las monedas acuñadas, guardadas en una caja denominada “pyx”. Cada determinado tiempo se realiza inspecciones llamadas *trial of the pyx* por un jurado independiente de la casa de la moneda y de la casa real. El pyx era abierto y los contenidos del mismo eran pesados y comparados con el estándar guardado; si el resultado era satisfactorio, se anunciaba públicamente y se celebraba un banquete, mientras que en caso contrario, el jefe de la Casa de la Moneda era

obligado a solventar la situación.

Conscientes de los problemas técnicos de acuñar monedas exactamente iguales, y la variación inevitable en los pesos, las partes interesadas acordaron también agrupar las monedas fabricadas en cortos períodos de tiempo, con lo que pesaban el conjunto y era esta medida “agregada” la que comparaban con el estándar. Además se establecía una tolerancia por encima y por debajo del valor estándar, que se denominaba remedy. El trial of the pyx sería un primer ejemplo de lo que con el tiempo se convertirá en el muestreo de aceptación.

Estos métodos de control de la calidad podían florecer en un mundo pequeño y local, pero el crecimiento de la población mundial exigió más productos y, por consecuencia, una mayor distribución a gran escala. Con la Revolución Industrial, la producción en masa de productos manufacturados, que fue posible mediante la división del trabajo, creó nuevos problemas para los que estaban acostumbrados que propiciaron el nacimiento de nuevas herramientas para el control.

Será el siglo XX el que se desarrollará una era tecnológica que permitió que las masas obtuvieran productos hasta entonces reservados sólo para las clases privilegiadas. Entre los ejemplos más destacables de popularización de artículos antes pensados para unos pocos está el caso del automóvil. Será Henry Ford el que introduce uno de los cambios mayores en la fabricación de productos: la producción en cadena. La producción de la línea de ensamblaje dividió operaciones complejas en procedimientos sencillos, capaces de ser ejecutados por obreros no especializados, dando como resultado productos de gran tecnología a bajo costo. Parte de este proceso fue una inspección para separar los productos aceptables de los no aceptables. Será durante esta época cuando el control de la calidad empieza a hacerse imprescindible en los departamentos de fabricación.

La Segunda Guerra Mundial aceleró la implantación de estos métodos de control de la calidad, propiciando el nacimiento de departamentos de calidad en las fábricas de armamento. Estos primeros departamentos de calidad irán trasladándose a todo tipo de fábricas al comprobar los buenos resultados que aportan en la mejora de los productos.

1.3.2. Nacen los diagramas de control

Entre 1920 y 1940 la tecnología industrial cambió rápidamente. La Bell System y su subsidiaria manufacturera, la Western Electric, estuvieron a la cabeza en el control de la calidad instituyendo un departamento de ingeniería de inspección que se ocupará de los problemas creados por los defectos en sus productos. George Edwards y Walter Shewhart, como miembros de dicho departamento, fueron sus líderes.

Edwards declaró: .Existe el control de la calidad cuando artículos comerciales sucesivos tienen sus características más cercanas al resto de sus compañeros y

más aproximadamente a la intención del diseñador de lo que sería el caso si no se hiciera la aplicación. Para mí, cualquier procedimiento, estadístico u otro que obtenga los resultados que acabo de mencionar es control de calidad, cualquier otro que no obtenga estos resultados no los es". Edwards acuñó la frase "seguridad en la calidad" y la defendía como parte de la responsabilidad de la administración.

Pero será en el año 1924 cuando Shewhart utiliza los gráficos de control (hoy en día denominados gráficos Shewhart) cuando se puede hablar del nacimiento del actual control estadístico de la calidad. La publicación de sus trabajos no llegaría hasta el año 1931 cuando aparece el artículo sobre gráficos de control "Economic Control of Quality of Manufactured Product" (véase los trabajos de Shewhart en bibliografía).

Aunque su interés primordial eran los métodos estadísticos, Shewhart también era conocedor de los problemas de la administración, siendo él la primera persona en hablar de los aspectos filosóficos de la calidad. El punto de vista de que la calidad tiene múltiples dimensiones es atribuible también a Shewhart, que será junto a Juran y Deming las personas que darían el empuje inicial a la expansión de estas técnicas.

1.3.3. Se aplican planes de muestreo (control de aceptación)

Como ya se mencionó anteriormente, el interés del control de calidad en la Inglaterra data ya de la época de los tudor. Pero será en el año 1935, cuando el estadístico Egon Pearson desarrolla el British Standard 600 para la aceptación de muestras del material de entrada, el cual fue sucedido por el British Standard 1008, adaptación del 41 U.S. Z -1 Standard desarrollado durante la Segunda Guerra Mundial.

En la década de los cuarenta comenzó el desarrollo y aplicación de tablas de muestreo para inspecciones de aceptación y se publicaron tablas de muestreo para usos militares, probando su empleo por parte de las fuerzas armadas. Estas últimas dieron lugar al Militar Standard 105D, que aún hoy sigue a ser utilizada para las inspecciones de aceptación por muestreo de atributos. El Ministerio de Defensa americano publicó también su Militar Standard 414 para muestreos de aceptación basados en variables.

1.3.4. Aparecen los departamentos de control de calidad

En el año 1942 se formó un grupo de investigación estadística en la Universidad de Columbia, con objeto de desarrollar un método de análisis secuencial y el empleo de técnicas de análisis multivariantes en control de calidad, aparece así el empleo del estadístico T^2 introducido por Harold Hotelling, uno de los

principales investigadores del grupo. El desarrollo de estas técnicas pueden verse en varios artículos publicados posteriormente como Sampling Inspection (1948), Techniques of Statistical Analysis (1947) y Sequential Analysis of Statistical Data: Applications (1945).

En el año 1946 se fundó la ASQC (American Society for Quality Control) y su presidente electo, George Edwards, declaró en aquella oportunidad: “La calidad va a desempeñar un papel cada vez más importante junto a la competencia en el costo y precio de venta, y toda compañía que falle en obtener algún tipo de arreglo para asegurar el control efectivo de la calidad se verá forzada, a fin de cuentas, a verse frente a frente a una clase de competencia de la que no podrá salir triunfante”.

Será en este mismo año, cuando Kenichi Koyanagi fundó la JUSE (Union of Japanese Scientists and Engineers) con Ichiro Ishikawa como su primer presidente. Una de las primeras actividades de la JUSE fue formar el Grupo de Investigación del Control de la Calidad (Quality Control Research Group: QCRG) que darán un gran impulso al control de la calidad japonés, que además de estar influidos por el carácter y la filosofía oriental de hacer las cosas promueven nuevos métodos como la creación de los círculos de la calidad.

