



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE
INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES Y
ADMINISTRATIVAS**

**“MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EL CONTROL
DE LA CALIDAD Y LA MEJORA CONTINUA EN
LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACIÓN”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ADMINISTRADOR INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

ANGÉLICA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

MÉXICO, D.F.

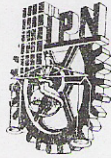
2010.



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
DE INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES Y ADMINISTRATIVAS

AV. TE 950 COL. GRANJAS MÉXICO C.P. 08400 IZTACALCO, D.F.
CONMUTADOR 56-24-20-00 TEL/FAX Ext. 42006



"2009 Año de la Reforma Liberal"
"2009 Año Internacional de la Astronomía"
"75 Aniversario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas"
"50 Aniversario de XEIPN Televisión Canal Once"
"50 Aniversario de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos"

SA.JLAI.735.09
México D.F., a 4 de Noviembre de 2009

ASUNTO: Autorización de Tema de Titulación
OPCIÓN: Tesis.

C. PASANTE:
ANGÉLICA MARTÍNEZ MARTÍNEZ
Presente

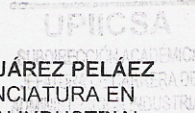
Tengo el agrado de comunicarle que le ha sido autorizado el Trabajo de titulación denominado: "MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD Y LA MEJORA CONTINUA EN LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACIÓN", con el siguiente contenido:

INDICE	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I	ANTECEDENTES GENERALES
CAPÍTULO II	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL
CAPÍTULO III	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO IV	MODELO DE INSTRUMENTACIÓN
CAPÍTULO V	ANÁLISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS
CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

El trabajo de titulación les será dirigido por el: **Ing. Ricardo Feregrino Aguila.**

ATENTAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

LIC. FRANCISCO SUÁREZ PELÁEZ
JEFE DE LA LICENCIATURA EN
ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL



ESTE OFICIO SUSTITUYE AL OF.: SA.JLAI.732.09 CON FECHA 3 DE NOVIEMBRE DEL 2009.

Cp.- M. en C. Ma. del Pilar García Nieto.- Jefa de la Oficina de Titulación
Interesado (a)
Expediente
FSP/joc"

Índice

Resumen	i
Introducción	ii
Capítulo I. Antecedentes generales.	1
1.1 Las Pequeñas y Medianas Empresas (PyME's).....	1
1.1.1 Clasificación de las (PyME's).....	1
1.2 Industria manufacturera.	3
1.2.1 Clasificación de la industria manufacturera.....	3
1.3 Evolución de la industria manufacturera.	5
1.4 La importancia de las PyMES's en la economía mexicana.	7
Capítulo II. Análisis de la situación actual.	8
2.1 La cultura de calidad en las PyME's.	8
2.1.1 Definición de calidad.....	8
2.2 Características de calidad en las PyME's.....	10
2.3 Indicadores de proceso en las PyME's.....	13
2.4 Gestión de calidad en las PyME's.	14
Capítulo III. Marco teórico.	16
3.1 Control estadístico de procesos (CEP).	16
3.1.1 Antecedentes del CEP.	17
3.1.2 Definición del CEP.....	19
3.2 Objetivos del CEP.	20
3.2.1 Generales.	20
3.2.2 Específicos.	20
3.2.3 Financieros.	21
3.3 Aplicación del CEP.....	22
3.4 Descripción de las técnicas estadísticas.....	22
3.4.1 Estadística descriptiva.	23
3.4.2 Diseño de experimentos.....	24

3.4.3	Prueba de hipótesis	26
3.4.4	Análisis de la medición.	27
3.4.5	Análisis de la capacidad de proceso.	27
3.4.6	Análisis de regresión.	29
3.4.7	Análisis de confiabilidad.	30
3.4.8	Muestreo.	32
3.4.9	Simulación.	33
3.4.10	Gráficos de Control Estadístico de Proceso (CEP).	34
3.4.11	Fijación de tolerancias estadísticas.	35
3.4.12	Análisis de series de tiempo.	37
Capítulo IV. Modelo de instrumentación.		38
4.1	Generalidades.	38
4.2	Identificación de procesos continuos.	39
4.2.1	Análisis del proceso de producción.	39
4.2.2	Determinación de las Características de Calidad (CC).	42
4.3	Determinación de las variables de control.	49
4.4	Selección de las técnicas estadísticas.	51
4.4.1	Dinámicas.	51
4.4.2	Estáticas.	52
4.5	Instrumentación.	52
Capítulo V. Análisis de ventajas y desventajas de la aplicación de los métodos estadísticos.		56
5.1	Ventajas y desventajas cualitativas.	56
5.2	Ventajas y desventajas cuantitativas.	57
5.3	Cuadro comparativo.	58
Conclusiones		59
Bibliografía.....		60
Anexos.....		61

Resumen.

La aplicación de las técnicas estadísticas han tomado importancia alrededor del control de calidad y la mejora continúa porque si bien es cierto que lo que no se mide no se puede controlar, eh aquí la importancia de la aplicación de estas técnicas, sin embargo el problema radica en la identificación y selección de la técnica más idónea para las diferentes características de cada proceso.

En el Capítulo I. Se menciona el panorama actual y general de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyME's) incluyendo su clasificación, la importancia de estas en la economía mexicana y de manera más particular la industria de la transformación y su clasificación así como sus principales actividades, con la finalidad de conocer más de cerca este sector.

En el Capítulo II. Se analiza la situación actual de las PyME's con respecto a la cultura de calidad, las características de calidad que predominan en las PyME's, los indicadores de proceso y la gestión de calidad que se lleva dentro de las PyME's.

En el Capítulo III. Se muestra las bases necesarias para poder entrar en el tema, como lo es los antecedentes del Control Estadístico de Procesos (CEP), los objetivos que presenta el empleo de estas técnicas, así como sus diversas aplicaciones y la descripción de distintas técnicas estadísticas que se describen de manera resumida.

En el Capítulo IV. Se muestra un modelo de instrumentación que muestra la manera de seleccionar la técnica estadística correcta de acuerdo a la identificación de procesos continuos, la determinación de variables de control información previa necesaria para la selección de la técnica estadística correspondiente todo esto para el control y la mejora continua de los procesos.

Para concluir en el Capítulo V. Se muestran las ventajas y desventajas cualitativas y cuantitativas de la aplicación de las técnicas estadísticas con la finalidad de mostrar razones para la implementación de éstas dentro de los procesos continuos, así como un cuadro de comparación de éstas.

Mucho se puede hablar del tema pero lo importante es conocer las principales ventajas que nos proporciona la aplicación correcta de las técnicas estadísticas y se muestra un modelo para que esta selección se haga de la manera mas sencilla.

Introducción.

El control de calidad ha llegado a ser el primer punto de ataque en la mejora de métodos, debido a que en las PyME's el desperdicio y las pérdidas originados por rechazos, sobrantes, recuperación y reproceso, alcanzaban un valor alto de la producción total. El control de calidad es tan viejo como la propia industria y tiene una larga historia, sin embargo por otra parte el control estadístico de calidad solo cuenta con dos o tres siglos.

El enfoque tradicional en la manufactura es depender de la producción para hacer el producto y sobre el control de calidad para inspeccionar el producto final y filtrar los elementos que no cumplan con las especificaciones. En su lugar, es mucho más efectivo instituir una estrategia de prevención, que en primer lugar evite el desperdicio, por medio de la no producción de salidas inútiles, y es aquí donde entra el control estadístico cuyo objetivo principal es establecer y mantener un proceso en un nivel aceptable y estable para asegurar la conformidad de los productos y los servicios con requisitos especificados.

El análisis de las técnicas de mejora de calidad y productividad ofrecen una perspectiva dinámica sobre el desarrollo de las PYME's. En principio, dos de cada tres empresas manufactureras utilizan alguna de estas metodologías.

Las empresas que utilizan técnicas del CEP es alrededor de una cuarta parte de las existentes, siendo rebasada por la técnica de administración de calidad total, en cierta forma un atenuante del bajo porcentaje de empresas que no poseen certificaciones; sin embargo, el problema que éstas poseen para integrarse en cadenas de proveeduría se mantiene, toda vez que la metodología de justo a tiempo es poco usada en las empresas (solo una de cada diez empresas la ha implementado).

Finalmente, es necesario señalar que cerca de la tercera parte de las empresas manufactureras utilizan licencias o patentes. Este dato refleja un cierto grado de actualización en procesos o técnicas de manufactura, aunque también termina por marcar la polarización entre las empresas manufactureras del país.

Capítulo I. Antecedentes generales.

1.1 Las Pequeñas y Medianas Empresas (PyME's).

Las Pequeñas y Medianas Empresas mejor conocidas como PyME's, son organizaciones dedicadas a las actividades industriales y de servicios que combina capital, trabajo y medios productivos para obtener un bien o servicio que se destina a satisfacer diversas necesidades en un sector determinado y en un mercado de consumidores.¹

1.1.1 Clasificación de las (PyME's).

En los últimos años el tipo de empresas denominadas PyME's, han cobrado gran importancia a nivel mundial, de ahí que se hayan realizado estudios minuciosos sobre éste sector empresarial y su relación con la economía particular de cada país y región del mundo.

No fue sino hasta el año de 1985 que la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), actualmente Secretaría de Economía, estableció de manera oficial los criterios para clasificar a la industria de acuerdo con su tamaño. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el programa para el Desarrollo Integral de la Industria Pequeña y Mediana, en el que se establece la clasificación bajo los siguientes estratos:

Micro industria. Las empresas que ocuparan hasta 15 personas y el valor de sus ventas netas fuera hasta 30 millones de pesos al año.

Industria Pequeña. Las empresas que ocuparan hasta 100 personas y sus ventas netas no rebasaran la cantidad de 400 millones de pesos al año.

Industria Mediana. Las empresas que ocuparan hasta 250 personas y el valor de sus ventas no rebasara la cantidad de mil 100 millones de pesos al año. Desde entonces, el marco normativo y regulatorio de las actividades económicas de las pequeñas y medianas empresas lo ha establecido la Secretaría de Economía (antes SECOFI).

En México, la estratificación de empresas por tamaño se establece con base en el sector económico y el número de empleados como se muestra en la Tabla 1.

¹ MICRO, PEQUEÑA, MEDIANA Y GRAN EMPRESA, estratificación de los establecimientos, Censo económico 2004 INEGI

Tabla 1 — Estratificación de empresas publicas

Tamaño	Sector		
	Clasificación según el número de empleados		
	Industria	Comercio	Servicios
Micro	de 0 a 10	de 0 a 10	de 0 a 10
Pequeña	de 11 a 50	de 11 a 30	de 11 a 50
Mediana	de 51 a 250	de 31 a 100	de 51 a 100

Seguindo a los resultados de los Censos Económicos de INEGI, las PyME´s orientan sus actividades en 63.4 por ciento al comercio, 19.4 por ciento a los servicios y 17.2 por ciento a las manufacturas, como se muestra en la Figura 1.

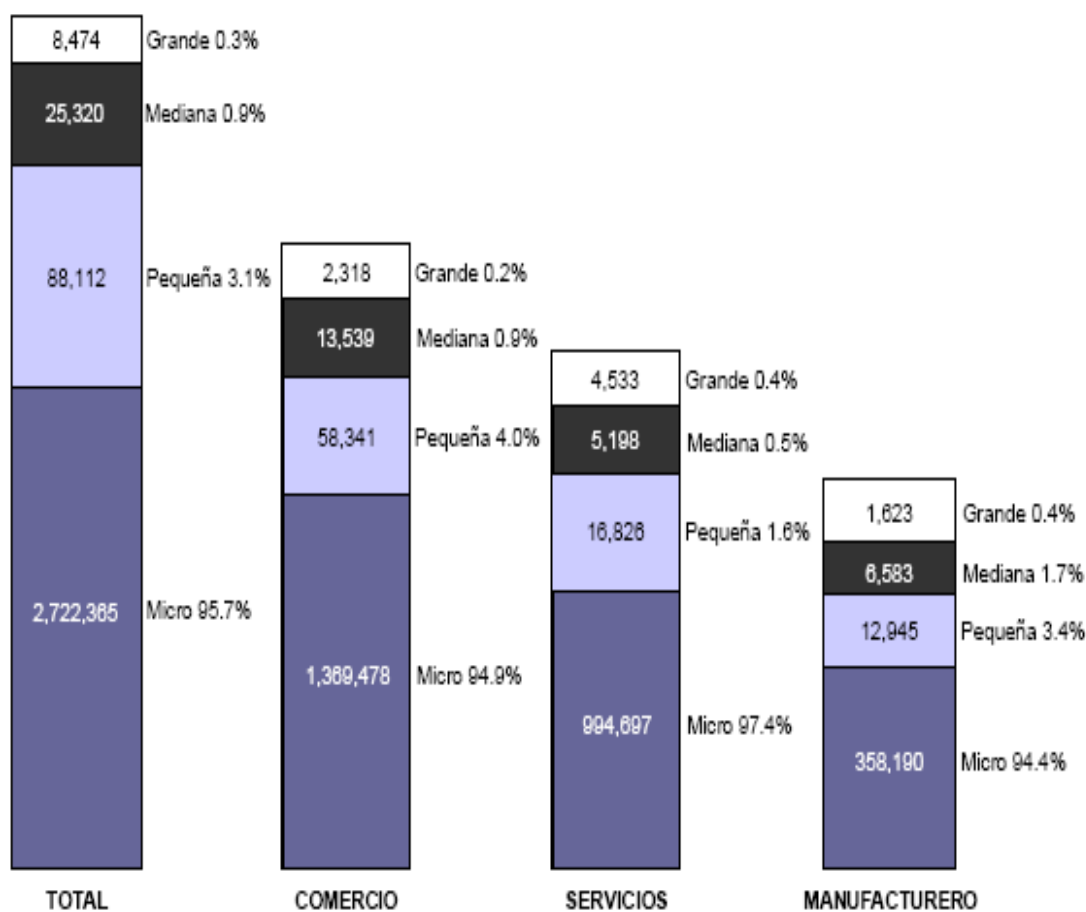


Figura 1 — Composición de las empresas en México por tamaño y por sector

1.2 Industria manufacturera.

La industria manufacturera es la actividad económica que transforma una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos para el consumo. Está constituida por empresas desde pequeñas (tortillerías, panaderías y molinos, entre otras) hasta grandes conglomerados (armadoras de automóviles, embotelladoras de refrescos, empacadoras de alimentos, laboratorios farmacéuticos y fábricas de juguetes, por ejemplo).

Las industrias manufactureras están conformadas por unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias, con el fin de obtener productos nuevos. También se consideran como parte de las manufacturas las actividades de maquila; el ensamble de partes y componentes o productos fabricados; la reconstrucción de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros; y el acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares. Igualmente se incluye aquí la mezcla de materiales, como: los aceites lubricantes, las resinas plásticas, las pinturas y los licores, entre otras.

1.2.1 Clasificación de la industria manufacturera.

De acuerdo con los productos que se elaboran en la industria, la industria manufacturera se clasifica en nueve divisiones de actividad véase Figura 2.

Al interior del sector manufacturero, la actividad que agrupa el mayor número de unidades empresariales es la división I (productos alimenticios, bebidas y tabaco), en donde se concentra casi una de cada tres empresas del sector. Por el contrario, la división VII (industria **metálica** básica) ocupa apenas el 0.1 por ciento del total de establecimientos. Esto se muestra en la Figura 1 donde se observa que las PyME's participan con cerca del 4 por ciento del total de establecimientos del sector manufacturero. Al interior del segmento, éstas poseen una amplia participación dentro de las divisiones VII y V (sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico). De hecho, para la división VII las PyME's conforman cerca del 50 por ciento del total de establecimientos, y en el caso de la división V esta cifra es cercana al 20 por ciento. La división con menor participación de PyME's es la I, con un porcentaje muy similar al de la división III (industria de la madera y productos de madera). En ambos casos, las PyME's contribuyen con cerca del 2 por ciento del total de la división.

El sector manufacturero de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) se encuentra dividido en 21 subsectores, 86 ramas, 182 sub ramas y 293 clases de actividad. Este sector se caracteriza por ser diversificado: en éste coexisten actividades altamente concentradas, como la industria siderúrgica, la automotriz, la de cemento, la elaboración de cerveza, la refinación de petróleo, por citar algunas; junto con industrias atomizadas, como son: la

fabricación de productos de herrería, elaboración de pan, tortillas de maíz, purificación de agua, entre otras.

I.	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	
II.	Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	
III.	Industria de la madera y productos de madera	
IV.	Papel, productos del papel, imprentas y editoriales	
V.	Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos del caucho y plásticos	
VI.	Productos de minerales no metálicos, exceptuando derivados del petróleo y carbón	
VII.	Industrias metálicas básicas	
VIII.	Productos metálicos, maquinaria y equipo	
IX	Otras industrias manufactureras	

Figura 2 — Clasificación de la industria manufacturera

1.2.1.1 La industria manufacturera por subsector.

De los 21 subsectores que forman el sector manufacturero, el más sobresalientes por el número de personas que ocuparon es la **Industria alimentaria** con 695 mil 523 personas, además también registró el mayor número de unidades económicas en donde predominaron los micro negocios (tortillerías y panaderías en su mayoría). Al interior de este subsector destacaron empresas grandes. Mientras que en la fabricación de **Prendas de vestir** se observa un alto porcentaje de establecimientos de tamaño micro y una baja participación de valor agregado.

El subsector de fabricación de **Productos metálicos**, compuesto por establecimientos micro (predominantemente herrerías), estuvo integrado por 49 mil 650 establecimientos en donde laboraron 282 mil 835 personas, lo que situó a este subsector en el cuarto lugar por el número de puestos de trabajo.

Dentro de los 10 subsectores con mayor personal ocupado sobresalió la **Industria química**.