En 1954, Page desarrolla el gráfico de control de sumas acumuladas (CUSUM) que intenta solucionar algunos problemas que presentaba el gráfico de control Shewhart cuando los cambios en el proceso eran de pequeña magnitud. Este gráfico de control va a considerar la información pasada del proceso en su desarrollo, lo que va a suponer que su comportamiento ante cambios de pequeña magnitud va a ser mejor que el del gráfico Shewhart. También en esa fecha Juran empieza a difundir los métodos estadísticos y los sistemas de control de calidad entre todos los dirigentes y mandos intermedios de las empresas japonesas.

En el año 1959, Roberts introduce el gráfico de control de medias móviles exponencialmente ponderadas, conocido como gráfico EWMA (Exponentially Weighted Moving Average). Este gráfico de control, al igual que el gráfico CUSUM, va a comportarse mejor en algunos aspectos que el tradicional gráfico Shewhart, la idea es que la inclusión de la información pasada del proceso se realiza mediante una ponderación exponencial considerándolo como un proceso estocástico.

En los procesos de producción actuales, existe más de una característica que influye en la calidad final de los productos. Para solventar este problema y poder controlar varias características al mismo tiempo han proliferado últimamente técnicas multivariantes de control. Dentro de éstas caben destacar por su mayor desarrollo y aplicación el gráfico de control T^2 de Hotelling y los gráficos MCUSUM y MEWMA, extensiones al caso multidimensional de sus correspondientes gráficos unidimensionales.

1.3.5. La expansión del control de calidad desde Japón

Un caso especial es la importancia que ha tenido la implementación del control de calidad en el Japón de final de la Guerra. Después de acabada la Segunda Guerra Mundial, y tras la firma de la rendición habiendo sufrido el holocausto nuclear, Japón necesitaba realizar la reconstrucción del país. Las fuerzas de ocupación estadounidenses deciden apoyar esta reconstrucción enviando a un grupo de expertos para ayudar en su labor. Entre los temas tratados por este comité de expertos se incluyó el control estadístico de la calidad, aplicando muchos de los conocimientos que habían sido implementado por Shewhart.

Se envió a Japón a un profesor de la Universidad de Columbia, Edwards Deming, discípulo del propio Shewhart. En 1950, Deming, un estadístico que trabajara en la Bell System con Edwards y Shewhart, fue invitado a hablar ante los principales hombres de negocios del Japón. Deming los convenció de que la calidad japonesa podría convertirse en la mejor del mundo al instituirse los métodos que él proponía. Posiblemente, en la buena acogida de los principios del control de la calidad en Japón, haya tenido mucho que ver la cultura de este pueblo inspirada en el principio del kaizen, o continua búsqueda para incrementar la mejora.

El programa de aplicaciones del control a la industria japonesa comenzó en la década de los cincuenta, con la mejora del sistema de telecomunicaciones de Japón, realizado por los ECL (Electrical Communication Laboratories), de la compañía NTT (Nippon Telephone and Telegraph). Entre los japoneses participantes en este proyecto destaca Genichi Taguchi, que participa con la responsabilidad de promover la productividad en investigación y desarrollo para ECL. Para optimizar los costes de la experimentación, Taguchi desarrolló un enfoque del diseño de experimentos en términos de costes: la variación reducida se traduce en una mayor reproducibilidad, viabilidad y, finalmente, en grandes ahorros en costes tanto para el fabricante como para el cliente. Cualquier enfoque efectivo de la calidad debe dirigirse a la relación entre calidad y coste.

Taguchi hará una estancia en en la Universidad de Princetown como Investigador Asociado durante el año 1962. A su vuelta a Japón ocupará una plaza de profesor en la Universidad Aoyama Gakuin, en Tokio, hasta 1982. Durante este tiempo, formó a muchos ingenieros en la industria al tiempo que colaboraba como consultor con las más importantes empresas japonesas.

Los métodos Taguchi se introdujeron en los Estados Unidos al principio de la década de los ochenta en la AT&T Bell Laboratories, Ford Motor Company y Xerox Corporation. La Ingeniería de Calidad de Taguchi se basa en el empleo de una serie de métodos y desarrollos, tanto estadísticos como propios de ingeniería, así como unos aspectos filosóficos y culturales que enmarcan todo el proceso.

Serán también destacables las aportaciones del profesor Ishikawa, que intentó implicar en la calidad a todos los estamentos de la empresa, poniéndola

al alcance de los niveles más bajos (desarrollo de las siete Herramientas Básicas de la calidad y la creación de los Círculos de Calidad).

Cada año se otorgan en Japón los Premios Deming a la persona o institución que destaque en la aplicación del control de la calidad. Algunas de las empresas que han obtenido dichos premios incluyen Nissan, Toyota, Hitachi y Nipon Steel. En 1989, la Florida Power and Light Company fue la primera compañía no japonesa en ganar el premio Deming.

1.3.6. Control de la calidad total (TQC)

En la década de los 60 y 70, Armand Feigenbaum sienta los principios básicos del control de la calidad total (Total Quality Control, TQC): "el control de la calidad existe en todas las áreas de los negocios, desde el diseño hasta las ventas". Hasta ese momento los esfuerzos en la calidad habían estado dirigidos a corregir actividades, no a prevenirlas. Es así que en 1958, un equipo japonés de estudio de control de la calidad, dirigido por Kaoru Ishikawa, visitó a Feigenbaum en General Electric; al equipo le gustó el nombre TQC y lo llevó consigo al Japón; sin embargo, el TQC japonés difiere del de Feigenbaum.

Muchas empresas trabajan con el concepto de sistema Integral de Calidad, que afecta al diseño, la fabricación y la comercialización, produciéndose un fenómeno singular que afectó a la comercialización y economía industrial de muchos países, aplicando los conceptos del aseguramiento de la calidad y la prevención. El aseguramiento de la calidad en la industria de los servicios (Service Quality Assurance: SQA) también se empeñó a enfocarse al uso de los métodos de la calidad en los hoteles, bancos, gobierno y otros sistemas de servicios. El TQC requiere que todos los empleados participen en las actividades de mejoramientos de la calidad, desde el presidente de la junta de directores hasta los obreros, pasando por quienes atienden a los clientes y toda la comunidad.

Deming regresó de Japón en los años 70 a Estados Unidos y se hizo profeta en su tierra. A partir de ese momento, empezó a calar la idea de garantía de calidad entre los ingenieros americanos y la expresión Calidad Total entró en la jerga habitual de la producción. Desgraciadamente la reacción en Europa ha sido, en muchos casos, bastante más tardía quedando todavía mucho por hacer.

El concepto de Calidad Total fue definido en 1986, por J.R. Houghton, presidente de una de las compañías cristalerías más importantes en Estados Unidos, de la siguiente manera: "calidad es saber qué debe hacerse, tener las herramientas para hacerlo correctamente y luego hacerlo correctamente a la primera".

1.3.7. Mejoramiento de la calidad

El final de los años 70's y el principio de los 80's fue marcado por un empeño en la calidad en todos los aspectos de los negocios y organizaciones de servicios, incluyendo las finanzas, ventas, personal, mantenimientos, administración, fabricación y servicio. La reducción en la productividad, los altos costos, huelgas y alto desempleo hicieron que la administración se volviera hacia el mejoramiento en la calidad como medio de supervivencia organizacional.

Hoy día muchas organizaciones se empeñan en lograr el mejoramiento de la calidad, incluyendo JUSE, ASQC, EOQC (European Organization for Quality Control), e IAQ (International Academy for Quality). Así mismo, varios centros de estudio han establecido sus propias investigaciones para estudiar este concepto como: las Universidades de Miami, Wisconsin, Tennessee, el Centro MIT para el Estudio de Ingeniería Avanzada y la Universidad Fordham.

1.3.8. La normalización en el control de calidad

Para llevar a cabo controles de calidad en empresas e instituciones surgen distintas organizaciones y asociaciones que crean una normativa propia a la que deben acogerse estas empresas en aras de competir con sellos de calidad reconocidos. Así surgen las normas ISO, las AENOR, las ASTM, etc.

La Organización Internacional para la Normalización (ISO), creada en 1947, es una organización internacional no gubernamental, con sede en Ginebra, que redacta y aprueba normas técnicas internacionales, en la actualidad está presente en 157 países (véase gráfica). Es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional.

La Organización ISO está compuesta por tres tipos de miembros:

- Miembros natos, uno por país, recayendo la representación en el organismo nacional más representativo.
- Miembros correspondientes, de los organismos de países en vías de desarrollo y que todavía no poseen un comité nacional de normalización. No toman parte activa en el proceso de normalización pero están puntualmente informados acerca de los trabajos que les interesen.
- Miembros suscritos, países con reducidas economías a los que se les exige el pago de tasas menores que a los correspondientes.

ISO coopera estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission o IEC), su precedente histórico ya que fue creada en 1906, y que es responsable de la normalización de equipos eléctricos y electrónicos. Es un error común el pensar que ISO significa Inter-

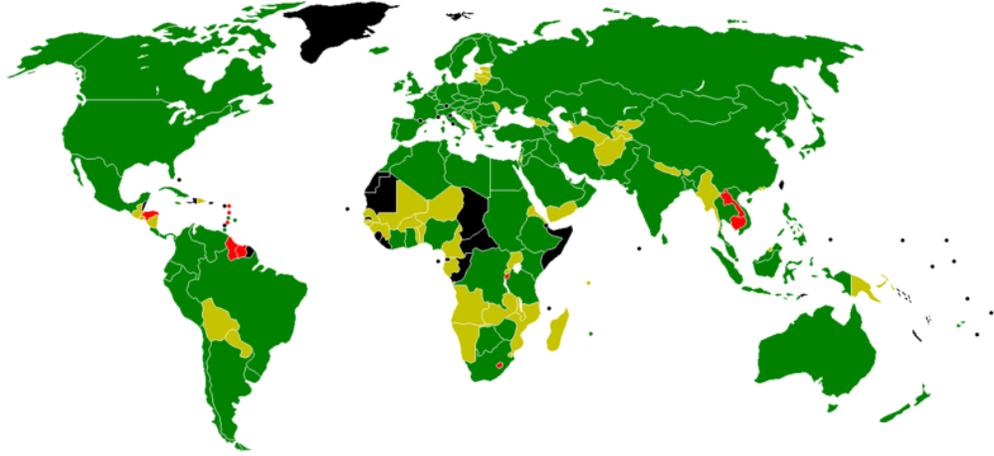


Figura 1-1 En verde se muestran los miembros natos de la ISO, en amarillo los correspondientes, en rojo los suscritos y en negro el resto.

national Standards Organization o algo similar, ISO no es un acrónimo sino que proviene del griego iso, que significa igual (en inglés su nombre es International Organization for Standardization, mientras que en francés se denomina Organisation Internationale de Normalisation; el uso del acrónimo conduciría a diferentes nombres).

De este organismo surgen la familia de normas ISO 9000, que están integradas por un conjunto de modelos y documentos sobre gestión de calidad. En 1987 se publicaron las normas internacionales actuales sobre aseguramiento de la calidad. Por primera vez, cada una de ellas sirve como un modelo de calidad dirigido a determinada área de la industria, la manufactura o los servicios. En la actualidad cubren todas las funciones o posibilidades de desempeño, y tienen el objetivo de llevar la calidad o la productividad de los productos o servicios que se oferten. Aunque los antecedentes más remotos de la existencia de la norma ISO 9000 datan de hace más de 50 años, es importante destacar que la aceptación internacional de la normalización ha tenido vigencia, sobre todo, a partir de la década de 1980.

Actualmente la normalización es un requerimiento indispensable para exportar a los países del primer mundo, principalmente a los ubicados en el área de Europa; sin embargo otros países como Japón, a pesar de su indiferencia anterior, tienen ahora entusiasmo en participar en la aplicación de estas normas, ya que será imposible introducirse al mercado global si no se demuestra su cumplimiento específico para garantizar la calidad de productos y servicios al mercado futuro de los consumidores. De todos modos son muchas las empresas que deciden no invertir en acreditarse y emplear esos recursos a una implementación real de control de su calidad.

La ISO tiene reconocimiento mundial y está avalada por más de 75 países, mismos que aceptan su autoridad moral en cuanto a las restricciones que se

establecen, en los intercambios internacionales de comercio, para aquellos que incumplen la certificación de sus modelos.

La norma ISO 9000:2000 define la calidad como: “conjunto de características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para cumplir los requisitos de los usuarios o clientes, o de otras partes interesadas”.

Entre estos requisitos tenemos:

- Los establecidos expresamente por el cliente.
- Los no establecidos por el cliente, pero necesarios para el uso específico o previsto.
- Los requisitos legales y reglamentarios relacionados con el producto o servicio.
- Cualquier otro requisito adicional determinado por la organización.

Mediante el cumplimiento de estos requisitos se satisfacen las necesidades del cliente o usuario en cuanto a:

- Seguridad
- Fiabilidad
- Servicio



W. Deming.

J. Juran.

G. Taguchi.

1.3.9. Control estadístico frente a control ingenieril de procesos

Es frecuente diferenciar entre el control estadístico de procesos (EPS) y el control ingenieril de procesos (EPC). Sin embargo la única diferencia es

que este último suele tener como base el concepto de *feedback*, conocido como retroalimentación, y que se refiere a la capacidad del emisor para recoger las reacciones de los receptores.

Un objetivo del Control Estadístico de procesos (SPC) es identificar la naturaleza de las causas comunes de variabilidad (aquellas que están permanentemente presentes en un proceso) y cuantificar su efecto, con el fin de establecer la capacidad del proceso para las diferentes características de calidad. Además el SPC busca también el establecimiento de un sistema de observación, permanente, que detecte precozmente la aparición de causas especiales de variabilidad y ayude a identificar su origen.