Los establecimientos manufactureros micro (ocupan hasta 10 personas) representaron 90.9 % de las Industrias manufactureras a nivel nacional, el empleo representó 18.2 % y las remuneraciones 3.9 % del total del sector manufacturero. Los establecimientos manufactureros pequeños (11a 50 personas) representaron 6 % del total de las manufacturas, emplearon 10.3 % del personal ocupado total y aportaron 7.1 % de remuneraciones del sector. La industria mediana (51 hasta 250 personas ocupadas) se constituyó con 7 mil 235 establecimientos que representaron 2.2 % del sector manufacturero; a la vez que las remuneraciones, el valor agregado censal bruto y los activos fijos alcanzaron porcentajes de 19.2, 16.7 y 18.1 %, respectivamente.

1.3 Evolución de la industria manufacturera.

La evolución de las unidades económicas del sector manufacturero en el periodo de 1998 a 2003, mostró una disminución, siendo los establecimientos micro los que contribuyeron a esta caída, en términos absolutos, con el mayor número.

La disminución tanto en el número de establecimientos como en el personal ocupado no fue homogénea, pues mientras que las unidades económicas cayeron, el personal ocupado sólo disminuyó un por ciento. Por estratos la reducción de las unidades económicas se presentó en los micro establecimientos, en los pequeños y en los medianos; aunque fue más importante la caída porcentual en las empresas pequeñas y medianas. En cambio, las grandes empresas aumentaron. Un comportamiento similar se dio en el personal ocupado total, las pequeñas y las medianas empresas disminuyeron en tanto que las empresas grandes en este mismo periodo crecieron. Desde los años sesenta la evolución del sector industrial ha sido determinante en la evolución del

PIB total, siendo la industria manufacturera, en comparación con los otros sectores industriales, la que ha tenido mayor participación en éste.

Al año 2003, las divisiones de esta industria que contribuyen con el mayor porcentaje al producto interno bruto (PIB) de las manufacturas en México son: la I (Productos alimenticios, bebidas y tabaco) y la VIII (Productos metálicos, maquinaria y equipo) como se muestra en la Figura 3.

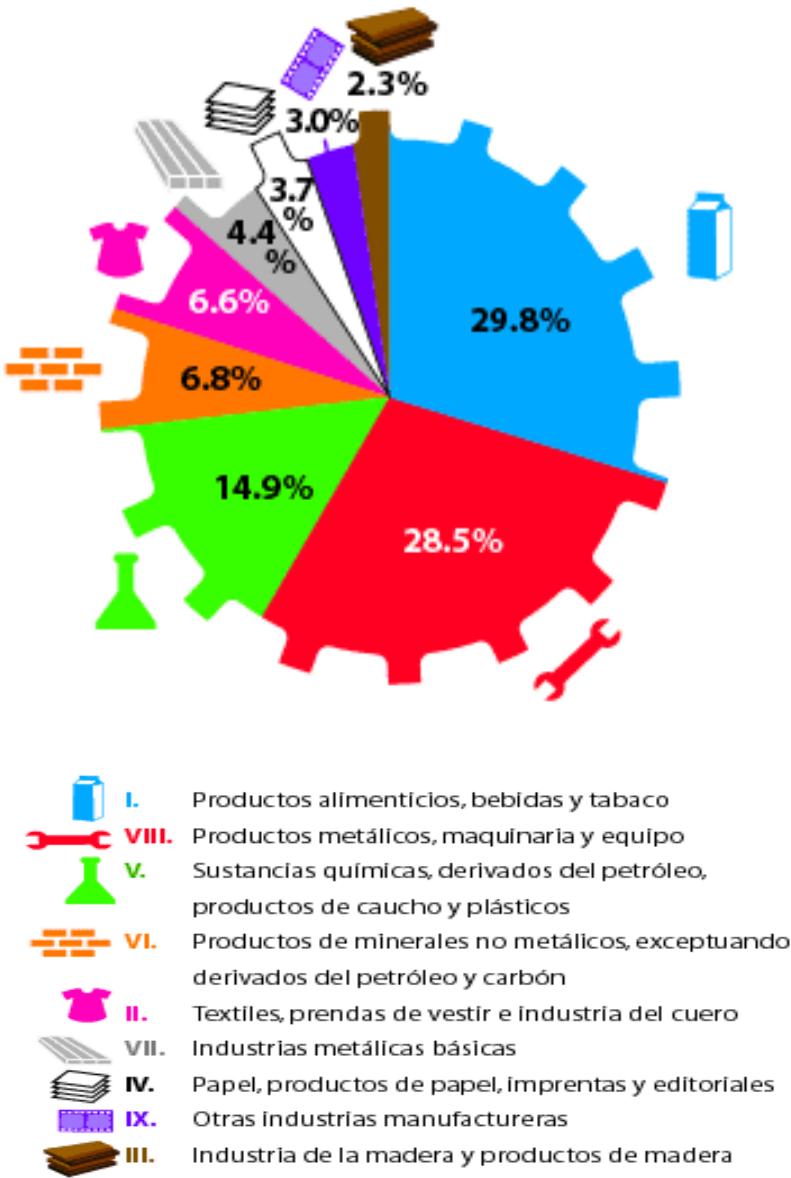


Figura 3 — Contribución de la industria manufacturera en porcentaje al producto interno bruto (PIB)

1.4 La importancia de las PyMES´s en la economía mexicana.

En el caso de México y a nivel mundial, se observa la importancia de las PyME´s desde diferentes ángulos: en primera instancia por el elevado porcentaje que representa con respecto a la planta productiva, la actividad económica en México se lleva a cabo, en gran medida, en la operación de las pequeñas y medianas empresas, célula básica del tejido productivo nacional y elemento indispensable para el crecimiento económico.

La importancia económica, sumada a la potencial flexibilidad y capacidad innovadora, hacen que estos agentes económicos sean un instrumento privilegiado para mejorar la competitividad de las economías de la región. Sin embargo, para que las PyME´s puedan desempeñar ese papel es necesario que mejoren sustancialmente sus índices de productividad. Las brechas de productividad entre PyME´s y grandes empresas son significativas. Si bien las reformas estructurales de la década de los noventa dieron lugar a mejoras en la productividad de las PyME´s en algunos países de la región, como por ejemplo México, las distancias todavía persisten.

El creciente interés por conocer más acerca de las micro, pequeñas y medianas empresas en las economías de mercado, ha merecido la atención por parte de quienes diseñan e implementan políticas económicas.

La micro, pequeña y mediana empresa desempeñan un papel importante en el desarrollo económico de las naciones. En términos numéricos, este segmento representa en promedio 95 % (considerando que en general no se define a la microempresa, se asume que está considerada en este porcentaje) del total de empresas en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), mientras que en América Latina las cifras oscilan entre 95 y 99 % (incluida la microempresa).

El segmento más importante es el de la micro empresa. En los países de América Latina este tamaño representa entre 60 y 90 % de todas las unidades económicas. Tanto los países avanzados como las economías en desarrollo manejan distintos criterios para clasificar a las empresas por estratos. Un elemento común es el número de trabajadores, como indicador principal.

La información de los Censos Económicos 2004 indica que el sector manufacturero en México es el más importante en la generación de producción bruta total. ²

² LAS PYMES EN MÉXICO Enrique Cerón Ferrer Berta Maribel Pimentel Pérez Jorge Barranco Bravo, revista científica electrónica de psicología

Capítulo II. Análisis de la situación actual.

2.1 La cultura de calidad en las PyME's.

Parece estar de moda, no tan sólo en el mundo empresarial sino en todos los aspectos de nuestra vida diaria, el mencionado pero no totalmente entendido y menos adoptado concepto de la calidad, debido a lo cual, han incrementado slogans además de logotipos referidos a la misma.

Ciertamente México apenas está incursionando hacia una cultura de la calidad, por lo que sus efectos comienzan a vislumbrarse. Este rezago hace que la falta de adopción de los principios de calidad se vea reflejada en las micro y pequeñas empresas, lo que las limita al intentar aprovechar oportunidades de negocios y dejando pasar varias oportunidades de éxito.

El propósito de la mayor parte de las medidas de calidad es determinar y evaluar el grado o nivel al que el producto o servicio se acerca a su resultado total

Calidad y productividad son términos que van estrechamente ligados entre si, pues quien se alabe de tener una empresa altamente productiva no puede negar, que para alcanzar esos niveles ha tenido que recurrir a la implantación de programas de calidad empresarial es además de mejoramiento continuo, esto con la firme intención de cambiar la forma de hacer las cosas para satisfacer las demandas de los clientes y aumentar la rentabilidad de la empresa. Este hecho se ha convertido en uno de los temas más interesantes al hablar de negocios.

La implantación de la cultura de la calidad no es, implantar procedimientos plasmados en gruesos manuales. Tampoco es una supervisión estricta y detallista para separar el producto bueno del malo durante y al final del proceso productivo, sino que de cierta manera es algo que va más orientado a no producir un producto malo, mediante el uso de una serie de controles administrativos, así como también productivos técnicamente fundamentados.

En un sistema orientado a la calidad, los costos de producción se reducen, por tanto se está en posibilidad de manejar sus precios en una forma más competitiva, no solo en el País, sino también de manera internacional.

2.1.1 Definición de calidad.

La calidad tiene diferentes definiciones según la evolución que ha tenido el término en su todavía reciente historia, y en su abordaje por diferentes autores. Sin contradecir las definiciones normalizadas internacionalmente del término y las que han realizado distintos autores como Crosby, Juran, Taguchi, Feigenbaum, Deming, Shewhart y otros sobre el término calidad la

definiremos para el propósito de este trabajo como el “grado en el que un conjunto de características inherentes cumplen con los requisitos”³

Otras definiciones de organizaciones reconocidas y expertos del mundo de la calidad son:

- Real Academia de la Lengua Española: “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie” (véase Figura 4)



Figura 4 — Ilustración de elementos de calidad

- Philip Crosby: “Calidad es cumplimiento de requisitos”
- Armand V. Feigenbaum: “Satisfacción de las expectativas del cliente”.
- Genichi Taguchi: “Calidad es la menor pérdida posible para la sociedad”.
- Walter A. Shewhart: “La calidad como resultado de la interacción de dos dimensiones: dimensión subjetiva (lo que el cliente quiere) y dimensión objetiva (lo que se ofrece)”.
- Ishikawa: “Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil, y siempre satisfactorio para el consumidor”.
- Joseph Juran: “Calidad es adecuación al uso del cliente”. (véase Figura 5)

³ NMX-CC-9000-IMNC Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario



Figura 5 — Modelo de calidad según Juran

— William Edwards Deming: “Calidad es satisfacción del cliente”. (véase Figura 6)

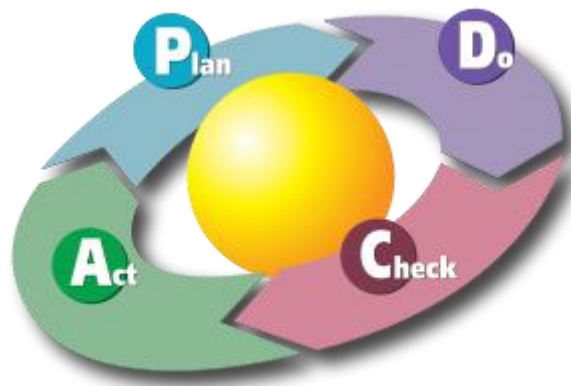


Figura 6 — Ciclo de Deming

2.2 Características de calidad en las PyME´s.

Actualmente, las normas ISO se han convertido en el estándar mínimo para la calidad en los productos, y requisito indispensable para aquellas empresas que deseen integrarse a una cadena de proveeduría internacional. A través de varios estudios publicados por la Secretaría de Economía y la Organización Internacional de Normalización (ISO), se ha encontrado que las PyME´s mexicanas tienen un carácter familiar. Los socios participan en la gestión directa de las empresas, y entre ellos se halló escasez de información y se menciona, además, que las

organizaciones PyME's no cuentan con algún tipo de certificación y que muchas de ellas no utilizan ningún tipo de técnica en calidad o productividad.⁴

El análisis de las técnicas de mejora de la calidad y productividad ofrecen una perspectiva dinámica sobre el desarrollo de las PyME's. En principio, dos de cada tres empresas manufactureras utilizan alguna de estas metodologías.

Las empresas que utiliza técnicas del CEP es alrededor de una cuarta parte de las existentes, siendo rebasada por la técnica de administración de calidad total en cierta forma un atenuante del bajo porcentaje de empresas que no poseen certificaciones; sin embargo, el problema que éstas poseen para integrarse en cadenas de proveeduría se mantiene, toda vez que la metodología de justo a tiempo es poco usada en las empresas (solo una de cada diez empresas la ha implementado).

Es importante resaltar que cerca de la tercera parte de las empresas manufactureras utilizan licencias o patentes. Lo que nos muestra un cierto grado de actualización en procesos o técnicas de manufactura.

Aunque el 57 por ciento de las empresas no manejan una política de tratamiento de residuos, el 21 por ciento de las empresas posee procesos para tratamiento de residuos contaminantes, y el 26 por ciento para residuos no contaminantes. En total, poco más del 40 por ciento de empresas cuenta al menos con una de estas políticas.

El análisis de las técnicas de mejora de la calidad y productividad ofrece una perspectiva dinámica sobre el desarrollo de las empresas. En principio, dos de cada tres PyME's manufactureras utilizan alguna de las metodologías que se muestran en la Figura 7.

El porcentaje de empresas que utiliza técnicas del CEP (24 por ciento) y administración de calidad total (32 por ciento) es en cierta forma un atenuante del bajo porcentaje de empresas que no poseen certificaciones (véase Figura 7); sin embargo, el problema que éstas poseen para integrarse en cadenas de proveeduría se mantiene, toda vez que la metodología de justo a tiempo es poco usada en las empresas (apenas una de cada diez empresas la ha implementado).

En cuanto a la maquinaria y equipo empleado, saltan a la vista las diferencias en el uso de instrumentos para el control de la calidad entre las empresas grandes con las pequeñas y micro, en las primeras la mayoría los utiliza, en los últimos una pequeña minoría.

⁴ Notas sobre la política Industrial en México: el caso de la Micro y Pequeña Empresa, Enrique de la Garza Toledo

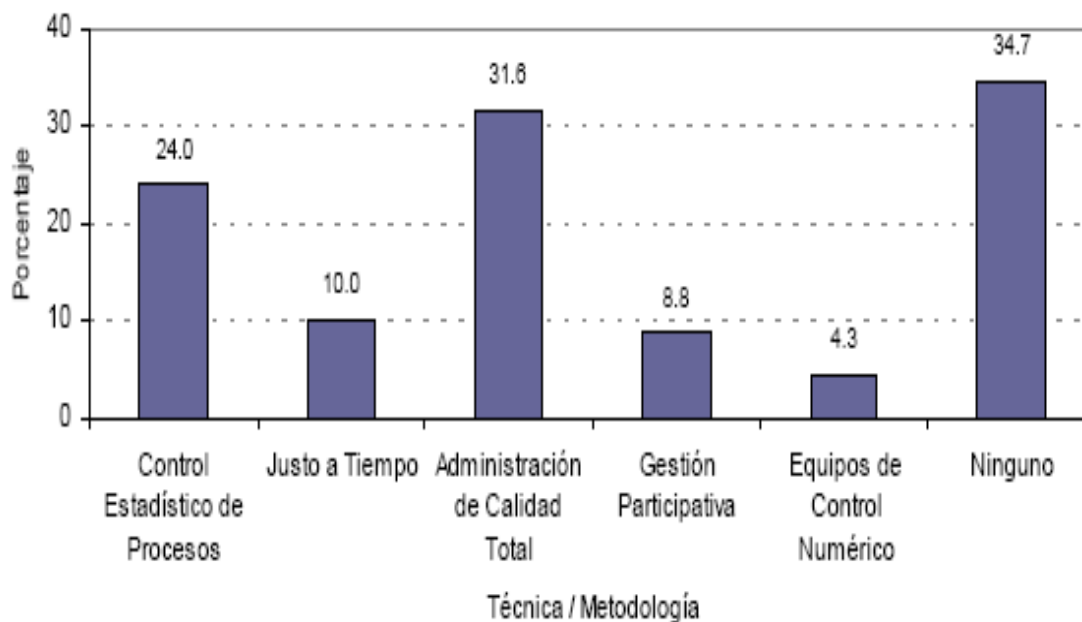


Figura 7 — Empresas que utilizan técnicas de mejora de calidad y productividad (porcentaje de empresas, sector manufacturero)

Tabla 2 — Porcentaje de establecimientos manufactureros que utilizan instrumentos para el control de calidad

Tamaño	%
Grande	73.0
Mediano	59.0
Pequeño	34.3
Micro	7.5

La superioridad de las grandes empresas aparece nuevamente cuando se trata de técnicas organizativas más sofisticadas como es el caso del CEP.

Tabla 3 — Porcentaje de establecimientos manufactureros que realizan cambios en la organización del trabajo

Tamaño	Justo a tiempo	Control estadístico de procesos	Círculos de calidad
Grande	5.1	5.1	7.9
Mediano	6.4	6.4	7.3
Pequeño	7.0	7.0	7.9
Micro	1.5	1.5	0.3

Tabla 4 — Características de la organización del trabajo en manufactura

Tamaño	Nivel bajo de categorías laborales	Fusión producción control de calidad	Fusión producción y mantenimiento	Supervisión por el grupo
Grande	6.7	25.7	4.4	5.9
Mediano	41.5	31.0	6.9	4.6
Pequeño	23.5	48.8	26.4	6.1

2.3 Indicadores de proceso en las PyME's.

Uno de los problemas más comunes en el medio empresarial micro y pequeño en México es la falta de cultura de medición.

Un hecho innegable es que, para poder mejorar, es necesario controlar, y para poder controlar es indispensable medir, así lo pregonó el Dr. Deming producto de sus experiencias de trabajo con el Dr. Shewhart hace ya algunos años.

Todo en esta vida es susceptible de medición, cualquier cosa, desde los procesos duros donde es posible monitorear los pesos, dimensiones, diámetros, densidades, etc. hasta los procesos suaves donde se pueden apreciar datos numéricos de aspectos como satisfacción de clientes, agrado o desagrado, aceptación o no aceptación.