El Control Ingenieril de Procesos (EPC) tiene como objetivo la regulación de procesos, utilizando la información obtenida “on-line” en el proceso para manipular de forma óptima las variables compensatorias, con el fin de ajustar lo mejor posible las características de calidad a sus valores deseados.

Estas condiciones, en el contexto de control de calidad, son equivalentes a que por una parte el efecto de las causas comunes de variabilidad debe tener una cierta “inercia”, que permita predecir, a partir de los valores observados en un momento de las características de calidad, los valores más probables en un futuro inmediato si no se actuara sobre el proceso. Una segunda condición para implementar el control feedback hace referencia a la existencia en el proceso de variables compensatorias, fácilmente manipulables por los operadores, cuya modificación tenga un efecto sobre las características de calidad que se desea controlar.

Un ejemplo de control de procesos mediante feedback puede ser el funcionamiento del termostato de un frigorífico o de una calefacción: una vez fijada la temperatura ideal, el termostato reactiva el motor del frigorífico, o del circuito de calentamiento, cada vez que la temperatura real se aparta de la cifra prefijada (por exceso o defecto) reconduciendo la temperatura al valor de aquella.

Es un error muy frecuente en la industria la confusión entre ambos aspectos de control y, en particular, la creencia de que los gráficos de control clásicos del SPC son los que indican, a partir de las señales de salidas de control, la necesidad de adoptar una decisión de regulación del proceso manejando una variable compensatoria. Una señal de falta de control (si el gráfico se ha construido correctamente) indica la aparición en el proceso de una causa especial que debe ser identificada, pero el proceso, aun hallándose bajo control, puede presentar una variabilidad indeseable que quizás sea posible reducir manejando adecuadamente variables compensatorias mediante el EPC. En definitiva, SPC y EPC no son dos alternativas excluyentes, sino dos enfoques complementarios, y ambos deben ser utilizados, siempre que sea posible, para optimizar el proceso.

1.3.10. Fiabilidad

Al igual que ocurre con la calidad, la fiabilidad de un producto o de un sistema siempre ha estado presente a lo largo de la Historia, pues cuando se fabrica un objeto los fabricantes buscan no solo su calidad sino que esta sea perdurable, es decir aumentar al vida útil del producto.

Parte de la metodología sobre estimación de la vida útil de los productos fue desarrollada para materiales militares. Uno de los primeros ejemplos constatados de análisis de tiempos de vida fue el empleado para estimar el número de repuestos necesarios para mantener equipos electrónicos y mecánicos funcionando en forma intensiva por períodos largos de tiempo durante la guerra de Corea. Los responsables de armamento verificaron que uno de los problemas de fallos estaban relacionadas con las condiciones ambientales extremas, en el caso de la guerra de Vietnam y Corea se llegó a estimar que el 70 % del material electrónico del ejército americano no funcionaba correctamente: estos hechos llevaron a la industria militar a mimar la fiabilidad del armamento y a establecer los principios de esta nueva técnica, que no tardaría en adaptar el resto de la industria. Es en el año 1959 cuando aparecen publicadas las primeras normas para controlar la fiabilidad. Un ejemplo de estas normas es la guía de referencia para tasas de fallos, elaborada por el Pentágono americano, conocida como MILHDBK217F.

Por otra parte la gran utilización de la aviación comercial y el inicio de la exploración espacial en los años cincuenta con satélites, sondas y vehículos tripulados, aumentó la necesidad de un mayor desarrollo e implementación de la metodología de fiabilidad para componentes y sistemas.

La fiabilidad de un producto se puede definir (cualitativamente) como su aptitud para realizar su función, durante un tiempo especificado, en condiciones especificadas. Una definición probabilística común de fiabilidad, (Meeker y Escobar, 1998), es la siguiente: “fiabilidad es la probabilidad de que una unidad realice su función hasta un tiempo especificado bajo las condiciones de uso encontradas”. Es importante que esta probabilidad sea evaluada a las condiciones ambientales o de uso encontradas por el producto, en lugar de las condiciones de trabajo para las que el producto fue diseñado. Lawless, dice “la fiabilidad se refiere al funcionamiento adecuado de equipos y sistemas, lo cual incluye factores como software, hardware, humanos y ambientales”. Este es un concepto más amplio y muestra la complejidad de lo que se entiende por fiabilidad, su evaluación, el mantenimiento y su mejora. Condra afirma que “un producto fiable es aquel que hace lo que el usuario quiere que haga cuando el usuario quiere que lo haga”. De acuerdo con esto, la fiabilidad es calidad a través del tiempo, por lo tanto un producto fiable debe permanecer dentro de sus límites de especificación durante su vida tecnológica. Esto es, la buena calidad es necesaria pero no suficiente para garantizar buena fiabilidad. Esto plantea otra dificultad, la fiabilidad de un producto se puede evaluar directamente solo después de que ha estado en servicio por algún tiempo, por lo tanto

la evaluación y pronóstico de la fiabilidad presenta varios desafíos técnicos.

La estadística proporciona herramientas importantes para la evaluación, la mejora, el diseño, el pronóstico y el mantenimiento de la fiabilidad.

En algunos sectores de la industria, como el farmacéutico o el alimentario, se usa un término más específico, estabilidad, para referirse a los casos en que la fiabilidad depende de la conservación de una determinada composición química. En las ciencias de la salud, en las que se tratan cuestiones bastante parecidas a las de la fiabilidad, se usa la expresión análisis de la supervivencia.

Los enfoques con los que se puede tratar el estudio de la fiabilidad marcan diferentes conceptos. Así, si hacemos un estudio cuantitativo, podemos analizar las curvas de fiabilidad y supervivencia y definir una serie de medidas características propias de esta materia: vida media (Mean-Time-To-Failure, MTTF) o la media entre fallos (Mean-Time_Between-Failures, MTBF). Un estudio cualitativo de la fiabilidad lleva al análisis modal de fallos y sus efectos (FMEA) o al análisis por árboles de fallos (FTA). Existen métodos que permiten estimar estos valores en función de las observaciones de los fallos de muestras de productos.

Hoy en día las industrias enfrentan una competencia global intensa, un mercado globalizado y complejo, una presión por ciclos de producción más cortos, productividad basada en objetivos medibles, restricciones de coste más severas, así como expectativas de mejor calidad y fiabilidad por parte de los consumidores que hacen que las técnicas estadísticas para el control sean más imprescindibles para la toma de decisiones y la mejora.

1.3.11. La Calidad en Europa

La Calidad en Europa ha experimentado una serie de cambios en estos últimos años, especialmente a partir de 1988 con el nacimiento de la EFQM (European Foundation for Quality Management) y de la aparición del concepto de Excelencia en la Gestión.

Desde mediados de los años ochenta el panorama económico internacional, caracterizado por la globalización de los mercados y la aparición de nuevas tecnologías, ha creado un clima de competitividad como jamás se había conocido antes. Surge así una nueva tendencia conocida como Excelencia en la Gestión.

En Europa, la Excelencia en la Gestión llega, aproximadamente, una década más tarde que en Estados Unidos. Hasta entonces, las empresas europeas adoptan modelos de Aseguramiento de la Calidad como los basados en las normas internacionales ISO 9000 (derivadas de la norma militar británica BS 5750).

En los últimos años, para ayudar a las empresas y organizaciones en su camino a la Excelencia en la Gestión de la Calidad, han surgido una serie de herramientas como son el Modelo EFQM de Excelencia, el Cuadro de Mando o Seis Sigma.

En general, el “Modelo de Excelencia” es un conjunto de criterios agrupados por áreas que sirven de referencia para implementar un plan de Gestión de Calidad que pretende ajustarse a las bases de los grandes premios a la calidad. Así, los modelos más populares son los basados en el Premio Nacional de Calidad de Estados Unidos, conocido como “Malcolm Baldrige”, cuyo nombre hace referencia al Secretario de Comercio impulsor del mismo. El premio Deming es el Premio Nacional a la Calidad en Japón. A nivel europeo, se crea en 1991 el Premio Europeo a la Calidad. Finalmente, el Modelo Iberoamericano de Excelencia a la Gestión es el último en aparecer en 1999.

1.3.12. La calidad en España

El caso concreto del control de calidad en España se enmarca dentro del caso Europeo aunque con una serie de características propias. A nivel de materia el control estadístico, dentro de los planes de estudio, fue impulsado por departamentos de Estadística con docencia en titulaciones que habitualmente tienen una mayor relación con la industria, como es el caso de las ingenierías, la química o la economía. Son destacables las primeras iniciativas de las escuelas politécnicas (la de Valencia, Madrid o Barcelona son ejemplos destacables, así como la Universidad Carlos III).

A nivel gubernamental, ha sido la creación de la Agencia de Evaluación de las Políticas Públicas y la Calidad de los Servicios el elemento clave en el proceso de institucionalización de la evaluación en España. Si bien existían previamente instituciones que realizaban evaluaciones, su dimensión era más bien sectorial o relacionada con las políticas de gasto. La Agencia aporta una mayor articulación al modelo global, dentro de un marco común del que enriquecerse interadministrativamente (<http://www.aeval.es/>).

Asimismo, el proceso de institucionalización de la evaluación y la gestión de la calidad en España se ha impulsado mediante el marco normativo que desarrolla el Real Decreto 951/2005, de 29 de julio, sobre Mejora de la Calidad en la Administración del Estado y con los trabajos sobre el análisis del impacto normativo encomendados por Acuerdo del Consejo de Ministros, de 25 de febrero de 2005, por el que se adoptan mandatos para poner en marcha medidas de impulso a la productividad.

Entre las experiencias evaluadoras más destacadas en la Administración General del Estado (AGE) se encuentran las centradas en políticas sociales, sanitarias, educativas y tecnológicas, preocupadas por la eficacia de los programas y su impacto social y/o calidad de los servicios prestados, todas ellas de ámbito sectorial y especializado. Es el caso de los trabajos realizados en materia educativa por ANECA - Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y la Acreditación - y el Instituto de Evaluación (antiguo INECSE), por la Agencia de Calidad del Sistema Nacional de Salud en materia sanitaria, por el INEM y el Servicio Público de Empleo Estatal en materias laborales y de empleo,

por la ANEP – Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva - en el sistema público de ciencia y tecnología y de proyectos de I+D+i, o por la Dirección General de Planificación y Evaluación de Políticas de Desarrollo en materia de cooperación internacional al desarrollo.

En 1999, con el Real Decreto 1259/1999 se regulaban las Cartas de Servicios y los Premios a la Calidad en la Administración General del Estado (actualmente derogado), se establecieron los contenidos y las estrategias a aplicar por las organizaciones de la Administración estatal para desarrollar el principio de servicio a los ciudadanos, así como para asegurar la mejora continua de sus procedimientos, servicios y prestaciones.

El Modelo de Evaluación, Aprendizaje y Mejora (EVAM) , representa una metodología sencilla y asequible que permite conocer el nivel de calidad en la gestión y resultados de las organizaciones, realizar, a modo de una autoevaluación asistida, un primer análisis de la madurez organizacional y del nivel de prestación de los servicios y orientar el camino a seguir, poniendo a disposición de las organizaciones, herramientas para la mejora de su rendimiento.

La Agencia de Evaluación emite una certificación del nivel de excelencia a aquellas organizaciones que se hayan autoevaluado conforme a modelos de gestión de calidad reconocidos y sometido sus resultados a la correspondiente validación, de acuerdo con lo previsto en el Programa de Reconocimiento. El proceso de certificación culmina con la concesión de un sello, en función del modelo utilizado para la autoevaluación y del nivel de excelencia comprobado por la Agencia.

Es también de mención la labor de la Asociación Española para la Calidad (AEC). Este organismo es una entidad privada sin ánimo de lucro, fundada en 1961, cuya finalidad es fomentar y apoyar la competitividad de las empresas y organizaciones españolas, promoviendo la cultura de calidad y el desarrollo sostenible, reflejados en su Misión y Visión. (véase <http://www.aec.es/>)

Con el fin de ayudar a las empresas españolas, y fundamentalmente a las PYMEs, a mejorar su posición en el mercado global, la AEC fomenta la divulgación de las mejores prácticas a través de sus 21 Comités y de la organización de una media de 21 jornadas y congresos al año.

Además, ofrece información actualizada a través del CNIC (Centro Nacional de Información de la Calidad), de la revista Calidad de las publicaciones que se editan. Asimismo, facilita material divulgativo y de apoyo en la gestión y mejora de la calidad (carteles de motivación).

Aparte, la AEC, a través de su Centro de Registro y Certificación de Personas (CERPER) gestiona y emite los certificados de personas. El CERPER ofrece doble garantía ya que es la única entidad reconocida en España por la European Organization for Quality (EOQ) como su representante para certificar personas siguiendo sus esquemas de certificación y la única entidad certificadora de personas acreditada por ENAC, para certificar a profesionales en Calidad y Medio Ambiente.

Por otra parte, la AEC mantiene una colaboración habitual con la American Society for Quality (ASQ) y con la Fundación Iberoamericana para la Gestión

de la Calidad (FUNDIBEQ).

1.4. Nuevas herramientas: Cuadro de mando, Seis Sigma, Lean Production y TQM.

El Cuadro de Mando es una herramienta para la mejora de la Calidad basada en indicadores estratégicos. Partiendo de una misión (hecha por la organización) y una visión (lo que se quiere convertir) se proponen estrategias que se seguirán mediante indicadores. El modelo conocido como Cuadro de Mando Integral (Balanced Scorecard) utiliza como elemento clave los indicadores estratégicos para el control de los procesos.