Los indicadores clave de productividad son sin lugar a dudas la herramienta mas objetiva que permite al controlador de un proceso detectar a tiempo las desviaciones de los comportamientos estimando las tendencias hacia los límites de control preestablecidos.

Un indicador es un instrumento de medición que establece una relación entre dos o más datos significativos, importantes, de relevancia y que proporciona información sobre el estado de eficiencia, eficacia, en que se encuentra un proceso.

Al tener elementos de control tangibles, es posible medir desempeños en cuanto a efectividades que puedan servir de base para el mejoramiento de los procesos, para la detección oportuna de desviaciones y para establecer retos de mejora en cuanto a tiempos, costos, medidas, pesos, tolerancias o cualquier otro factor que se considere crucial para la organización.

Diseñar un sistema de indicadores de productividad (KyPI's como las empresas trasnacionales les están llamando) es relativamente sencillo, recordando que cada indicador es una razón, una relación entre dos factores que se considere necesario monitorear en base a las necesidades de cada organización y que proporcionen datos cuantificables y de gran relevancia para medir el

desempeño. El primero de los componentes del indicador, es decir el dividendo, debe representar los resultados obtenidos y que se deseen observar, y el divisor será el recurso con el que ese resultado se ha obtenido, de esta manera será posible juzgar con imparcialidad el resultado por ejemplo de una división del área de ventas con relación a sus pares o bien por ejemplo de una sucursal a otra ya que muchas veces se puede caer en el error de apreciar los resultados únicamente por los ingresos, aunque los egresos tales como el gasto de operación, o el área física o cualquier otro factor sean mayores o incluso desproporcionados.

La implantación del sistema requiere de una cultura de la medición, es necesario acostumbrarse a medir todo lo que proporcione datos útiles para monitorear el desempeño de los procesos.⁵

2.4 Gestión de calidad en las PyME's.

El proceso de la apertura por el que los mercados mundiales están pasando se vislumbra como una oportunidad para conseguir materias primas y servicios de calidad mundial a buenos precios, promoción de nuevas inversiones, acceso a nuevos mercados, entre otros beneficios. Ante esto, la pregunta sería ¿qué pasará con las PyME's que no están preparadas para competir con los nuevos, productos y servicios que estarían disponibles a los clientes, con tal vez mejores precios inclusive? Es bien conocido el importante papel que las PyME's juegan en la economía: además de contribuir a la producción ellas son una fuente importante de trabajo, contribuyendo por consiguiente a bajar los índices de pobreza. Por esta razón, cuando se habla de apertura comercial, no se debe dejar de lado el hecho de que muchas PyME's no están preparadas para enfrentar el tipo de reto que implica un aumento en la cantidad y tipo de competidores internacionales.⁶

Es necesario desarrollar programas para asegurar el mantenimiento de las PyME's a través del aumento de su competitividad. Estos programas se deben enfocar en áreas de necesidad tales como: acceso a la información y tecnología de comunicación, acceso a crédito para que ellos puedan mejorar su tecnología industrial, redes comerciales, entrenamiento, reducción de costos, técnicas para mejorar la productividad y la calidad, producción más limpia, especialización, acceso a nuevos mercados, entre otras.

Los recursos de las PyME's son limitados por lo que los Gobiernos tienen que fortalecer los programas de apoyo. En estos proyectos de apoyo a PYME's se realizan diagnósticos para identificar las necesidades de las empresas y luego se les brinda asesoría con el fin de lograr

⁵<http://www.aguascalientes.gob.mx/SEGI/documentos/cursosConstruccionIndicadores>

⁶ LAS PYMES EN MÉXICO, Enrique Cerón Ferrer, Berta Maribel Pimentel Pérez y Jorge Barranco Bravo

objetivos tales como definición de procesos productivos y mecanismos de control de calidad. Dentro de los objetivos del Estado por impulsar a las PyME's podemos citar aquellos que se refieren a:

- a) Mejorar la escala de producción;
- b) Lograr el acceso a la tecnología;
- c) Incrementar la eficiencia productiva y elevar la calidad de la misma;
- d) Impulsar programas de capacitación gerencial y de mano de obra;
- e) Impulsar la participación en el mercado de exportación y
- f) Continuar la desregulación, desconcentración y simplificación administrativa, entre otros.

El nivel mundial de globalización comercial en el que la empresa mexicana está inmersa a partir que el estado mexicano establece acuerdos comerciales con otros estados, acepta implícitamente que su planta industrial incorpore elementos de calidad a los diferentes productos que intercambie con esos países, en otras palabras implemente la normatividad de la calidad internacional al respecto, a nivel de producción también tiene que incorporar tecnología de punta a su proceso productivo, en su caso, si no es la más avanzada al menos cambiar la tecnología que utiliza con el propósito de ser más productivo, al considerar los puntos señalados anteriormente se persigue que las empresas puedan ser competitivas tanto a nivel nacional como internacional.

Sencillamente porque se ha reconocido que las PyME's juegan un papel fundamental en el proceso de modernización de nuestro país, "numéricamente el 99.9 % del total de establecimientos de industrias, comerciales y servicios que hay en el país, corresponde al sector mediano, pequeño y micro.

A pesar que las PyME's necesitan todo el apoyo que pueden conseguir, se cuenta con recursos limitados para invertir en este tipo de programas. Debido a esto, y aunado a otras razones, se ha propiciado la unión sectorial en búsqueda de otras opciones de apoyo. En este sentido, una de las áreas que le permite a las empresas ser más competitivas es la gestión de la calidad, mediante la aplicación de normas genéricas tales como ISO 9001:2008 (NMX-CC-9001-IMNC-2008) o normas sectoriales.

Una mayor percepción de la calidad permitirá aumentar la satisfacción de los clientes y aumentar la participación en el mercado, esto sin tomar en cuenta el cambio "cultural" positivo a lo interno de la empresa. Contar con un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) facilitará el que las PyME's puedan competir con empresas más grandes al brindar confianza a sus clientes de que sus

productos o servicios mantienen una calidad constante. Por otro lado, las normas tienen implícito la búsqueda de la mejora continua y en el caso de la nueva ISO 9001 explícitamente lo solicita, para alcanzar y mantener aumentos en la productividad, satisfacción del cliente y otros objetivos que la empresa se haya planteado. Aunque los SGC no están concebidos para sólo empresas grandes, lo cierto es que estos sistemas requieren del compromiso total de la gerencia para su éxito.

En algunas empresas pequeñas se está tan ocupado “apagando incendios”, que las actividades de mejoramiento pasan a un segundo plano, lo cual eventualmente se convierte en la razón del fracaso de la iniciativa. Antes de iniciar un proyecto de este tipo, la gerencia debe cuestionarse qué tan prioritario será, así como la manera de transmitir este compromiso hacia el resto de los colaboradores. Esto no deja de ser cierto aún cuando la empresa haya contratado los servicios de un consultor, pues se debe recordar que el papel del consultor es el de ser guía durante el proceso de implementación, pero una vez que este proceso haya terminado quedará en manos de la empresa velar por el mantenimiento y mejora del sistema.

La implementación de un SGC no debe confundirse con la certificación del sistema, pues de hecho llegar a certificarse no es un requisito de la norma, aunque sí puede ser importante para la empresa si los clientes o el mercado lo solicitan. Aún así, más que para cumplir con la obtención de un certificado, las PyME's deben buscar en la gestión de la calidad una herramienta para ayudarlos a mejorar el desempeño de su negocio y de esta forma ser más competitivos en el mercado.

Capítulo III. Marco teórico.

3.1 Control estadístico de procesos (CEP).

Antes de revisar las técnicas que permiten aplicar el CEP es necesario definir en qué consiste. Sin contradecir las definiciones normalizadas internacionalmente del término proceso y las que han realizado distintos autores como Bisell (1994)⁷, lo definiremos como el “conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”.

Otra definición es:

- Bisell (1994), quien describe proceso como cualquier sistema de fabricación, prestación de servicios, administración, etcétera, que constituye una secuencia de transformación de entradas en salidas a través de un conjunto de actividades.

⁷ UNA MIRADA AL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS, Nelfi Gonzáles A. Universidad Nacional de Colombia

Por su parte el control de procesos implica entre otras, las siguientes actividades (Juran y Gryna, 1995):

- Selección de variables o características de producto y de proceso a controlar.
- Selección de unidades de medición para cuantificación o valoración de las características de control.
- Definición de metas de control para el proceso.
- Creación de sistemas y medios para evaluar el desempeño real (el sistema de monitoreo y el sistema de medición: unidad de medición e instrumentos de medición).
- Evaluación del desempeño real del proceso.
- Interpretación de las diferencias que se hallen entre el desempeño real y las metas de control.

Una clasificación del control puede establecerse con base en el momento en el cual es aplicado.

Así, se han establecido dos tipos de control:

- Control fuera de línea.
- Control en línea.

El control fuera de línea se ha orientado primordialmente a la modelación de procesos y productos nuevos y también a la introducción de mejoras o cambios sustanciales en productos y procesos existentes.

3.1.1 Antecedentes del CEP.

El CEP es cosa nueva. La propia ciencia estadística cuenta solo con dos o tres siglos de vida, y su desarrollo mas importante se ha producido durante los últimos setenta años. Sus primeras aplicaciones se llevaron a cabo en astronomía, en física y en las ciencias biológicas y sociales, pero no fue sino hasta la década de los veinte, cuando la teoría estadística comenzó a ser aplicada en forma efectiva al control de la calidad. Un factor del nacimiento de control estadístico de la calidad en esa época, fue el desarrollo, en los años inmediatamente anteriores, de una teoría científica del muestreo.⁸

⁸ CONTROL DE CALIDAD Y ESTADISTICA INDUSTRIAL, Duncan, Acheson J, Alfaomega Gpo Edr

El primero en aplicar los nuevos métodos estadísticos al problema del control de la calidad fue Walter A. Shewhart, de los Bell Telephones Laboratorios, dicha aplicación descansa sobre un concepto esencial: el de la diferenciación entre causas comunes y causas especiales de variabilidad. Las primeras, que son aquellas que están permanentemente presentes en cualquier proceso como consecuencia de cómo ha sido diseñado y de cómo es operado normalmente, producen en sus resultados una pauta de variabilidad estable y predecible en el tiempo que configura lo que se denomina proceso bajo control estadístico y define la capacidad del mismo. Las causas especiales, por su parte, tienen un carácter esporádico y puntual, estando asociadas a anomalías no previstas que provocan las denominadas salidas de control del proceso.

En un memorando escrito el 16 de mayo de 1924, Shewhart hizo el primer esbozo de un moderno "diagrama de control". La nueva técnica fue desarrollada posteriormente en varios otros memorandos y artículos después en 1931 publicó un libro acerca del control estadístico de la calidad con el título de *Economic Control of Quality of Manufactured Product*.

Este libro fijó las normas para posteriores aplicaciones de los métodos estadísticos al control de procesos de fabricación.

En los primeros años de la década de 1930, estos investigadores del Bell System, en colaboración con la American Society for Testing and Materials (ASTM), la American Standards Association (ASA) y la American Society of Mechanical Engineers (ASME), emprendieron la tarea de divulgar los nuevos métodos estadísticos en Estados Unidos.

En Gran Bretaña el desarrollo del control estadístico de la calidad fue paralelo y llegó a combinarse con el de Estados Unidos. Desde principios de la década de 1920, Bernard Dudding, de los laboratorios de investigación de la General Electric Company, realizó análisis estadísticos acerca de la variación en la calidad de la producción.

El resultado de muchos estudios fue la norma BS600-1935 *The Application of Statistical Methods to Industrial Standardization and Quality Control*. Desde Estados Unidos y Gran Bretaña, las técnicas del control de la calidad se extendieron a otros países, el control de calidad estadístico en Japón ha evolucionado hasta convertirse en uno de los mejores del mundo. En Europa se formó la Organización Europea para el Control de la Calidad. El comité Técnico 69 para Aplicaciones de los Métodos Estadísticos de la Organización Internacional de Normalización (ISO International Organisation Standardization) tiene como misión emitir normas para planes de muestreo y diagramas de control, y en la actualidad casi todas las naciones industrializadas utilizan los métodos estadísticos para el control de la calidad.

Después de los diagramas de control y los planes de muestreo, otras técnicas como las de recolección, análisis de variancia y diseño de experimentos han llegado a ser de uso común en laboratorios industriales y en departamentos de investigación.

En Japón, la participación de los trabajadores se ha logrado por medio de los llamados “círculos para el control de la calidad”, en Estados Unidos se está desarrollando mediante lo que se llama “participación en la resolución de problemas”.

3.1.2 Definición del CEP.

El CEP o SPC por sus siglas en inglés (Statistical Process Control) constituye una metodología de diagnóstico de la “estabilidad” de un indicador de calidad, de un proceso y de su capacidad para cumplir con sus especificaciones o límites de tolerancia.

Adicionalmente, y no menos importante, apoya las decisiones de gestión al permitir entender en profundidad el concepto de variación y sus tipos.⁹

Sin contradecir las definiciones normalizadas internacionalmente del control estadístico de procesos y las que han realizado distintos autores como Bisell (1994), lo definiremos como “el uso de técnicas estadísticas y/o algoritmos de control estadísticos o estocásticos para lograr uno o más de los siguientes objetivos:

- a) Incrementar el conocimiento acerca del proceso;
- b) Hacer que un proceso se comporte de una manera determinada;
- c) Reducir la variación de los parámetros de producto final, o de otra manera, mejorar el desempeño del proceso.

Otra definición de Bisell (1994) es:

“La administración eficiente de cualquier sistema usando información cuantitativa efectivamente presentada y analizada a través de la estadística”

NOTA Aunque el CEP concierne a bienes manufacturados, es también aplicable a los procesos de servicios o transacciones (por ejemplo, aquellos que involucran datos, programas, comunicaciones, o movimiento de materiales).

⁹ Control Estadístico de Procesos, Osvaldo Ferreiro P.

3.2 Objetivos del CEP.

3.2.1 Generales.

Los objetivos del CEP son muchos entre los cuales se encuentra el de establecer un sistema de observación, permanente e inteligente, que detecte prematuramente la aparición de causas especiales de variabilidad y ayude a identificar su origen, con el fin de eliminarlas del proceso y de tomar medidas que eviten su reaparición en el futuro (Romero 2000). Su fundamento es la toma periódica de muestras y la representación gráfica de estadísticos adecuadamente elegidos para monitorizar eficientemente los parámetros clave del proceso, y que actúan como señales de aviso de las salidas de control del proceso.¹⁰

Estos gráficos de control, bien utilizados, constituyen una herramienta de mejora muy útil y poderosa por diferentes motivos: implican a operarios, encargados, técnicos y directivos en la gestión de la calidad; evitan tanto los problemas de sobreajuste o infra ajuste de los procesos; permiten diferenciar entre problemas puntuales, que pueden resolverse mediante simples actuaciones locales, y problemas asociados a las causas comunes de variabilidad, cuya resolución exige actuaciones sobre el sistema que deben plantearse desde la Dirección; y posibilitan establecer la capacidad real del proceso¹¹.

El CEP tiene uno o más objetivos distintos del control estadístico de calidad y es importante enfatizar que los objetivos generales del CEP son:

- a) Aumentar el conocimiento acerca de los procesos;
- b) Hacer que un proceso se comporte de una manera determinada;
- c) Reducir la variación de los parámetros del producto final o de otra manera mejorar el desempeño del proceso.

El objetivo económico común del control estadístico de procesos es incrementar los bienes producidos aceptables para una cantidad determinada de recursos de entrada.

3.2.2 Específicos.

Dependiendo del mercado al que se está brindando servicio, la naturaleza del producto, tecnología, y las necesidades del cliente, la implementación efectiva del CEP reduce los costos e incrementa las ganancias de las siguientes formas:

¹⁰ NMX-CH-11462-1-IMNC-2007, Directrices para la implementación del Control Estadístico de Procesos (CEP) – Parte 1: Elementos del CEP

¹¹ CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS CON DINÁMICA: Revisión del estado del arte y perspectiva de futuro, Alberto Ferrer, Universidad Politécnica de Valencia

- a) Gestionando el proceso de manera más económica con el propósito de contar con una mayor consistencia y mejoras;
- b) Reduciendo la variación alrededor de los valores objetivo ya sea en el producto final o el parámetro de salida del proceso;
- c) Proporcionando señales y evidencia de cómo se está comportando un proceso y como debería comportarse;
- d) Evaluando y cuantificando, qué niveles de calidad y consistencia, el proceso es capaz de producir actualmente;
- e) Identificando cuando, cuando no y en donde buscar causas de variación asignables o para llevar a cabo ajustes preventivos de proceso;
- f) Controlando y/o reduciendo las causas de variación aleatorias a lo largo de los cambios del diseño del proceso y otros cambios sistemáticos al proceso;
- g) Incrementando el conocimiento de cómo las causas de variación del sistema afectan al proceso, se pueden hacer mejoras al proceso.

3.2.3 Financieros.

El CEP ayuda a minimizar los esfuerzos requeridos para asegurar la conformidad contra especificación del producto final (tal como supervisión, inspección, clasificación, inspección por muestreo, inspección al 100 % y/o ensayo) de la siguiente manera:

- a) Recopilar costos de producción tales como el costo del desecho, supervisión, inspección retrabajo, reparación de equipo, tiempo muerto e interrupciones;
- b) recopilar costos de consumo incurridos a lo largo del ciclo de vida del producto;
- c) estimar la cantidad de pérdidas en el negocio y de empleos a causa de clientes insatisfechos que prefieren a los competidores o rehuír de pagar un precio adicional por una percepción de mayor calidad;
- d) estimar los beneficios a otras partes de la organización (tales como diseño y desarrollo, mercadeo, producción, instalación y servicio) a partir de la retroalimentación e información que el CEP proporciona.

3.3 Aplicación del CEP.

Los elementos del CEP pueden ser aplicados al control de los procesos sin importar la técnica empleada. Las aplicaciones incluyen controladores automáticos para procesos continuos y por lotes, editores automáticos para datos de entrada, algoritmos de control para tomar tiempo o ampliar el intervalo de los recursos de entrada, procedimientos de mantenimiento manual para salidas de bajo volumen, y procedimientos analíticos tales como los gráficos de control. Un proveedor puede emplear métodos estadísticos, algorítmicos o basados en modelos o una combinación de tales métodos. La selección de estos métodos dependerá de la disponibilidad de los datos del proceso, disponibilidad del modelo, necesidades del negocio, así como también a la frecuencia de las causas de variación aleatorias, desconocidas y asignables.

La selección de los elementos del CEP, el orden en el cual una organización implementa estos elementos y la extensión a la cual los elementos son adoptados y aplicados por una organización dependen de factores que incluyen las necesidades de los clientes, el mercado al que se está brindando servicio, la naturaleza del producto o servicio, tecnología, la naturaleza, velocidad de producción y los procesos de transacción.

3.4 Descripción de las técnicas estadísticas.

De acuerdo a la norma mexicana NMX-CC-10017-IMNC, las siguientes técnicas estadísticas, o familias de técnicas, son algunas de las más importantes para apoyar a las organizaciones a cumplir con sus necesidades de control:

- Estadísticas descriptivas;
- Diseño de experimentos;
- Prueba de hipótesis;
- Análisis de la medición;
- Análisis de la capacidad del proceso;
- Análisis de regresión;
- Análisis de confiabilidad;
- Muestreo;
- Simulación;

- Gráficos de Control Estadístico de Procesos (CEP);
- Fijación de tolerancias estadísticas;
- Análisis de series de tiempo.

3.4.1 Estadística descriptiva.

El término "estadística descriptiva" se refiere a procedimientos para resumir y presentar datos cuantitativos de manera que revele las características de la distribución de los datos.

Las características de los datos que normalmente son de interés son su valor central (frecuentemente descrito por el promedio), y la desviación o la dispersión (normalmente medida por el rango, la desviación estándar o la varianza).

Otra característica de interés es la distribución de los datos, para la cual existen medidas cuantitativas que describen la forma de la distribución (tal como el grado de "sesgo", que describe su simetría).

La información proporcionada por las estadísticas descriptivas con frecuencia puede ser transmitida fácil y eficazmente por una variedad de métodos gráficos, que incluyen el despliegue de datos relativamente simples tales como:

- Un gráfico de tendencia, que es un trazo de una característica de interés sobre un periodo, para observar su comportamiento en el tiempo;
- Un gráfico de dispersión, que ayuda a evaluar la relación entre dos variables, representando gráficamente una variable sobre el eje x y el correspondiente valor de la otra sobre el eje y , y
- Un histograma, que describe la distribución de los valores de una característica de interés.

Existe una amplia serie de métodos gráficos que pueden ayudar a la interpretación y análisis de los datos. Estos van desde las relativamente simples herramientas descritas anteriormente (y otras tales como los gráficos de barras) hasta técnicas de una naturaleza más compleja, incluyendo aquellas con escalas especiales (tales como gráficos de probabilidad) y gráficos que involucran dimensiones y variables múltiples.

Los métodos gráficos son útiles para revelar características poco comunes de los datos que no pueden ser fácilmente detectados en un análisis cuantitativo. Se utilizan ampliamente en el análisis de datos al estudiar o verificar relaciones entre variables y al estimar los parámetros que describen dichas relaciones. También tienen una aplicación importante al resumir y presentar datos

complejos o relaciones entre datos de una manera eficaz, particularmente para un público no especializado.

La estadística descriptiva se utiliza para resumir y caracterizar datos. Normalmente es el paso inicial en el análisis cuantitativo de datos y frecuentemente constituye el primer paso hacia el uso de otros procedimientos estadísticos. Las características de los datos de muestra pueden servir como base para hacer inferencias respecto a las características de las poblaciones de las que se extrajo la muestra, con un margen de error y nivel de confianza determinados.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que la estadística descriptiva ofrece un modo relativamente sencillo y eficiente para resumir y caracterizar datos, y también ofrece una manera conveniente de presentar dicha información. En particular, los métodos gráficos son una manera muy eficaz de presentar datos, y de comunicar la información. La estadística descriptiva es potencialmente aplicable a todas las situaciones que involucran el uso de datos. Puede ayudar al análisis e interpretación de los datos, y son una valiosa ayuda en la toma de decisiones. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que las estadísticas descriptivas proporcionan mediciones cuantitativas de las características (tales como el promedio y la desviación estándar) de datos de muestra. Sin embargo estas mediciones están sujetas a las limitaciones del tamaño de muestra y el método de muestreo utilizado. Además no se puede asumir que estas mediciones cuantitativas son estimaciones válidas de las características de la población de donde se extrajo la muestra, a menos que se satisfagan las suposiciones estadísticas fundamentales.

3.4.2 Diseño de experimentos.

El diseño de experimentos se refiere a las investigaciones llevadas a cabo de una manera planificada, y depende de una evaluación estadística de los resultados para alcanzar conclusiones a un nivel de confianza establecido. El diseño de experimentos normalmente involucra la inducción de cambios al sistema bajo investigación, y la evaluación estadística del efecto de tal cambio sobre el sistema. Su objetivo puede ser validar algunas características de un sistema, o investigar la influencia de uno o más factores sobre algunas características de un sistema. La preparación y la manera específica en que se llevan a cabo los experimentos constituyen el diseño del experimento, y tal diseño se rige por el objetivo del ejercicio y las condiciones bajo las cuales se realizarán los experimentos. Existen varias técnicas que pueden ser utilizadas para analizar los datos del experimento. Abarcan desde las técnicas analíticas, tales como el "análisis de varianza", hasta aquellas de naturaleza más gráfica, como los "gráficos de probabilidad".

Se puede utilizar el diseño de experimentos para evaluar alguna característica de un producto, proceso o sistema, con el propósito de validarla contra una determinada especificación, o para la evaluación comparativa de varios sistemas. El diseño de experimentos es particularmente útil en la

investigación de sistemas complejos cuyos resultados pueden ser influenciados por un número de factores potencialmente grandes. El objetivo del experimento puede ser la maximización u optimización de una característica de interés, o para la reducción de su variabilidad. Se puede utilizar el diseño de experimentos para identificar los factores de mayor influencia en un sistema, la magnitud de esta influencia y sus relaciones (es decir, interacciones) y, si los hubiera, entre diferentes factores. Los hallazgos pueden ser utilizados para facilitar el diseño y el desarrollo de un producto o proceso, o para controlar o mejorar un sistema existente. La información de un experimento diseñado puede ser utilizada para formular un modelo matemático que describa las características del sistema de interés como una función de los factores influyentes; y con ciertas limitaciones. Dicho modelo puede ser utilizado con propósitos de predicción.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que al estimar o validar una característica de interés, existe la necesidad de asegurarse de que los resultados obtenidos no son simplemente debidos a variaciones aleatorias. Esto aplica al hacer evaluaciones contra algún estándar determinado, y más aún al comparar dos o más sistemas. El diseño de experimentos permite hacer dichas evaluaciones con un nivel de confianza definido. Una gran ventaja del diseño de experimentos es su relativa eficiencia y economía al investigar los efectos de múltiples factores en un proceso, en comparación con una investigación de cada factor individualmente. También, su habilidad de identificar interacciones entre ciertos factores puede conducir a un profundo entendimiento del proceso. Dichos beneficios son aún mayores cuando se trata de procesos complejos (es decir, procesos que involucran un gran número de factores potencialmente influyentes). Finalmente, cuando se investiga un sistema existe el riesgo de asumir incorrectamente causalidad cuando en realidad puede haber sólo una correlación aleatoria entre dos o más variables. El riesgo de dicho error puede ser reducido a través del uso de sólidos principios de un diseño experimental. Sin embargo también existen limitaciones como puede ser que cierto nivel de variación inherente (llamado frecuentemente "ruido") está presente en todos los sistemas, y esto puede a veces confundir los resultados de las investigaciones y conducir a conclusiones incorrectas. Otra fuente potencial de error es el efecto ejercido por factores desconocidos (o simplemente no reconocidos) que pueden estar presentes, o el efecto no detectado de la interdependencia entre los diferentes factores de un sistema. El riesgo ocasionado por dichos errores puede ser reducido por un experimento bien diseñado a través de, por ejemplo, la selección de un tamaño de muestra apropiado o por otras consideraciones en el diseño del experimento. Estos riesgos nunca pueden ser totalmente eliminados, por lo que deberían ser tomados en cuenta al formular las conclusiones del experimento. Además, estrictamente hablando, los hallazgos del experimento sólo son válidos para los factores y el rango de valores considerados en el experimento. Por tanto, se debería tener cuidado al extrapolar (o interpolar) mucho más allá del rango de valores considerados en el experimento. Finalmente, la teoría del diseño de experimentos hace ciertas suposiciones fundamentales (tal como la existencia de una relación

canónica entre el modelo matemático y la realidad física que está siendo investigada) cuya validez o adecuación están aún sujetas a discusión.

3.4.3 Prueba de hipótesis.

La prueba de hipótesis es un procedimiento estadístico para determinar, con un nivel de riesgo prescrito, si un conjunto de datos (normalmente tomados de una muestra) es compatible con una hipótesis dada. La hipótesis puede relacionarse con una suposición de una distribución estadística o modelo particular, o puede relacionarse con un valor de algún parámetro de una distribución (tal como su valor medio). El procedimiento para una prueba de hipótesis involucra la evaluación de la evidencia (en la forma de datos) para decidir si una hipótesis dada con respecto a un modelo o parámetro estadístico, debería ser rechazada o no. La prueba de hipótesis está mencionada explícita o implícitamente en muchas de las técnicas estadísticas citadas en este informe técnico, tal como el muestreo, gráficos de CEP, diseño de experimentos, análisis de regresión y análisis de la medición.

La prueba de hipótesis se utiliza ampliamente para permitir que uno pueda concluir, a un nivel de confianza declarado, si una hipótesis es válida con respecto a un parámetro de una población (estimado en base a una muestra). De allí que el procedimiento puede ser aplicado para comprobar si un parámetro de una población cumple con un estándar determinado; o puede ser utilizado para comprobar las diferencias existentes entre dos o más poblaciones. En consecuencia, es útil en la toma de decisiones. La prueba de hipótesis también se utiliza para comprobar las suposiciones sobre el modelo, tales como si la distribución de una población es normal, o si los datos muestrales son aleatorios. La prueba de hipótesis también se puede utilizar para determinar el rango de valores (descrito como un "intervalo de confianza") el cual puede decirse que contiene, a un nivel de confianza declarado, el valor verdadero del parámetro en cuestión.

Entre algunos de los beneficios que estas técnicas ofrecen se encuentra que la prueba de hipótesis permite hacer una afirmación acerca de algún parámetro de una población, con un nivel conocido de confianza. Siendo así, puede ser de ayuda en la toma de decisiones que dependen del parámetro. La prueba de hipótesis de igual manera puede permitir afirmaciones a realizar respecto a la naturaleza de la distribución de una población, así como las propiedades de los propios datos muestrales. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que para asegurar la validez de las conclusiones alcanzadas de las pruebas de hipótesis, es esencial que las suposiciones estadísticas básicas sean satisfechas adecuadamente; particularmente que las muestras sean extraídas de manera independiente y aleatoria. Además, el nivel de confianza con el cual puede realizarse la conclusión se rige por el tamaño de muestra. A un nivel teórico, existe un debate con respecto a cómo puede utilizarse una prueba de hipótesis para hacer inferencias válidas.

3.4.4 Análisis de la medición.

El análisis de la medición (también llamado "análisis de la incertidumbre de la medición" o "análisis del sistema de medición") es un conjunto de procedimientos para evaluar la incertidumbre de sistemas de medición en el rango de condiciones en que el sistema opera. Los errores de medición pueden analizarse utilizando los mismos métodos como los utilizados para analizar las características del producto.

La incertidumbre de la medición debería tomarse en cuenta siempre que se recopilen los datos. El análisis de la medición se utiliza para evaluar, a un nivel de confianza establecido previamente, si el sistema de medición es adecuado para su propósito previsto. Se utiliza para cuantificar la variación de diferentes fuentes, tales como la variación debida al evaluador (es decir, la persona que toma la medición) o la variación del proceso de medición o del propio instrumento de medición. También se utiliza para describir la variación debida al sistema de medición, como una proporción de la variación total del proceso o de la variación total permitida.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que el análisis de la medición proporciona una forma cuantitativa y económica de seleccionar un instrumento de medición, o para decidir si un instrumento tiene capacidad para evaluar el producto o el parámetro del proceso que está siendo examinado. El análisis de mediciones proporciona una base para comparar y reconciliar diferencias entre mediciones, cuantificando la variación de diferentes fuentes en los propios sistemas de medición. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que a excepción de los casos más sencillos, el análisis de la medición necesita llevarse a cabo por especialistas formados. A menos que en su aplicación se utilicen experiencia y atención, los resultados de un análisis de la medición podrían alentar un falso y potencialmente costoso exceso de optimismo, tanto en los resultados de medición como en la aceptabilidad de un producto. Por otro lado, un exceso de pesimismo puede dar como resultado el reemplazo innecesario de sistemas de medición adecuados.

3.4.5 Análisis de la capacidad de proceso.

El análisis de la capacidad de proceso es el examen de la variabilidad y distribución inherente de un proceso, con el fin de estimar su habilidad para producir resultados que sean conformes con el rango de variación permitido por las especificaciones. Cuando los datos son variables medibles (del producto o proceso), la variabilidad inherente del proceso se establece en términos de la "dispersión" del proceso cuando está en un estado de control estadístico, y habitualmente se mide como seis veces la desviación estándar (6σ) de la distribución del proceso. Si los datos del proceso tienen una distribución normal de la variable ("en forma de campana"), esta dispersión abarcará (en teoría) el 99,73 % de la población. La capacidad de proceso puede expresarse convenientemente como un índice, que relaciona la variabilidad real del proceso con la tolerancia permitida por las

especificaciones. Un índice de la capacidad de proceso utilizado ampliamente para datos variables es C_p (una razón de la tolerancia total dividida entre 6σ , que es una medida de la capacidad teórica de un proceso que está perfectamente centrado entre los límites de especificación. Otro índice utilizado ampliamente es C_{pk} , el cual describe la capacidad real de un proceso que puede o no estar centrado; el C_{pk} es especialmente aplicable a situaciones que involucran especificaciones unilaterales. Otros índices de la capacidad han sido concebidos para describir mejor la variabilidad de larga y corta duración, y para la variación alrededor del valor objetivo del proceso pretendido. Cuando los datos del proceso involucran “atributos” (por ejemplo, porcentaje de no conformes, o número de no conformidades), la capacidad de proceso se declara como la proporción promedio de unidades no conformes, o la tasa promedio de no conformidades.

El análisis de la capacidad de proceso se utiliza para evaluar la capacidad de un proceso para producir los resultados que sean conformes a las especificaciones de manera coherente, y para estimar la cantidad de productos no conformes que pueden esperarse. Este concepto puede aplicarse a la evaluación de la capacidad de cualquier subconjunto de un proceso, tal como una máquina en particular. El análisis de “capacidad de una máquina” puede utilizarse, por ejemplo, para evaluar el equipo específico o para evaluar su contribución a la capacidad global del proceso.

Entre alguno de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que el análisis de la capacidad de proceso proporciona una evaluación de la variabilidad inherente de un proceso y una estimación del porcentaje de elementos no conformes que pueden esperarse. Esto permite que la organización estime los costos de la no conformidad, y pueda ayudar a guiar las decisiones con respecto a la mejora del proceso. La fijación de estándares mínimos para la capacidad de proceso puede guiar a la organización en la selección de procesos y equipos capaces que deberían producir un producto aceptable. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que el concepto de capacidad es estrictamente aplicable a un proceso en estado de control estadístico. Por lo que el análisis de la capacidad de proceso debería realizarse conjuntamente con métodos de control para proporcionar una verificación continua del control. La estimación del porcentaje de producto no conforme está sujeta a la suposición de normalidad. Cuando no se tiene una normalidad estricta en la práctica, dichas estimaciones deberían tratarse con precaución, especialmente en el caso de procesos con altos índices de capacidad. Los índices de capacidad pueden ser engañosos cuando la distribución del proceso no es substancialmente normal.

Las estimaciones del porcentaje de unidades no conformes deberían estar fundamentadas en métodos de análisis desarrollados para distribuciones apropiadas para tales datos. Lo mismo vale para el caso de procesos que están sujetos a causas asignables de variación sistemática, tal como el desgaste de herramientas, por lo que deberían utilizarse métodos especializados para calcular e interpretar la capacidad de proceso.

3.4.6 Análisis de regresión.

El análisis de regresión relaciona el comportamiento de una característica de interés (normalmente llamada la “variable de respuesta”) con los factores potencialmente causales (normalmente llamados “variables explicativas”). Tal relación está especificada por un modelo que puede venir del campo de la ciencia, economía, ingeniería, etc., o puede derivarse empíricamente. El objetivo es ayudar a comprender la causa potencial de variación en la respuesta, y para explicar cómo cada factor contribuye a la variación. Esto se consigue relacionando, estadísticamente, la variación en la variable de respuesta con la variación en las variables explicativas, y obtener el mejor ajuste, minimizando las desviaciones entre la predicción y la respuesta real.