Seis sigma es sin duda, la herramienta de mayor implantación para la Gestión de la Calidad hoy en día. El término seis sigma, que prima la importancia del control de la variabilidad, es una filosofía que tiene una fuerte base estadística y pretende alcanzar unos niveles de calidad en los procesos y productos de 3.4 defectos por millón. La popularidad de Seis Sigma se hizo patente a partir de 1995 por los buenos resultados alcanzados en Motorola y en General Electric. Hoy en día, es una de las herramientas más empleadas en las organizaciones para la Gestión de Calidad. Hace gran hincapié en la aplicación de métodos estadísticos.

Seis Sigma nace en los años 80 en Motorola, de la mano del Dr. Mikel Harry, como un intento para conseguir mejoras sustanciales en la calidad del producto. En sus primeros años Seis Sigma se circunscribía a la mejora de procesos, pero entendida como mejora radical y profunda: una verdadera “ruptura” (según la propia terminología Seis Sigma) en los métodos de producción tradicionales.

En términos prácticos puede decirse que un proceso de producción tiene un nivel de calidad 6 sigma cuando a largo plazo presenta poco más de 3 DPMO (defectos por millón de oportunidades).

Más recientemente, y como consecuencia natural de la aplicación de la metodología, el concepto Seis Sigma se ha extendido hasta convertirse en una verdadera filosofía de gestión global de la empresa.

1.4.1. El ciclo DMAIC

La aplicación de la metodología Seis Sigma a un proceso consta de cinco etapas: Definición, Medida, Análisis, Mejora y Control; las siglas DMAIC provienen de las correspondientes palabras inglesas (Breyfogle, 1999).

- (1) (D)efine. ¿Quiénes son los clientes y cuáles son sus prioridades?
- (2) (M)easeure. ¿Cómo es el proceso de medida y cómo se puede medir?

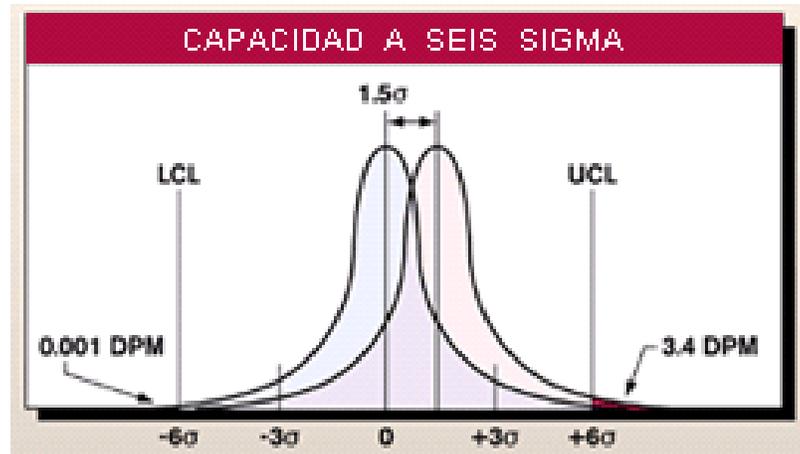


Figura 1-2 Capacidad según seis sigma.

(3) (A)nalyse. ¿Cuál/es es/son la/las causa/s más importante/s de defectos?

(4) (I)mprove. ¿Cómo eliminar las causas que provocan los defectos?

(5) (C)ontrol. ¿Cómo se pueden mantener las mejoras?

La Definición de un proyecto de mejora consiste en seleccionar aquel proceso cuya mejora tendrá el mayor impacto positivo en las características del producto que resulten críticas para la calidad, las determinadas CTQ (“Critical-to-Quality”), según las ha definido el cliente. Pieza clave en esta etapa es la herramienta denominada QFD o despliegue de la función de calidad.

En la etapa de Análisis es donde se aplican las herramientas estadísticas del proceso: utilización de diagramas de proceso, herramientas de Ishikawa, etc.

Aunque el ciclo DMAIC constituye un salto cualitativo hacia la mejora continua, pero se puede ir un paso más allá. Cuando se trata de diseñar un nuevo proceso o producto, o cuando el actual es francamente mejorable es mejor partir de cero. Surge así el diseño para Seis Sigma (DFSS) que se basa en partir de lo verdaderamente esencial, los requisitos del cliente, y llevar esos requisitos hacia atrás, hasta la completa definición del producto, del proceso y de sus respectivas especificaciones. Esto implica realizar el diseño conceptual del producto y los estudios estadísticos de la información relevante que permita determinar la capacidad de los procesos. La metodología DFSS es una forma eficiente para asegurar la calidad en el producto final a través del diseño del producto y del proceso.

Además el enfoque seis sigma se propone la aplicación de técnicas de Diseño de Experimentos con el fin de identificar los factores clave y posteriormente lograr mejoras sostenibles de rendimiento de la/s respuesta/s estudiada/s.

Hoy en día la filosofía Seis Sigma está siendo de gran aplicación en todo tipo de organizaciones y se ha visto ampliado mediante las técnicas de optimización basadas en eliminar lo innecesario, lo que se ha dado en llamar "Lean" (vocablo que podría traducirse como "eliminar grasa"), surge así la metodología Lean Six

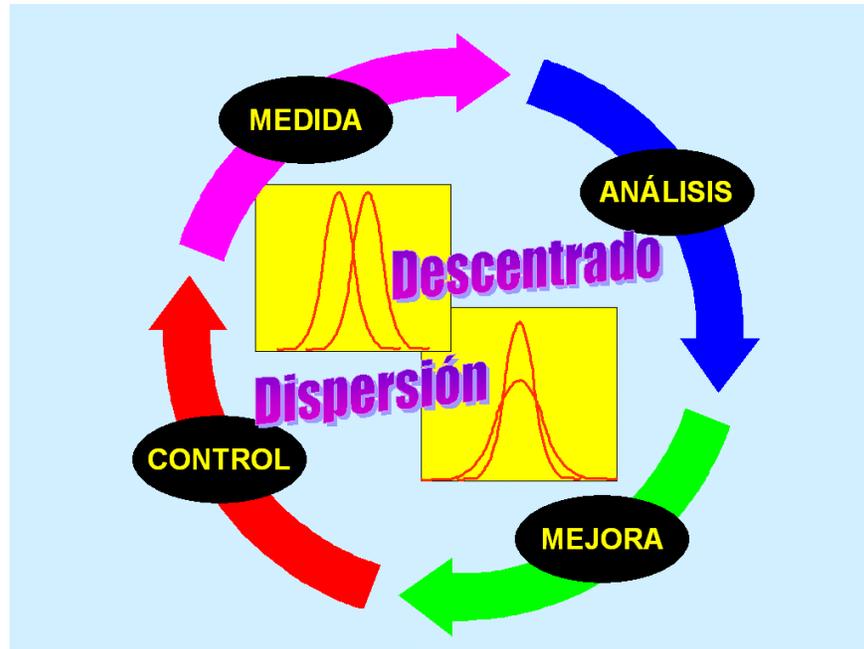


Figura 1-3 DMAIC para seis sigma.