El análisis de regresión permite al usuario hacer lo siguiente:

- Comprobar hipótesis con respecto a la influencia de variables explicativas potenciales sobre la respuesta, y utilizar esta información para describir el cambio estimado en la respuesta para un cambio dado en la variable explicativa;
- Predecir el valor de la variable de respuesta, para valores específicos de las variables explicativas;
- Predecir (a un nivel declarado de confianza) el rango de valores dentro del cual se espera que esté la respuesta, dados los valores específicos para las variables explicativas;
- Estimar la dirección y grado de asociación entre una variable de respuesta y una variable explicativa (aunque tal asociación no implica causalidad). Tal información podría utilizarse, por ejemplo, para determinar el efecto de cambio de un factor tal como la temperatura en el rendimiento del proceso, mientras que otros factores se mantienen constantes.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que: el análisis de regresión puede proporcionar comprensión dentro de la relación entre varios factores y la respuesta de interés, y dicha comprensión puede ayudar a guiar las decisiones relacionadas con el proceso que está siendo estudiado y eventualmente mejorarlo. La comprensión producida por el análisis de regresión viene de su habilidad para describir concisamente el comportamiento de los datos de respuesta, compara los subconjuntos de datos diferentes pero relacionados, y analiza las relaciones potenciales de causa-efecto. Cuando las relaciones están bien modeladas, el análisis de regresión puede dar una estimación de las magnitudes relativas del efecto de las variables explicativas, así como identificar la importancia relativa de estas variables sobre el resultado. Esta información es potencialmente de gran valor en el control o mejora de los resultados del proceso. El análisis de regresión también puede proporcionar estimaciones de la magnitud y la fuente de influencia sobre la respuesta ocasionada por factores no medidos u omitidos en el análisis. Esta

información se puede utilizar para mejorar el sistema de medición o el proceso. El análisis de regresión puede utilizarse para predecir los valores de la variable de respuesta, para determinados valores de una o más variables explicativas; igualmente puede utilizarse para pronosticar el efecto de cambios en variables explicativas sobre una respuesta existente o predicha. Puede ser útil dirigir dichos análisis antes de invertir tiempo o dinero en un problema cuando se desconoce la eficacia de una acción. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que al realizar modelos de un proceso, se requiere habilidad en la especificación de un modelo de regresión adecuado (por ejemplo, lineal, exponencial, multivariable), y al utilizar diagnósticos para mejorar el modelo. La presencia de variables omitidas, errores de medición, y otras fuentes de variaciones inexplicadas en la respuesta puede complicar la realización del modelo. Las suposiciones específicas detrás del modelo de regresión en cuestión, y las características de los datos disponibles, determinan qué técnica de estimación es apropiada en un problema de análisis de regresión. Un problema que a veces se encuentra en el desarrollo de un modelo de regresión es la presencia de datos cuya validez es cuestionable. La validez de tales datos debería investigarse cuando sea posible, ya que la inclusión u omisión de datos del análisis podría influenciar las estimaciones de los parámetros del modelo, y así la respuesta.

La simplificación del modelo, minimizando el número de variables explicativas, es importante al realizar el modelo. La inclusión de variables innecesarias puede enmascarar la influencia de variables explicativas y reducir la precisión del modelo de predicciones. Sin embargo, la omisión de una variable explicativa importante puede limitar seriamente el modelo y reducir la utilidad de los resultados.

3.4.7 Análisis de confiabilidad.

El análisis de confiabilidad es la aplicación de métodos de ingeniería y analíticos a la evaluación, predicción y aseguramiento de un comportamiento libre de problemas durante el tiempo de vida de un producto o sistema bajo estudio. Las técnicas utilizadas en el análisis de confiabilidad frecuentemente requieren de la utilización de métodos estadísticos para tratar las incertidumbres, características aleatorias o probabilidades de ocurrencia (de fallas, etc.) a lo largo del tiempo. Dicho análisis generalmente involucra la utilización de modelos estadísticos apropiados para caracterizar las variables de interés, tales como el tiempo de falla, o el tiempo entre fallas. Se estiman los parámetros de estos modelos estadísticos sobre la base de datos empíricos obtenidos en ensayos/pruebas de laboratorio, fábricas o en campo de operación. El análisis de confiabilidad abarca otras técnicas (como el análisis de modo y efecto de falla) que se enfocan en la naturaleza física y la causa de falla, y la prevención o reducción de fallas.

El análisis de confiabilidad se utiliza para los siguientes propósitos:

- Verificar que se cumplen las medidas de confiabilidad específicas, sobre la base de los datos de una prueba de duración limitada y que involucra a un número especificado de unidades de ensayo;
- Predecir la probabilidad de la operación libre de problemas, u otras medidas de confiabilidad, tales como la tasa de fallas o el tiempo medio entre fallas de componentes o sistemas;
- Realizar modelos de patrones de fallas y escenarios de operación del desempeño del producto o servicio;
- Proporcionar datos estadísticos con respecto a parámetros de diseño, tales como tensión y esfuerzo, útiles para un diseño probabilístico;
- Identificar componentes críticos o de alto riesgo y los modos y mecanismos probables de falla, así como para respaldar la búsqueda de causas y medidas preventivas.

Las técnicas estadísticas empleadas en el análisis de confiabilidad permiten que los niveles de confianza estadísticos se adjunten a las estimaciones de los parámetros de los modelos de confiabilidad desarrollados, y a las predicciones realizadas utilizando tales modelos.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que el análisis de confiabilidad proporciona una medida cuantitativa del desempeño del producto o servicio contra fallas o interrupciones de servicio. Las actividades de confiabilidad están íntimamente asociadas con el control del riesgo en la operación del sistema. La confiabilidad es frecuentemente un factor influyente en la percepción de la calidad de un producto o servicio, y en la satisfacción del cliente.

Los beneficios de la utilización de técnicas estadísticas en el análisis de confiabilidad incluyen:

- La capacidad de predecir y cuantificar la probabilidad de falla y de otras medidas de confiabilidad, con límites de confiabilidad establecidos,
- La comprensión para orientar decisiones con respecto a diferentes alternativas de diseño, utilizando diferentes estrategias de redundancia y mitigación,
- El desarrollo de criterios objetivos de aceptación y rechazo de pruebas de cumplimiento del desempeño, para demostrar que se cumplen los requisitos de confiabilidad,
- La capacidad de planificar programas óptimos de reemplazo y de mantenimiento preventivo basados en el análisis de los datos de desempeño del producto, servicio y desgaste, y
- La posibilidad de mejorar el diseño para lograr un objetivo económicamente confiable.

Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que una suposición básica en el análisis de confiabilidad es que el desempeño de un sistema bajo estudio puede caracterizarse razonablemente por una distribución estadística. La exactitud de las estimaciones de confiabilidad por lo tanto dependerá de la validez de esta suposición. La complejidad del análisis de confiabilidad crece cuando se presentan modos de falla múltiples; que pueden o no conformar la misma distribución estadística. Además, la confianza estadística y la precisión atribuida a las estimaciones de confiabilidad pueden afectarse seriamente cuando el número de fallas observadas en una prueba de confiabilidad es muy pequeño. Las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la prueba de confiabilidad son críticamente importantes, particularmente cuando la prueba involucra algún tipo de "esfuerzo acelerado" (es decir, el esfuerzo es significativamente mayor del que el que el producto experimentará en uso normal). Puede que sea difícil determinar la relación entre las fallas observadas bajo las condiciones de la prueba y el desempeño del producto en condiciones normales de operación, lo que aumentará la incertidumbre de las predicciones de confiabilidad.

3.4.8 Muestreo.

El muestreo es un método estadístico sistemático para obtener información sobre alguna característica de una población mediante el estudio de una fracción representativa de la población (es decir, la muestra). Existen varias técnicas de muestreo que se pueden emplear (tales como, muestreo aleatorio simple, muestreo estratificado, muestreo sistemático, muestreo secuencial, muestreo de lotes salteados, etc.), y la selección de la técnicas se determina según el propósito del muestreo y de las condiciones bajo las cuales se va a llevar a cabo.

El muestreo puede dividirse sin mucha rigidez en dos amplias áreas no excluyentes: "muestreo de aceptación" y "muestreo para evaluación". El muestreo de aceptación se ocupa de la toma de decisión con respecto a aceptar o no aceptar un "lote" (es decir, un grupo de elementos) basada en el resultado de una muestra seleccionada de ese lote. Se dispone de una amplia gama de planes de muestreo de aceptación para satisfacer los requisitos o las aplicaciones específicas. El muestreo para la evaluación se utiliza en estudios enumerativos o analíticos para estimar los valores de una o más características en una población, o para estimar cómo se distribuyen esas características entre la población. El muestreo para la evaluación está frecuentemente asociado con sondeos donde la información se recopila de las opiniones del público sobre un tema, como en las encuestas de clientes. Puede igualmente aplicarse a la recopilación de datos para otros propósitos, tales como las auditorías. Una forma especializada del muestreo para la evaluación es el muestreo exploratorio, el cual se utiliza en estudios enumerativos para conseguir información sobre una o varias características de una población o de un subconjunto de una población. También lo es el muestreo de producción, que puede realizarse para llevar a cabo, por ejemplo, un análisis de la capacidad del proceso. Otra aplicación es el muestreo de materiales a granel (por ejemplo, minerales, líquidos y gases) para el cual se han desarrollado planes de muestreo.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que un plan de muestreo desarrollado correctamente permite un ahorro de tiempo, costo y trabajo en comparación con un censo de la población total o con una inspección del 100 % de un lote. Donde la inspección de un producto involucra ensayos destructivos, el muestreo es la única manera práctica de obtener información pertinente. El muestreo ofrece una forma económica y oportuna de obtener información preliminar con respecto al valor o la distribución de una característica de interés en una población. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que Al construir un plan de muestreo se debería poner atención a las decisiones respecto al tamaño de muestra, frecuencia de muestreo, selección de la muestra, las bases para hacer subgrupos y otros aspectos diversos de la metodología de muestreo. El muestreo requiere que la muestra se seleccione libre de sesgo (es decir, la muestra es representativa de la población de la cual se ha extraído). Si no se hace esto, dará como resultado una estimación pobre de las características de la población. En el caso de muestreo de aceptación, las muestras no representativas pueden dar como resultado el rechazo innecesario de lotes de calidad aceptable, o la aceptación indebida de lotes de calidad inaceptable. Aún con muestras libres de sesgo, la información derivada de muestras está sujeta a un cierto grado de error. La magnitud de este error puede reducirse al tomar un tamaño de muestra mayor, pero no puede eliminarse. Dependiendo de la cuestión específica y del contexto del muestreo, el tamaño de muestra requerido para alcanzar el nivel de confianza y la precisión deseados puede ser demasiado grande para tener valor práctico.

3.4.9 Simulación.

“Simulación” es un término colectivo para procedimientos mediante el cual un sistema (teórico o empírico) se representa matemáticamente por un programa de computación para la solución de un problema. Si la representación involucra conceptos de teoría de probabilidades, particularmente variables aleatorias, la simulación puede llamarse “método de Monte Carlo”.

En el contexto de la ciencia teórica se utiliza la simulación si no se conoce ninguna teoría global para resolver un problema (o, si se conoce, es imposible o difícil de resolver) y donde la solución se puede obtener a través de una solución computacional elemental. En el contexto empírico, la simulación se utiliza si el sistema puede describirse de manera adecuada por un programa de computación. La simulación también es una herramienta útil en la enseñanza de la estadística. La evolución hacia una capacidad de computación relativamente económica está dando como resultado el incremento de la aplicación de la simulación a problemas que hasta ahora no se habían resuelto.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que en las ciencias teóricas se utiliza la simulación (particularmente el método de Monte Carlo) si los cálculos explícitos de las soluciones a los problemas son imposibles o demasiado engorrosos de llevar a cabo directamente

(por ejemplo, integración n-dimensional). De igual manera, en el contexto empírico se utiliza la simulación cuando las investigaciones empíricas son imposibles o muy costosas. El beneficio de la simulación es que permite alcanzar una solución ahorrando tiempo y dinero, o que ésta permite una solución a todo. La utilización de la simulación en la enseñanza de la estadística es que permite ilustrar la variación aleatoria de una manera eficaz. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que En las ciencias teóricas se prefieren las demostraciones basadas en el razonamiento conceptual por encima de la simulación, ya que la simulación frecuentemente no proporciona ayuda al entendimiento de las razones del resultado. La simulación por computación de modelos empíricos está sujeta a la limitación de que el modelo puede no ser el adecuado (es decir, puede no representar suficientemente el problema). Por lo tanto, la simulación no puede ser considerada un sustituto para las investigaciones y la experimentación empíricas reales.

3.4.10 Gráficos de Control Estadístico de Proceso (CEP).

Un gráfico CEP o “gráfico de control” es un gráfico de datos derivados de muestras que se extraen periódicamente de un proceso y se grafican en la secuencia. Además, el gráfico CEP se distingue por los “límites de control” que describen la variabilidad inherente del proceso cuando éste es estable. La función de un gráfico de control es ayudar a evaluar la estabilidad del proceso, y esto se consigue examinando los datos graficados en relación con los límites de control. Se puede graficar cualquier variable (datos que resultan de la medición) o atributo (datos contados) que represente una característica de interés de un producto o proceso. En el caso de datos variables, normalmente se utiliza un gráfico de control para hacer el seguimiento de los cambios en el centro del proceso y se utiliza un gráfico de control diferente para hacer el seguimiento de los cambios en la variabilidad del proceso.

Para datos de atributos, generalmente se mantienen gráficos de control del número o proporción de unidades no conformes o del número de no conformidades encontradas en las muestras extraídas del proceso. La forma convencional del gráfico de control para datos variables es el llamado gráfico "Shewhart". Existen otras formas de gráficos de control, cada una con propiedades que son adecuadas para su aplicación en circunstancias especiales. Ejemplos de estos incluyen los "gráficos cusum", que permiten incrementar la sensibilidad a pequeños cambios en el proceso, y el "gráfico de promedios móviles" (simple o ponderado) que sirve para suavizar las variaciones puntuales para mostrar tendencias persistentes en el tiempo.

Entre alguno de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que además de presentar los datos en una forma visible para el usuario, los gráficos de control facilitan la respuesta apropiada a la variación del proceso, ayudando al usuario a distinguir la variación aleatoria que es inherente a un proceso estable, de la variación que puede ser debida a “causas asignables” (es decir, para la

cual puede asignarse una causa específica), cuya detección y corrección oportuna puede ayudar a mejorar el proceso. A continuación se dan ejemplos del papel y valor de los gráficos de control en actividades relacionadas con el proceso.

- Control de proceso: los gráficos de control de variables se utilizan para detectar cambios en el centro del proceso o en la variabilidad del proceso y para activar la acción correctiva, y de esta manera mantener o restaurar la estabilidad del proceso.
- Análisis de la capacidad de proceso: si el proceso está en un estado estable, los datos del gráfico de control pueden utilizarse seguidamente para estimar la capacidad del proceso.
- Análisis del sistema de medición: incorporando los límites de control que reflejan la variabilidad inherente al sistema de medición, un gráfico de control puede mostrar si el sistema de medición es capaz de detectar la variabilidad del proceso o producto de interés. Los gráficos de control también pueden utilizarse para hacer seguimiento al propio proceso de medición.
- Análisis de causa y efecto: una correlación entre eventos en el proceso y patrones en el gráfico de control puede ayudar a inferir las causas asignables subyacentes y para planificar una acción eficaz.
- Mejora continua: los gráficos de control se utilizan para hacer seguimiento a la variación del proceso, y ayudan a identificar y dirigir la causa o causas de la variación. Son especialmente eficaces cuando se utilizan como parte de un programa sistemático de mejora continua dentro de una organización.

Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que es importante que se tomen las muestras de un proceso de la manera que mejor revele la variación de interés, y a dicha muestra se le llama “subgrupo racional”. Esto es esencial para la utilización y la interpretación eficaz de gráficos CEP, y para entender las fuentes de variación del proceso. Los procesos de periodo corto presentan especiales dificultades, puesto que raramente se presentan suficientes datos para establecer los límites de control apropiados. Siempre existe un riesgo de “falsas alarmas” al interpretar los gráficos de control (es decir, el riesgo de concluir que ha ocurrido un cambio cuando este no es el caso). También existe el riesgo de fallar en detectar un cambio que sí ha ocurrido. Estos riesgos pueden ser mitigados, pero nunca eliminados.

3.4.11 Fijación de tolerancias estadísticas.

La fijación de tolerancias estadísticas es un procedimiento basado en ciertos principios estadísticos, utilizados para establecer tolerancias. Hace uso de las distribuciones estadísticas de

las dimensiones pertinentes de componentes para determinar la tolerancia global de la unidad ensamblada.

Al ensamblar múltiples componentes individuales para dar un módulo, el factor o requisito crítico en términos del ensamblaje e intercambiabilidad de tales módulos, frecuentemente no son las dimensiones de los componentes individuales, sino la dimensión total lograda como resultado del ensamblaje. Únicamente se producen valores extremos de la dimensión total (es decir, valores muy grandes o muy pequeños) cuando las dimensiones de todos los componentes individuales se encuentran en el extremo superior o inferior de sus rangos de tolerancia individuales pertinentes. Dentro del marco de una cadena de tolerancias, si las tolerancias individuales se suman en una tolerancia total de dimensión, entonces a esto se lo conoce como la tolerancia aritmética global. Para la determinación estadística de las tolerancias globales se asume que, en los ensamblajes que involucran un gran número de componentes individuales, las dimensiones de un extremo del rango de tolerancias individuales se compensarán con dimensiones del otro extremo de los rangos de tolerancia. Por ejemplo, una dimensión individual que se encuentra en el extremo inferior de su tolerancia puede ser compensada con otra dimensión (o combinación de dimensiones) en el extremo superior del rango de tolerancia. Por razones estadísticas, la dimensión total tendrá una distribución aproximadamente normal bajo ciertas circunstancias, independientemente de la distribución que tengan las dimensiones individuales; esto permite estimar el rango de tolerancias de la dimensión total del módulo ensamblado. Visto de otra manera, esto permite determinar el rango de tolerancias permisibles en los componentes individuales.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que dado un conjunto de tolerancias individuales (que no necesitan ser iguales), el cálculo de la tolerancia global estadística dará una tolerancia dimensional global que normalmente será significativamente menor que la tolerancia dimensional global calculada aritméticamente. Esto significa que, dada una tolerancia dimensional global, la fijación de tolerancias estadísticas permitirá el uso de tolerancias más amplias para las dimensiones individuales que aquéllas determinadas por un cálculo aritmético. Esto puede ser de gran beneficio en términos prácticos, ya que tolerancias más amplias se asocian con métodos de producción más sencillos y económicos. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que la fijación de tolerancias estadísticas exige establecer primero qué proporción de módulos ensamblados podrían estar, de manera aceptable, fuera del rango de tolerancia de la dimensión total. Se tienen que cumplir los siguientes requisitos previos para que la fijación de tolerancias estadísticas sea viable (sin necesidad de métodos avanzados):

- Las dimensiones reales individuales pueden ser consideradas como variables aleatorias no correlacionadas;
- La cadena dimensional es lineal;

- La cadena dimensional tiene al menos cuatro unidades;
- Las tolerancias individuales son del mismo orden de magnitud;
- Las distribuciones de las dimensiones individuales de la cadena dimensional son conocidas.

Es obvio que algunos de estos requisitos sólo pueden cumplirse si la manufactura de los componentes individuales en cuestión puede ser controlada y seguida de manera continua. En el caso de un producto aún en desarrollo, la aplicación de la fijación de tolerancias estadísticas debería guiarse por la experiencia y conocimientos de ingeniería.

3.4.12 Análisis de series de tiempo.

El análisis de series de tiempo es una familia de métodos para estudiar una colección de observaciones hechas secuencialmente en el tiempo. El análisis de series de tiempo se utiliza aquí para referirse a las técnicas analíticas en aplicaciones tales como:

- La búsqueda de patrones de “retraso” mediante el análisis estadístico de como se correlaciona una observación con la observación inmediatamente anterior, y repitiendo esto para cada período de separación sucesivo,
- La búsqueda de patrones cíclicos o estacionales, para entender cómo factores causales en el pasado podrían influir repetidamente en el futuro,
- La utilización de herramientas estadísticas para predecir observaciones futuras o para entender cuales factores causales han contribuido más a las variaciones en una serie de tiempo. Mientras las técnicas empleadas en el análisis de series de tiempo pueden incluir "gráficos de tendencias" simples, en este informe técnico tales gráficos elementales se enumeran entre los métodos gráficos simples citados en la "Estadística descriptiva".

El análisis de series de tiempo se utiliza para describir patrones en los datos de series de tiempo, para identificar valores “atípicos” (es decir, valores extremos cuya validez debería ser investigada), bien para ayudar a entender los patrones o para hacer ajustes, y para detectar los puntos decisivos en una tendencia. Otro uso que se le da es para explicar los patrones en una serie temporal con los de otra serie temporal, con todos los objetivos inherentes en el análisis de regresión. El análisis de series de tiempo se utiliza para predecir valores futuros en una serie temporal, habitualmente con algunos límites superiores e inferiores, conocidos como el intervalo de predicción. Se utiliza ampliamente en el área de control y frecuentemente se aplica en procesos automatizados. En ese caso, se ajusta un modelo de probabilidad al historial de la serie de tiempo, se predicen los valores futuros y luego se ajustan parámetros del proceso específicos para mantener el proceso de acuerdo a lo previsto, con tan poca variación como sea posible.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que los métodos de análisis de series de tiempo son útiles en la planificación, en la ingeniería de control, en la identificación de un cambio en un proceso, en la generación de pronósticos y en la medición del efecto que pueda tener una intervención o acción externa. El análisis de series de tiempo también es útil para comparar el desempeño proyectado para un proceso, con los valores pronosticados en la serie de tiempo si hubiera que hacer algún cambio específico.

Los métodos de series de tiempo pueden proveer información en cuanto a posibles patrones de causa y efecto. Existen métodos para separar las causas sistemáticas (o asignables) de las causas aleatorias, y también para descomponer patrones de una serie de tiempo en sus componentes cíclicos, estacionales y tendenciales. El análisis de series de tiempo frecuentemente es útil para entender cómo se comportará un proceso bajo unas condiciones específicas, y determinar qué ajustes podrían (o no) influenciar el proceso en la dirección de algún valor objetivo, o qué ajustes podrían reducir la variabilidad del proceso. Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que las mismas limitaciones y precauciones citadas para el análisis de regresión son también validas para el análisis de series de tiempo. Al realizar modelos de un proceso para entender las causas y sus efectos, se necesita gran habilidad para seleccionar el modelo más apropiado y para utilizar las herramientas de diagnóstico para mejorarlo.

La inclusión u omisión de una única observación o un pequeño conjunto de observaciones en el análisis, puede tener una influencia significativa en el modelo. Por tanto se deberían comprender y distinguir las observaciones influyentes de los valores “atípicos” en los datos.

Las diferentes técnicas para la estimación de series de tiempo pueden tener diferentes grados de éxito, dependiendo de los patrones de las series de tiempo y el número de períodos para los que se quiere pronosticar, en relación al número de períodos para los que se dispone de datos de series de tiempo. La selección de un modelo debería tener en cuenta el objetivo del análisis, la naturaleza de los datos, el costo relativo y las propiedades analíticas y predictivas de los diferentes modelos.

Capítulo IV. Modelo de instrumentación.

4.1 Generalidades.

El propósito principal de este capítulo es proporcionar una orientación para la selección de un sistema, esquema o plan para la correcta selección de la(s) técnica(s) estadísticas de acuerdo a las características de producción y características de calidad determinadas durante el proceso.

La selección del sistema, esquema o plan depende de varias condiciones y de las circunstancias que prevalecen. En cualquier situación de suministro.

Para ello se proporciona el modelo de implementación, véase Figura 8.

4.2 Identificación de procesos continuos.

Aun cuando todos los sistemas de producción difieren en algo, existen dos tipos básicos de sistemas de producción. Uno de ellos está basado en la producción intermitente, y el otro en la producción continua. Ejemplos de producción continua serían las refinerías de petróleo, las plantas de productos químicos, las plantas para papel y cartón, y las industrias de producción en masa, tales como las que producen automóviles y artículos para el hogar.

El sistema de producción continua es el empleado por las empresas que producen un determinado producto, sin cambios, por un largo período. El ritmo de producción es acelerado y las operaciones se ejecutan sin interrupción. Como el producto es el mismo, el proceso de producción no sufre cambios seguidos y puede ser perfeccionado continuamente.

Este tipo de producción es aquel donde el contenido de trabajo del producto aumenta en forma continua. Es aquella donde el procesamiento de material es continuo y progresivo.

El tiempo requerido para la producción generalmente es menor en los sistemas de producción continua que en los sistemas de producción intermitente. Como un sistema de producción continua está basado en uno o en algunos productos estándar que se fabrican en una secuencia predeterminada de operaciones. Como se fabrican varios productos el sistema de producción continua utiliza equipo para propósitos especiales.

Entonces la operación continua significa que al terminar el trabajo determinado en cada operación, la unidad se pasa a la siguiente etapa de trabajo sin esperar todo el trabajo en el lote. Para que el trabajo fluya libremente los tiempos de cada operación deberán de ser de igual longitud y no debe aparecer movimiento hacia fuera de la línea de producción. Por lo tanto la inspección deberá realizarse dentro de la línea de producción de proceso, no debiendo tomar un tiempo mayor que el de operación de la unidad. Además como el sistema está balanceado cualquier falla afecta no solo a la etapa donde ocurre, sino también a las demás etapas de la línea de producción. Bajo esas circunstancias la línea se debe considerar en conjunto como una entidad aislada y no permitiéndose su descompostura en ningún punto.

4.2.1 Análisis del proceso de producción.

El análisis debería realizarse para determinar la estabilidad del proceso de producción, la exactitud en la producción y en los equipos de medición, la calidad de los productos producidos y los patrones de correlación entre los tipos y causas de no conformidades.

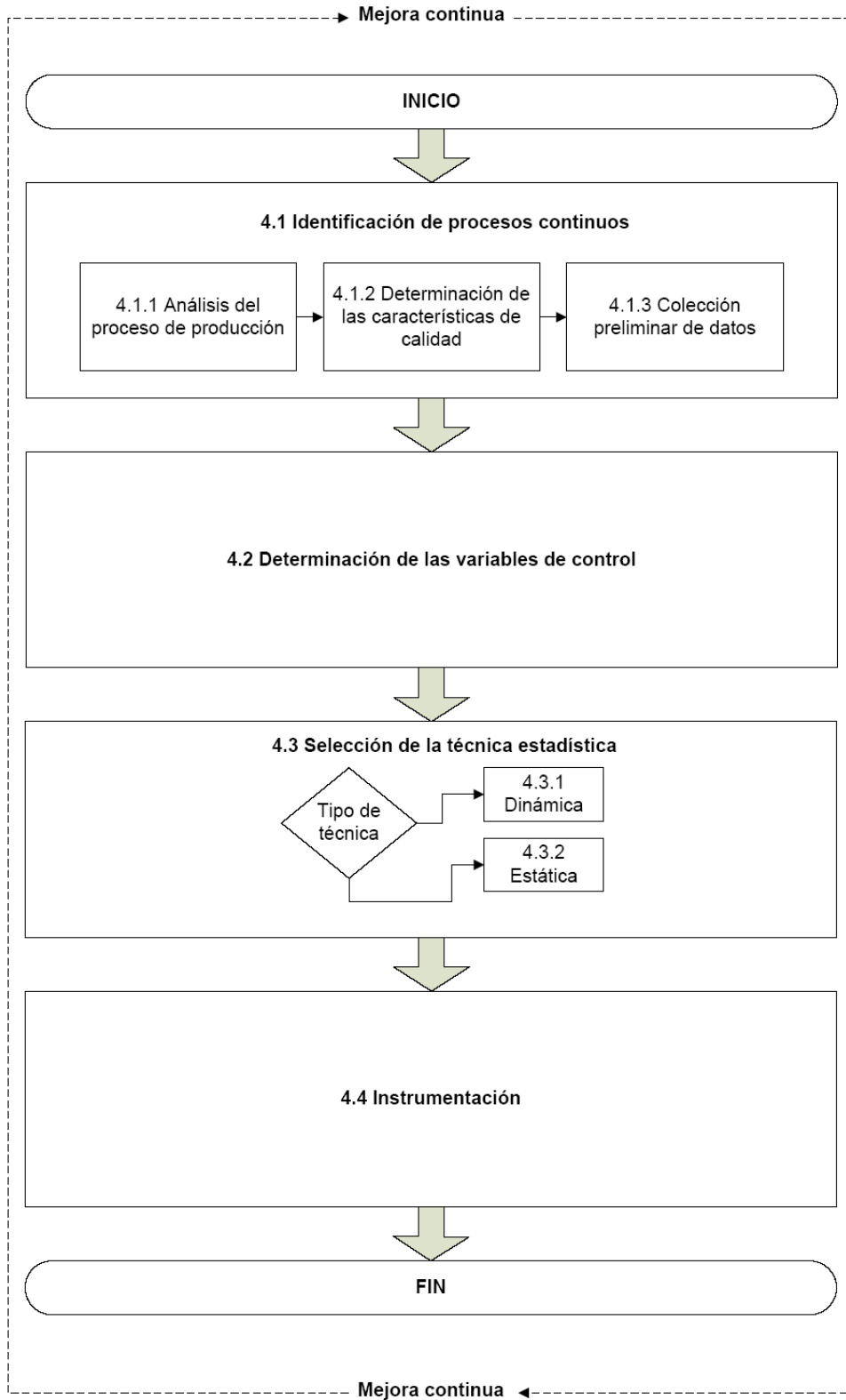


Figura 8 — Modelo de instrumentación genérico

Se requieren las condiciones de las operaciones de producción y la calidad del producto para hacer arreglos, si son necesarios, que ajusten el proceso de producción y los equipos; así como para delinear planes para el control estadístico del proceso de producción.

Esto ayudará a seleccionar con precisión el lugar más óptimo para establecer controles y para identificar rápidamente las irregularidades en el desempeño del proceso de producción que permitan una acción correctiva inmediata.

Debería hacerse un análisis detallado del proceso de producción para determinar:

- a) El tipo y la localización de las causas que pueden originar irregularidades;
- b) El efecto de la imposición de especificaciones;
- c) El método y la localización de la inspección;
- d) Todos los otros factores pertinentes que puedan afectar el proceso de producción.

Aunque la calidad del producto se va a establecer en función del comportamiento de sus características, no debemos olvidar que las técnicas estadísticas, son mucho más eficaces cuando el control se realiza, no sobre características del producto, sino sobre los propios factores del proceso.

Para llevar a cabo el análisis del proceso es necesario determinar lo siguiente:

- a) Los niveles óptimos de los factores del proceso;
- b) Los puntos de control de la calidad.

En la determinación de los niveles óptimos de los factores del proceso, el objetivo final es controlar los procesos a través de la identificación de un conjunto de valores establecidos para los parámetros del control del proceso. Estos valores son aquellos que proporcionan el valor objetivo de la característica de control y/o una disminución de la variación en el resultado del proceso.

Mediante el control de estos parámetros, es posible evitar la medición de las características clave en las piezas, reduciendo drásticamente el número de gráficos de control mantenidos para piezas individuales.

En primer lugar hay que decidir en que momento se van a realizar las mediciones a partir de las cuales se va estimar la variación.

La elección es muy simple: desde el primer momento en que sea posible. Hay dos motivos fundamentales; el primero es que, si existe algún problema, se pueda tomar medidas desde el primer momento y el segundo es que, si la variación es excesiva e inutiliza la pieza, el valor añadido a esta, y por lo tanto el despilfarro, sean mínimos. Además, si es posible, se elegirá un punto de inspección tal que permita la recogida de datos.

Es útil en esta actividad tener en cuenta la experiencia anterior de piezas y procesos similares, así como la realización de diagramas de flujo de los procesos, para obtener una mejor visión del proceso.

4.2.2 Determinación de las Características de Calidad (CC).

El primer paso es la adquisición de datos respecto a las características de un producto determinado. Estos datos, que deben estar relacionados con el criterio de fabricación y con criterios de diseño, se recogen de toda la documentación disponible: planos, especificaciones de diseño y de fabricación, estadísticas de rechazo tanto internos como externos, reclamaciones en garantía, utilización del producto, etc.

Es necesario seleccionar las CC de un producto siendo estas aquellas que tienen un mayor interés, tanto desde el punto de vista de la utilización del producto, lo que se llama condiciones de diseño (actuaciones y tiempo de vida para el cliente externo), como del de fabricación (ajuste, alta probabilidad de ocurrencia de fallo y baja probabilidad de detección para el cliente interno). Todo esto para el programa de control.

Normalmente las características que afectan el desempeño del producto deberían ser objeto de una primera atención. Estos pueden ser aspectos del material usado, de componentes del producto; así como del producto final entregado al cliente. Los métodos estadísticos de control deberían primeramente introducirse en donde los gráficos de control asistan generando información de salida sobre el proceso de una manera temporal, de suerte que el proceso pueda corregirse y se genere un mejor producto. Las CC de un producto deberían seleccionarse de forma que tengan un efecto decisivo sobre la calidad del producto y asegurar la estabilidad del proceso

En algunos casos las CC pueden venir determinadas por el cliente, tanto en los criterios de diseño como de fabricación.

Cuando se trata de determinar las CC por un fabricante o por un subcontratista que quiere establecer las CC adicionales desde el punto de vista de su propia fabricación, se citan los métodos de determinación de las CC, los cuales para fin de esta obra no serán revisado de manera detallada.

Es usual considerar el CEP como un conjunto de herramientas de solución de problemas que pueden aplicarse en cualquier proceso. Las principales herramientas del CEP son:

- Diagramas de causa-efecto
- Planillas de inspección
- Gráficos de control
- Diagramas de flujo
- Histogramas
- Gráficos de pareto
- Diagramas de dispersion.

Si bien estas herramientas son parte importante del CEP, en realidad solo incluyen el aspecto técnico del tema. El CEP es una actitud (un deseo de todos los individuos en la organización para el mejoramiento continuo de la calidad y productividad por medio de la reducción sistemática de la variabilidad). El diagrama de control o gráfico de control es la más poderosa herramienta del CEP.

Por lo general, existen algunas características que son críticas para establecer la calidad del producto. Normalmente se realizan mediciones de estas características y se obtienen datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado.

Un **diagrama de causa-efecto**, sirve para que la gente conozca en profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los Efectos y sus Causas. Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad. Y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual. (véase Figura 9)

Los datos que se obtienen al medir una característica de calidad pueden recolectarse utilizando **planillas de inspección**. Las planillas de inspección sirven para anotar los resultados a medida que se obtienen y al mismo tiempo observar cual es la tendencia central y la dispersión de los mismos. Es decir, no es necesario esperar a recoger todos los datos para disponer de información estadística. (véase Figura 10)

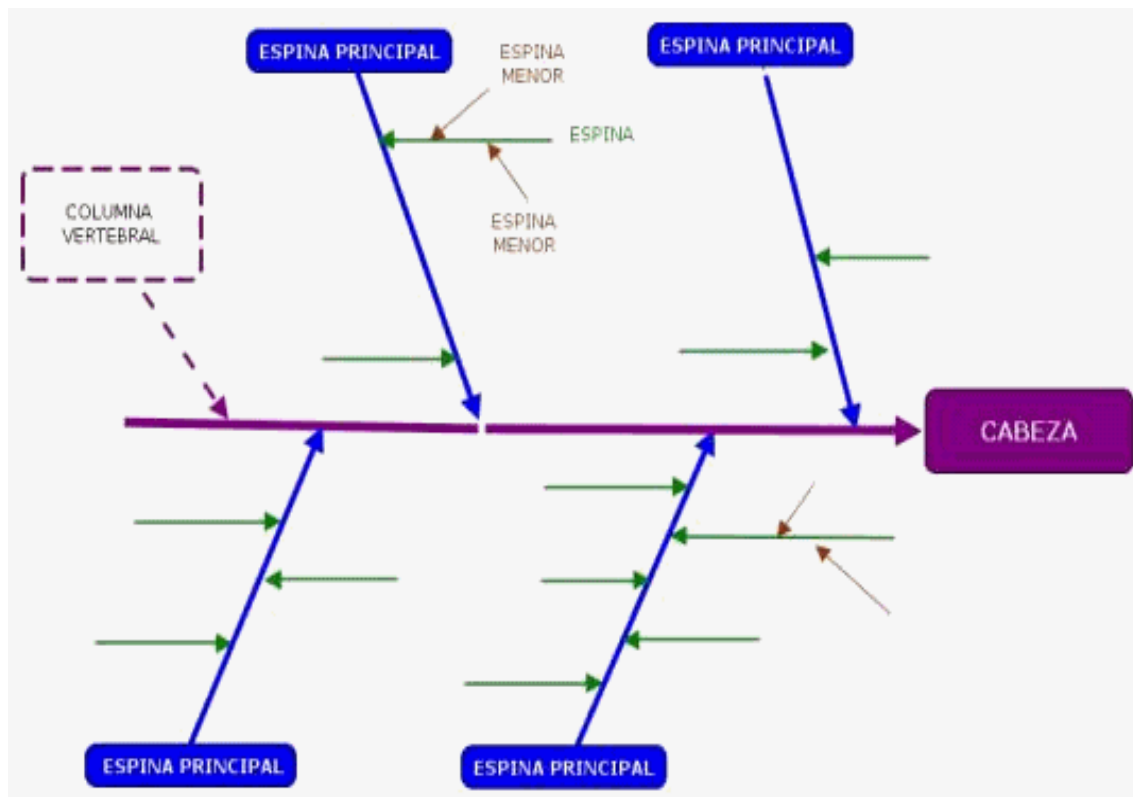


Figura 9 — Diagrama causa-efecto

Un **gráfico de control** es una carta o diagrama especialmente preparado donde se van anotando los valores sucesivos de la CC que se está controlando. Los datos se registran durante el funcionamiento del proceso de fabricación y a medida que se obtienen.