Sigma.

Hay autores que afirman que el modelo Six Sigma o el Lean Six Sigma no es más que “vino viejo en botellas nuevas (old wine in new bottles)”.

Lean Production (Womack et al., 1990; Womack y Jones, 1996) tiene su origen en la filosofía de conseguir mejoras en aspectos económicos haciendo especial hincapié en la reducción de desperdicios (muda). Su primera aplicación fue realizada por Taiichi Ohno para la fábrica de coches de Toyota a principios de 1950 (Dahlgaard-Park, 2000). Toyota adoptó métodos de control estadístico de calidad en finales de 1949 después de asistir al curso de control de calidad estadística proporcionada por la JUSE para superar la crisis del sector en esa época.

Lo que concluyó Ohno después tras una estancia en otra empresa del sector como es la Ford de Detroit es que había demasiados residuos en todas partes. Al regresar a Japón, creó grupos (equipos) con los trabajadores para animarles a trabajar juntos. Este trabajo en equipo fue una primera versión de los llamados círculos de calidad".

Otra técnica para reducir el desperdicio (muda) también fue propuesta por Ohno y es la llamada Just-In-Time (JIT) o sistema Kanban. Ohno vio en la Ford de Detroit, que cuando se instalan en la planta una nueva forma de coordinar el flujo de suministros en el día a día, usando un intercambio de información entre diferentes líneas de producción. Ohno tiene esta idea JIT, cuando vio que el sistema moderno supermercado en EE.UU. (Womack y Jones, 1996, Ohno, 1978). Mediante la implementación de JIT o sistema Kanban los desperdicios se podían reducir al no era necesario un gran espacio para

mantener las piezas en stock. Para mejorar la calidad el equipo directivo de Toyota decidió aplicar la metodología de CTC (Control de la calidad total) en toda la empresa junto con el sistema JIT o Kanban. Como consecuencia de estas actividades Toyota fue galardonado con el Premio Deming. El Sistema de Producción de Toyota llegó a ser tan competitivo que aumentó gradualmente sus cuotas de mercado todo el mundo. El sistema no era un sistema de garantía de calidad tradicional como, por ejemplo, uno basado en ISO9000 sistema de calidad. Fue ante todo un sistema humano basado en personas que estuvieron involucradas con la mejora continua (Udagawa et al., 1995).

lean production” está ligado también a las empresas del sector del automóvil, en este caso IMVP (International Motor Vehicle Program) el modelo fue promovido por John Krafcik quién lo acuña en el año 1985 como marca de un trabajo que para este programa se realiza en el MIT (Massachusetts Institute of Technology). En este estudio se recogieron datos de los planes de montaje de automóviles en todo el mundo con el fin de comprender las diferencias en la calidad y la productividad. Los resultados de esta evaluación comparativa fueron publicados en el conocido libro “La máquina que Cambió el mundo” (Womack et al., 1990), en la que hay una interesante historia análisis de la máquina llamada “automóvil”. Se puede concluir que el término “Lean production”.

La nueva filosofía de gestión “TQM” fue llevado en la última parte del decenio de 1980 en parte porque Occidente se despertó y comenzó a estudiar “lo que sucedió en Japón”. TQM es una cultura de calidad de las empresas caracterizada por dar mayor satisfacción al cliente a través de la mejora continua, en el que todos los empleados participan activamente.

Al comparar esta definición de TQM con los objetivos de Lean Production no parece haber ninguna contradicción entre los dos objetivos. Esto puede ser debido a que las raíces son las mismas al remontarse a la evolución de la calidad japonesa, donde Toyota fue uno de los pioneros las empresas.

Aunque la metodología Six Sigma fue acuñada por Motorola 1990, los pasos de los que consta su aplicación fueron llevados a cabo por primera vez en los EE.UU. en 1985 en la Florida Power and Light (FPL) cuando la empresa decidió solicitar el Premio Deming (Voehl, 2000).

1.4.2. Hitos históricos

Como resumen se reflejá los principales hitos históricos que han tenido lugar a lo largo del pasado siglo XX, siglo que como se ha constatado fue esencial en la aparición de metodologías para el control de la calidad y la fiabilidad:

- 1901: Se establecen los primeros laboratorios de estandarización en Gran Bretaña.

- 1908: Gosset publica su distribución t de Student fruto de sus trabajos en control de calidad de la cerveza (Guinness Brewery).
- 1920: Se crea el departamento de calidad en la AT&Bell en USA y General Electric en Inglaterra emplea control de calidad para sus lámparas.
- 1923: Fisher publica sus trabajos sobre diseño de experimentos en agricultura
- 1924: Shewhart utiliza sus gráficos de control en los laboratorios de la Bell.
- 1928: Dodge y Romig emplean controles de recepción en Bell Labs.
- 1930. Henry Ford establece la primera cadena de montaje.
- 1931: Shewart publica su trabajo sobre gráficos de control "Economic Control of Quality of Manufactured Product"
- 1932: Shewart imparte sus teorías en Inglaterra (University of Lonon).
- 1938: Shewart, invitado por Demig, imparte sus teorías en el U.S. Department of Agriculture Graduate Schol
- 1940-43: Se publican distintas guías sobre control de calidad y de recepción (Pentágono americano y Bell Labs)
- 1944-46: Se crean institutos sobre calidad (American Society for Quality Control, ASQC) y aparece la revista Industrial Quality Control.
- 1946-49: Deming imparte sus teorías en Japón. Se crea la sociedad japonesa JUSE (Japanese Union of Scientistis and Engineers).
- 1948: Taguchi comienza sus aplicaciones del diseño de experimentos a la industria.
- 1949: Isikawa introduce los diagramas de causa-efecto.
- 1950: Aparece el texto sobre control de calidad de Grant y Duncan.
- 1951: Feigenbaum publica el libro Total Quality Control. La JUSE establece el premio de calidad Deiming.
- 1951: Box y Wilson presentan la metodología de superficies de respuesta para la optimización de diseños de experimentos.
- 1954: Juran imparte sus teorías en Japón.
- 1954: Page utiliza sus gráficos CUSUM.