El gráfico de control tiene una Línea Central (LC) que representa el promedio histórico de la característica que se está controlando y Límites de Control Superior (LCS) e Inferior (LCI) que también se calculan con datos históricos.(véase Figura 11)

El **diagrama de flujo** es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. Esta representación se efectúa a través de formas y símbolos gráficos. (véase Figura 12)

Un **histograma** es un gráfico o diagrama que muestra el número de veces que se repiten cada uno de los resultados cuando se realizan mediciones sucesivas. Esto permite ver alrededor de que valor se agrupan las mediciones (Tendencia central) y cual es la dispersión alrededor de ese valor central. (véase Figura 13)

Los **diagramas de dispersión** o gráficos de correlación permiten estudiar la relación entre 2 variables. Dadas 2 variables x e y , se dice que existe una correlación entre ambas si cada vez que aumenta el valor de x aumenta proporcionalmente el valor de y (Correlación positiva) o si

cada vez que aumenta el valor de x disminuye en igual proporción el valor de y (Correlación negativa)

En un gráfico de correlación representamos cada par x, y como un punto donde se cortan las coordenadas de x e y . (véase Figura 14)

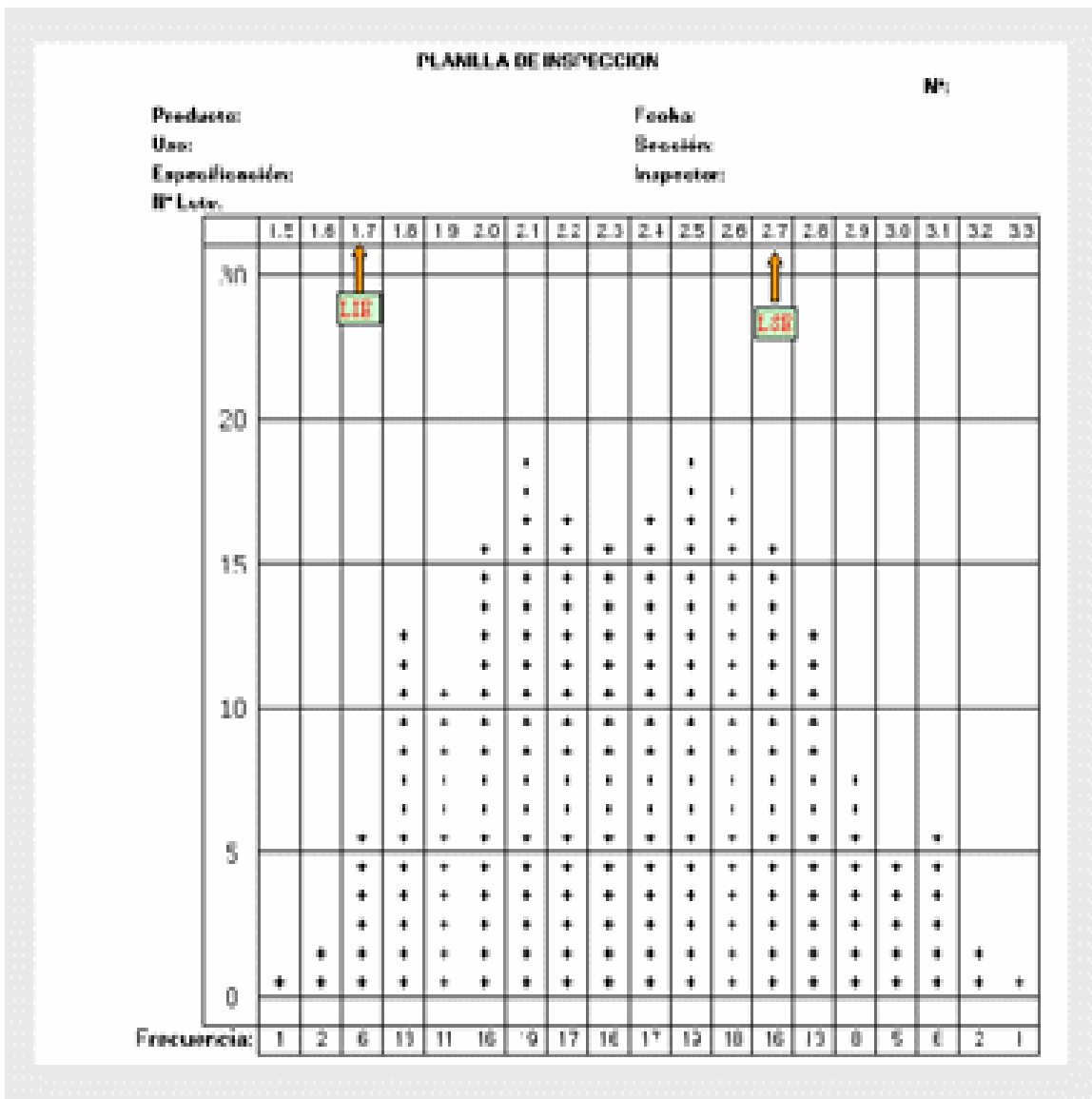


Figura 10 — Planilla de inspección

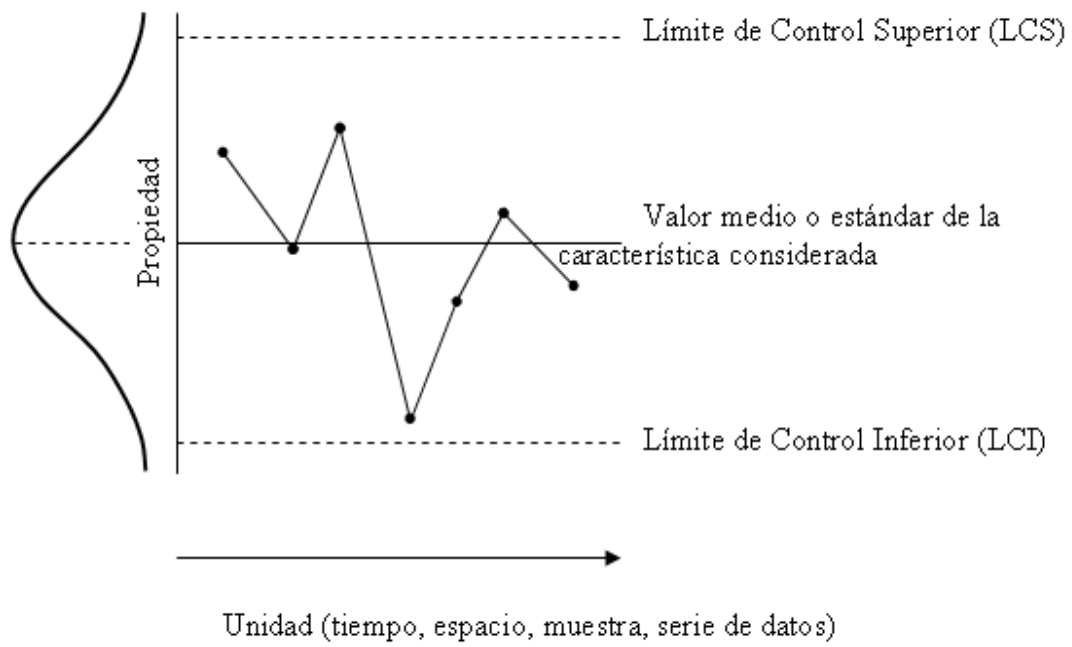


Figura 11 — Grafico de Control

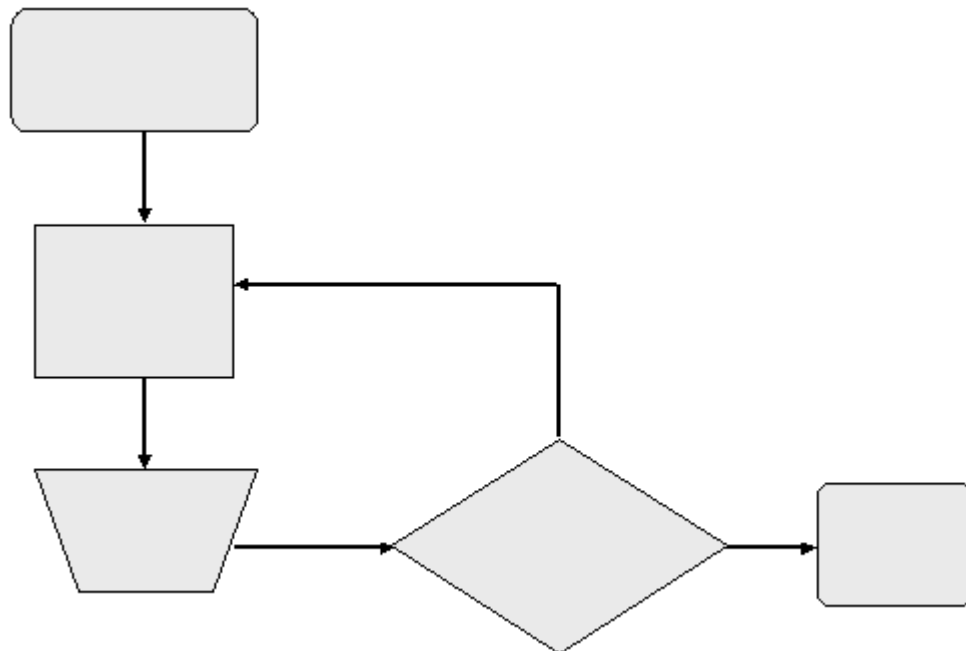


Figura 12 — Diagrama de flujo

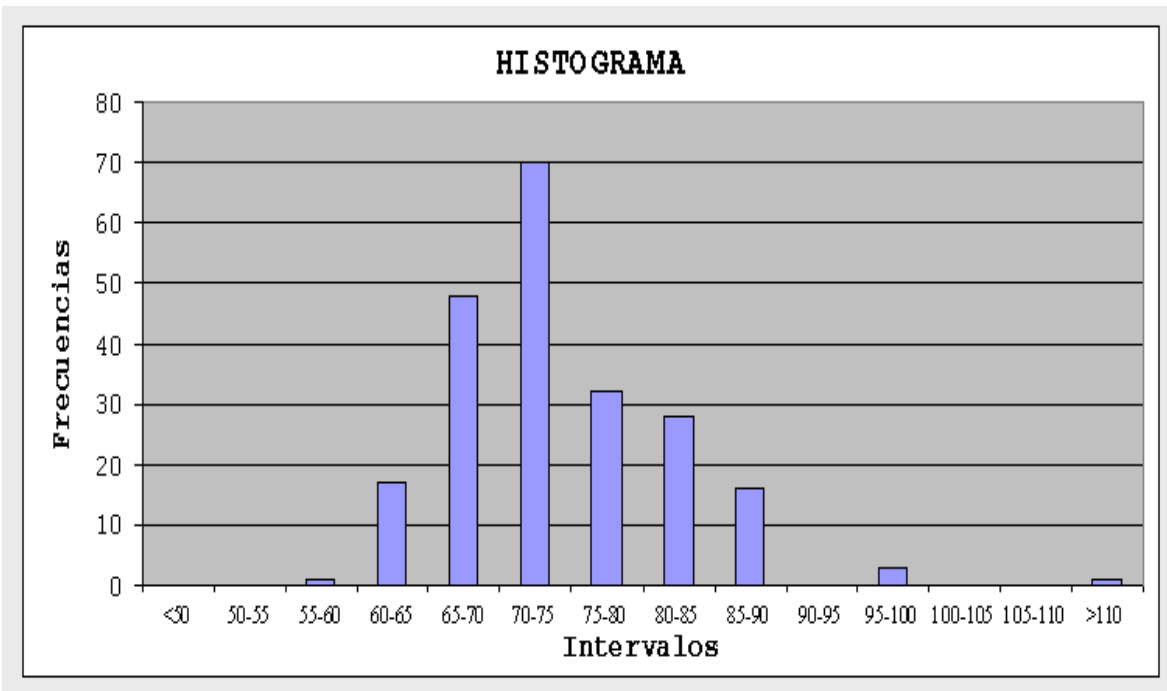


Figura 13 — Histograma

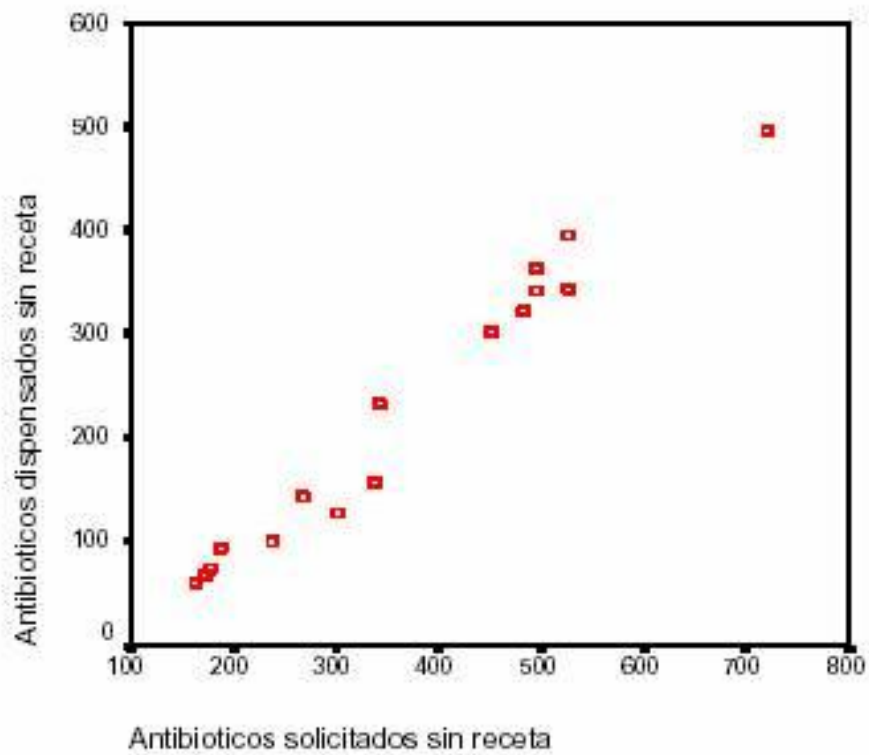


Figura 14 — Diagrama Dispersión

4.2.3 Colección preliminar de datos.

Definimos la colección de datos como el proceso mediante el cual el sujeto, a través de la observación sistemática, y apoyado de varios instrumentos, registra de manera selectiva y codificada los indicadores del estado de las variables. Esta colección depende de algún conocimiento técnico, de la familiaridad con las condiciones de producción y de las condiciones bajo las cuales se obtuvieron los datos.

Puede ser una ventaja que mediante la identificación de cada subgrupo con un tiempo o un origen, las causas específicas de un problema pueden rastrearse y corregirse más fácilmente. La inspección y los registros de los ensayos clasificados en el orden en el que las observaciones se tomaron, proveen una base para formar subgrupos con respecto al tiempo. Comúnmente esto es útil en la manufactura para la que es importante mantener constante el sistema de producción en función del tiempo.

Siempre debería recordarse que se facilitará mucho el análisis si, cuando se planea la colección de datos, se tiene cuidado para seleccionar las muestras de tal manera que los datos de cada subgrupo puedan tratarse adecuadamente como un subgrupo racional y que esos subgrupos se identifiquen de forma que esto sea posible.

La frecuencia puede depender del costo de tomar y analizar las muestras y el tamaño de los subgrupos puede depender de consideraciones prácticas.

Entendemos por tamaño muestral el número de observaciones necesarias para representar cada punto en una técnica estadística.

Entendemos por frecuencia muestral los intervalos de tiempo en los que se van a recoger las observaciones.

Para establecer el intervalo idóneo, se debe estudiar cada proceso teniendo en cuenta la experiencia con procesos similares. Los puntos básicos a tener en cuenta son:

- No establecer tomas de muestra en periodos que la experiencia nos garantice continuidad del proceso.
- Establecer tomas de muestra siempre que exista posibilidad de actuación de una causa especial;
- Cambio de turno.
- Relevo de operario.

- Cambio de materia prima.
- Cambio de herramienta.
- Parada y arranque de la instalación.

Debe tenerse cuidado de que, durante el curso de esta colección inicial de datos, el proceso no este indebidamente influenciado intermitentemente por factores externos; tales como cambios en la alimentación de materia prima, en las operaciones, en los parámetros de operación de las máquinas, etc. En otras palabras, el proceso debería exhibir un estado de estabilidad durante el periodo en el que se colectan los datos preliminares.