- 1957: Juran y Gryna publican la primera edición del manual Quality Control Handbook.
- 1959: Aparece la revista Technometrics con Stuart Hunter como editor.
- 1959: Roberts introduce los gráficos EWMA.
- 1960: Box y Hunter publican sus trabajos sobre diseños factoriales fraccionarios.
- 1960: Ishikawa introduce sus teorías sobre los círculos de calidad.
- 1969: Se crea la revista Journal of Quality Technology cuyo primer editor es Lloyd Nelson
- 1970-80: Aparecen varios textos sobre control de la calidad. Se aplica el diseño de experimentos en la industria.
- 1984: Se crea una filial de la ASA (Americam Statistical Association) sobre calidad (Ad Hoc Commitee on Quality and Productivity)
- 1987: Premio Nacional de Calidad de USA o premio Malcolm Baldrige.
- 1990: Aparece la ISO 9000.
- 1991: Premio Europeo a la Calidad o premio EFQM (European Foundation for Quality Manegement).
- 1997: Motorola aplica los modelos Six Sigma.
- 1998: Se publica el libro de Meeker y Escobar sobre fiabilidad.
- 1999: Premio del Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión o premio FUNDIBQ (Fundación Iberoamericana para la gestión de la Calidad).
- 2000: Se publican las normas ISO 9000:2000

1.5. Desafíos actuales.

En los últimos años los desarrollos dentro del campo del control estadístico de la calidad y la fiabilidad han estado centrados básicamente en dos ámbitos fundamentales. En primer lugar, se pretende analizar detalladamente el efecto del incumplimiento de las hipótesis estadísticas básicas sobre los gráficos de control. En este campo, las direcciones presentes de investigación se centran en:

1.- Análisis de la robustez de los modelos ante alteraciones en la hipótesis de normalidad, explorando el uso de contrastes distintos a los habituales cuando no se cumpla esta hipótesis.

2.- Planteamiento no paramétrico del control estadístico de la calidad, de reciente aparición en la bibliografía especializada, y que precisa tanto de la especificación de nuevos gráficos de control como del estudio de su efectividad frente a las técnicas paramétricas clásicas. Son de especial interés los trabajos de Regina Liu sobre profundidad de datos aplicados a control de calidad.

3.- Desarrollo y análisis de técnicas de eliminación de la autocorrelación muestral, que aborden el problema directamente desde un punto de vista multivariante y, por lo tanto, no haya que recurrir a la aplicación sucesiva de técnicas univariantes. Dentro de estas técnicas, cabe destacar la posible aplicación de modelos de series temporales multivariantes para eliminar la correlación existente entre las observaciones.

Un segundo campo de investigación está centrado en la construcción de técnicas estadísticas que permitan la reducción eficiente de la dimensionalidad y que exploten la estructura de correlación poblacional. Con este objetivo, se abordan dos líneas fundamentales:

1.- La obtención de factores comunes dinámicos, generalización de la técnica de correlación canónica de Akaike, que puede permitir la reducción de la dimensionalidad sin pérdida excesiva de la cantidad de información muestral. Concretamente, se está estudiando la distribución probabilística de los mencionados factores comunes, que debe permitir la obtención de límites estadísticos de control y el estudio de la potencia de los contrastes.

2.- Desarrollo de las técnicas de obtención de tendencias comunes, sobre todo en espacio de estados, que permitan explotar la estructura de correlación poblacional para obtener gráficos de control más eficientes que los clásicos en la detección de observaciones fuera de control estadístico.

3.- El Control multivariante mediante imágenes, tanto estáticas como en movimiento, es también un campo en el que las técnicas de control estadístico como los modelos de clasificación (SVM) están resultando de gran aplicación.

Bibliografía

- [1] Carot Alonso, V. (1996): Control Estadístico de Calidad. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- [2] Fuchs, C. y Kenett, R.S.(1998): Multivariate Quality Control. Marcel Dekker, New York.
- [3] Ishikawa, K. (1994): Introducción al Control de Calidad. Díaz de Santos.
- [4] Lowry, C. A. , Woodall, W. H. , Champ, C. W. & Rigdon, S. E (1992): “A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart”. *Technometrics*, 34.
- [5] Mitra, A. (1998): Fundamentals of Quality Control and Improvement. Prentice Hall.
- [6] Montgomery, D.C. (2001): Introduction to Statistical Quality Control (4th ed.). John Wiley, New York.
- [7] Ryan, T.P. (2000): Statistical Methods for Quality Improvement. John Wiley, New York.
- [8] Shewhart, W.A. (1939): Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control. Graduate School of the Department of Agriculture, Washington, D.C.
- [9] Shewhart, W.A. (1941): “Contribution of Statistic to the Science of Engineering”. En *Fluid Mechanics and Statistical Methods in Engineering*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia, PA, pp. 97-124.
- [10] Shewhart, W.A. (1986): Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control. (Reprint). Dover Publications, New York. Black-Nembhard, H y Chen S. (2007). Cuscore Control Charts for Generalized Feedback-control Systems. *Quality and Reliability Engineering International*, 23, 483–502.
- [11] Box G. E. P. y Luceño A. (1997). Statistical Control by Monitoring and Feedback Adjustment. Wiley. New York.
- [12] Capilla C, Ferrer A, Romero R. y Hualda A. (1999). Integration of statistical and engineering process control in a continuous polymerization process. *Technometrics*, 41, 14–28.
- [13] Nembhard H, Changpetch P. (2006). Detected monitoring using cuscore charts for seasonal time series. *Quality and Reliability Engineering International*. 10,766-786.

- [14] Del Castillo E. (2002). *Statistical Process Adjustment for Quality Control*. Wiley. New York.
- [15] Dahlgaard, J.J. and Dahlgaard-Park, S.M. (1999). *Lean production, TQM and economic development*. Proceeding of the Conference in Lean Thinking, Stockholm, Sweden.
- [16] Deming, W.E. (1986), *Out of the Crisis*, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.
- [17] Deming, W.E. (1993), *The New Economics – for Industry, Government, Education*, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.
- [18] George, S. (1992). *The Baldrige Quality System*, Wiley, New York, NY.
- [19] Juran, J.M. (1951). *The Quality Control Handbook*, 1st ed., McGraw-Hill, New York, NY.
- [20] Juran, J.M. (1989). *Juran on Leadership for Quality – An Executive Handbook*, The Free Press, New York, NY.
- [21] Ohno, T. (1978). *Toyota Production System*, Diamond. Tokyo (in Japanese).
- [22] Park, S.H. (2003), *Six Sigma for Quality and Productivity Promotion*, Asian Productivity Organization, Tokyo.
- [23] Voehl, F. (2000). *Six sigma: a breakthrough strategy for results*. The STANDARD, Vol. 2000-1, The Newsletter of the Measurement Quality Division, American Society for Quality.
- [24] Womack, J.P. and Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*, Simon & Schuster, London.
- [25] Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*, Maxwell Macmillan International, New York, NY.
- [26] Zink, K. (1997), *Successful TQM – Inside Stories European Quality Award Winners*, Gower Publishing, London.
- [27] Zink, K. (1998), *Total Quality Management as a Holistic Management Concept*. *The European Model for Business Excellence*, Springer, Hamburg.