4.3 Determinación de las variables de control.

Se entiende por variación los cambios acaecidos en el valor de la característica medida, siendo esta característica la respuesta de un proceso determinado. El control de la calidad mediante el termino variable se designa a cualquier característica de calidad “medible” tal como una longitud, un voltaje, un peso, una resistencia a la rotura, un volumen, etcétera, mediante que se denomina atributo a las características de la calidad que no son medibles y que presentan diferentes estados (normalmente dos) tales como conforme y no conforme o defectuoso y no defectuoso.

El control bajo técnicas estadísticas reconoce dos tipos de variabilidad. El primer tipo es la variabilidad aleatoria debida a “causas de suerte” (conocidas también como “causas comunes”). Esto es debido a la amplia variedad de causas que están presentes y no fácilmente identificables, cada una de los cuales constituye un componente muy pequeño del total de la variabilidad pero ninguna contribuye con una cantidad significativa. Sin embargo, la suma de las contribuciones de todas estas causas aleatorias no identificables es medible y se asume que es inherente al proceso. La eliminación o corrección de las causas comunes requiere una decisión de la dirección para destinar recursos para mejorar el proceso y el sistema.

El segundo tipo de variabilidad representa un cambio real en el proceso. Tal cambio puede ser atribuido a algunas causas identificables que no son parte inherente del proceso y que pueden, al menos teóricamente, eliminarse. Éstas causas identificables se les refiere como “causas asignables” o “causas especiales” de variación. Pueden ser atribuibles a la falta de uniformidad en el material, una herramienta descompuesta, mano de obra, procedimientos o al desempeño irregular de manufactura o equipo de ensayo.

Las técnicas estadísticas ayudan en la detección de patrones no naturales de variación en los datos que resultan de los procesos repetitivos y proporcionan un criterio para la detección de la falta de control estadístico. Un proceso está en control estadístico cuando la variabilidad resulta

solo de causas aleatorias. Una vez que este nivel de variación se determina, cualquier desviación de ese nivel se asume que es resultado de causas asignables que deben ser identificadas y eliminadas o reducidas.

Los datos de variables representan observaciones obtenidas por medio de la medición y registro de la magnitud numérica de una característica para cada una de las unidades en el subgrupo bajo consideración. Ejemplos de mediciones de variables son la longitud en metros, la resistencia en ohms, ruido en decibeles, etc.

Las técnicas estadísticas de control por variables son particularmente útiles por algunas razones:

- a) La mayoría de los procesos y sus salidas tienen características que son medibles, por lo que el potencial de aplicación es amplio.
- b) Un valor de medición contiene más información que un simple "si-no o pasa-no pasa".
- c) El desempeño de un proceso puede analizarse sin tener en cuenta la especificación. La gráfica comienza con el proceso en si mismo y proporciona una imagen independiente de que puede hacer el proceso. Luego, el proceso puede o no compararse con la especificación.
- d) Aunque generalmente es más costoso obtener un conjunto de datos medidos que obtener un conjunto de datos pasa/no pasa, los tamaños del subgrupo para variables son casi siempre mucho más pequeños que aquellos para atributos, y por lo tanto son más eficientes. Esto ayuda a reducir el total del costo de inspección en algunos casos y a reducir el tiempo entre la producción de partes y la acción correctiva.

Las técnicas estadísticas por variables pueden describir los datos de procesos en términos tanto de dispersión (variabilidad pieza a pieza) como de localización (promedio del proceso).

En cambio los datos por atributos representan observaciones obtenidas al notar la presencia o ausencia de alguna característica (o atributo) en cada una de las unidades del subgrupo bajo consideración, después de contar cuantas unidades poseen o no los atributos o cuantos de esos eventos se presentan en la unidad, grupo o área. Los datos de atributos generalmente rápidos y poco costosos de obtener y a menudo no requieren habilidades de colección especializadas.

Existen fundamentalmente dos tipos de gráficos de control: gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos. Se utilizaran los gráficos de control por variables cuando las características a estudiar sean de tipo cuantitativo (intervalo o ratio), mientras que cuando las características a estudiar sean de tipo cualitativo (nominal u ordinal) se utilizaran los gráficos de control por atributos.

4.4 Selección de las técnicas estadísticas.

Ahora bien, dependiendo del tipo de datos (variables o atributos), del volumen de fabricación (series cortas o largas), del tipo de inspección (destrucciona o no, costosa o económica) se utilizan distintas técnicas estadísticas. Si la elección de la técnica estadística no es afortunada, el análisis y las conclusiones extraídas del mismo serán erróneas.

Para poder facilitar la correcta selección de la técnica estadística en este trabajo como aportación se muestra una de las varias formas existentes de clasificar los estudios estadísticos, en este caso hablaremos de la clasificación según el tiempo considerado.

En esta sección clasificaremos cada una de las técnicas estadísticas descritas en el Capítulo III en técnicas estáticas y técnicas dinámicas, para lo cual se presenta la Figura 15.

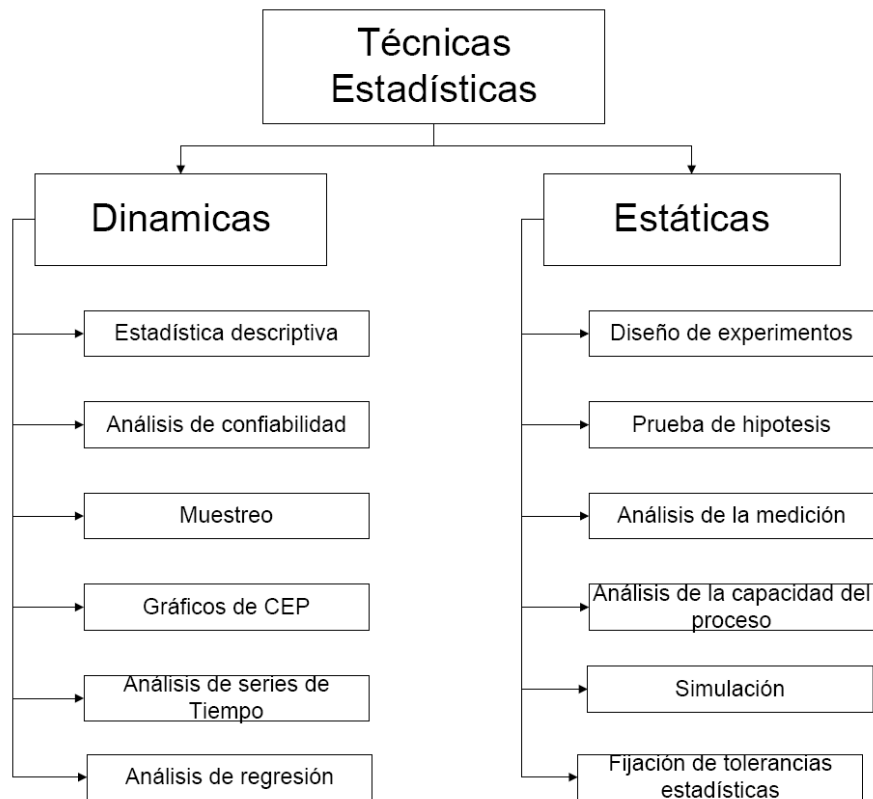


Figura 15 — Clasificación de técnicas estadísticas

4.4.1 Dinámicas.

La estadística dinámica o evolutiva, describe la evolución en el tiempo de un sistema en relación a las causas que provocan los cambios de (estado físico) y/o estado de movimiento. El objetivo de la

estadística dinámica es describir los factores capaces de producir alteraciones de un sistema físico, cuantificarlos y plantear ecuaciones de movimiento o ecuaciones de evolución para dicho sistema de operación.

Quedando dentro de las técnicas dinámicas las siguientes:

- Estadísticas descriptivas;
- Análisis de confiabilidad;
- Muestreo;
- Gráficos de control estadístico de procesos (CEP);
- Fijación de tolerancias estadísticas;
- Análisis de series de tiempo; y
- Análisis de regresión.

4.4.2 Estáticas.

Dentro de la estadística descriptiva se distingue la estadística estática o estructural, que describe la población en un momento dado en un estado en el que las posiciones relativas de los subsistemas no varían con el tiempo.

Quedando dentro de las técnicas dinámicas las siguientes:

- Diseño de experimentos;
- Prueba de hipótesis;
- Análisis de la medición;
- Análisis de la capacidad del proceso; y
- Simulación.

4.5 Instrumentación.

Dentro de la instrumentación se muestra la manera de utilizar cada una de las técnicas estadísticas dentro de un proceso, se muestran las técnicas estadísticas descritas en el Capítulo III apoyadas de la información contenida en la norma de referencia NMX-CC-10017-IMNC-2006.

En este modelo se muestra la forma de aplicar cada una de las técnicas estadísticas en un proceso general para poder identificar de manera más eficiente la parte donde aplican cada técnica, véase Figura 16.

Una vez identificado cada apartado de la norma ISO 9001 en el que se puede aplicar una técnica estadística como forma de plantación, control, así como, de evidencia dentro de un proceso común de transformación, a continuación se presenta una tabla que muestra de manera completa los apartados de la norma que están involucrados en cada insumo así como, fase del proceso, a su vez se muestra la recomendación de uso de cada técnica en una situación determinada, esto quiere decir que se selecciona una sola técnica estadística de entre varias posibles en cada fase del proceso, con el fin de poder mostrar una posible aplicación, véase Tabla 5.

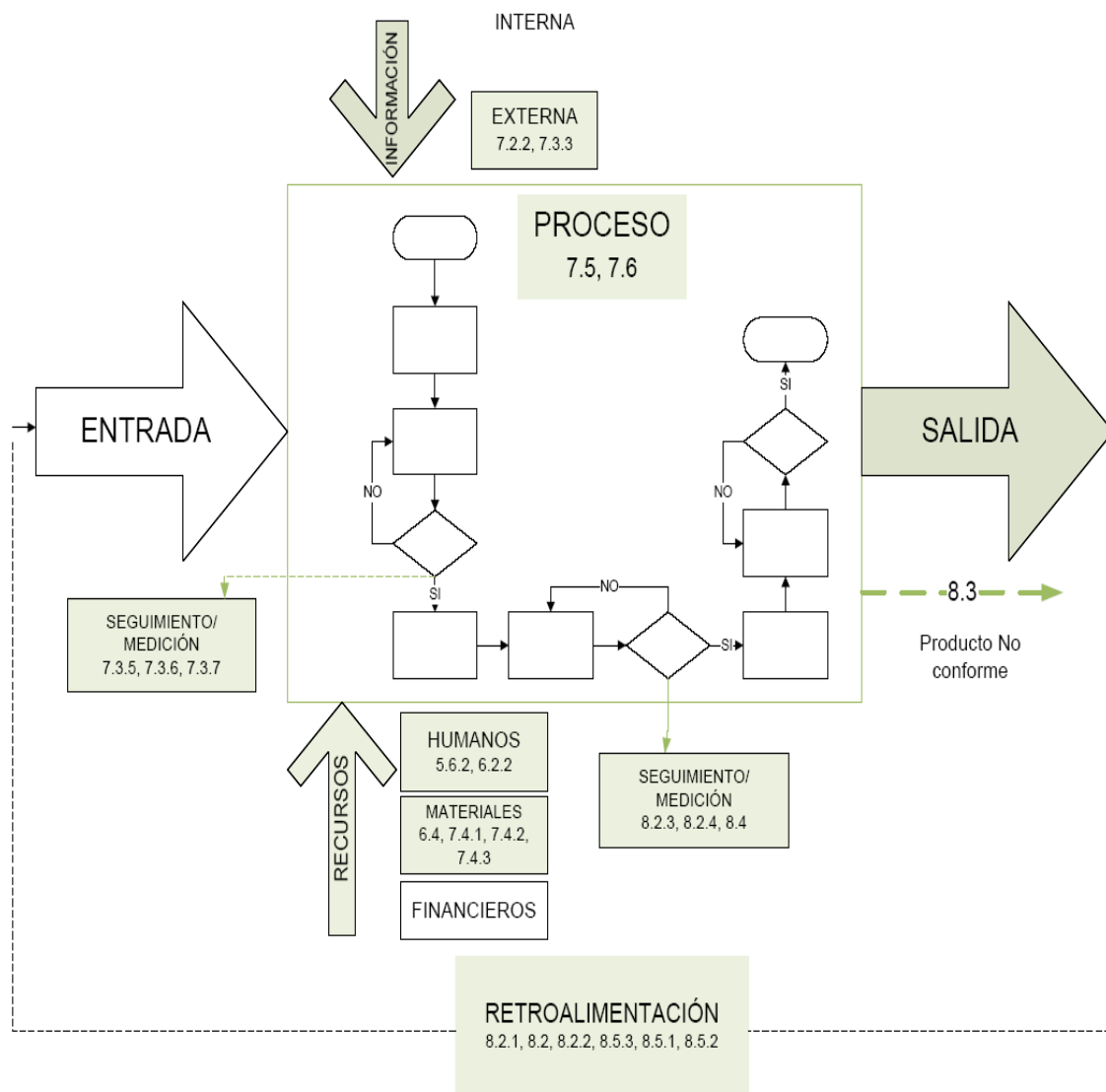


Figura 16 — Grafico de Instrumentación

Tabla 5 — Datos cuantitativos y técnicas estadística aplicables

Fase del proceso/insumos	Apartado de la norma ISO 9001	Técnicas estadísticas	Tipo de técnica
INFORMACIÓN EXTERNA	7.2.2 Revisión de los requisitos relacionados con el producto 7.3.3 Resultados del diseño y desarrollo	Estadística descriptiva a)	Dinámica
RECURSOS HUMANOS	5.6.2 Información para la revisión 6.2.2 c) evaluar la eficacia de las acciones tomadas	Gráficos de Control Estadístico de Procesos (CEP) b)	Dinámica
RECURSOS MATERIALES	6.4 Ambiente de trabajo 7.4 Compras 7.4.1 Proceso de compras 7.4.2 Proceso de control del proveedor 7.4.3 Verificación de los productos comprados	Muestreo c)	Estática
PROCESO	7.5 Producción y prestación del servicio 7.5.1 Control de la producción y de la prestación del servicio 7.5.2 Validación de los procesos de la producción y de la prestación del servicio 7.5.4 Propiedad del cliente 7.5.5 Preservación del producto 7.6 Control de los dispositivos de seguimiento y de medición	Diseño de experimentos y Prueba de hipótesis d)	Estática
MEDICION	7.3.5 Verificación del diseño y Desarrollo 7.3.6 Validación del diseño y desarrollo 7.3.7 Control de los cambios del diseño y desarrollo	Análisis de regresión e)	Dinámica

Tabla 6 — Datos cuantitativos y técnicas estadística aplicables (continuación)

Fase del proceso/insumos	Apartado de la norma ISO 9001	Técnicas estadísticas	Tipo de técnica
SALIDA Producto no conforme	8.3 Control del producto no conforme	Muestreo c)	Estática
RETROALIMENTACIÓN	8.2 Seguimiento y medición 8.2.1 Satisfacción del cliente 8.2.2 Auditoria interna 8.5 Mejora 8.5.1 Mejora continua 8.5.2 Acción correctiva 8.5.3 Acción preventiva	Estadística descriptiva a); análisis de la capacidad del proceso f) y gráficos de CEP b)	Dinámica, Estática y Dinámica
a) En este caso sería posible el realizar un grafico de dispersión que ayude a evaluar la relación entre dos variables ya sean los requisitos del cliente así como, del diseño y desarrollo, véase Anexos.			
b) La aplicación de un grafico de control mostraría la estabilidad del proceso o acción, véase Anexos.			
c) En este caso sería lo más recomendable contar con plan de muestreo para la evaluación de lo que se compra, que contenga un método como skip-lot o 100% inspección según las necesidades de la organización véase Anexos.			
d) Este método se utiliza para evaluar algunas características de un producto, proceso o sistema, con el propósito de validar contra una determinada especificación o para la evaluación comparativa de varios sistemas. Los hallazgos pueden ser utilizados para facilitar el diseño y el desarrollo de un producto o proceso, o para controlar o mejorar un sistema existente con el propósito de predicción o en la evaluación de la eficacia relativa de diferentes tipos de tratamiento, véase Anexos. La prueba de hipótesis esta mencionada explícita o implícitamente en muchas de las técnicas estadísticas, tal como el muestreo, gráficos CEP, diseño de experimentos, análisis de regresión y análisis de la medición.			
e) Este método es utilizado para realizar modelos de características de producción tales como rendimiento, producción, calidad del desempeño, tiempo de ciclo, la probabilidad de fallar una prueba o inspección, y los diferentes patrones de deficiencias en los procesos.			
f) El análisis de la capacidad del proceso puede expresarse convenientemente como un índice, que relaciona la variabilidad real del proceso con la tolerancia permitida por las especificaciones, véase Anexos.			

Capítulo V. Análisis de ventajas y desventajas de la aplicación de los métodos estadísticos.

5.1 Ventajas y desventajas cualitativas.

Es necesario identificar las ventajas y desventajas que esta propuesta acarrea entre ellas podemos citar como ventajas las siguientes:

- Proporciona una orientación para la selección de un sistema, esquema o plan para la correcta selección de la(s) técnica(s) estadísticas de acuerdo a las características de producción y características de calidad determinadas durante el proceso.
- Identifica las necesidades de información previa para la correcta selección y aplicación de las técnicas estadísticas.
- Facilita la aplicación de las técnicas estadísticas dentro de un proceso de producción continuo.
- Identifica el tipo de técnica a aplicar en cada etapa de un proceso de producción continuo.
- Identifica los distintos criterios de la norma ISO-9001, que pueden ser identificados, medidos, controlados y/o evaluados mediante las técnicas estadísticas.
- Se maneja las técnicas estadísticas de manera completa, precisa y útil.
- Permite se resuman los resultados de manera significativa y cómoda.
- En un contexto donde las observaciones desordenadas carecen casi de significado, ofrece medios para organizar el caos e imaginar un panorama completo a partir de los resultados aislados que se tienen.
- Permite deducir conclusiones generales y lo hace según las reglas aceptadas.
- Permite reunir datos de la mejor manera posible.
- Permite analizar datos y sacar conclusiones.

Y dentro de las desventajas encontradas están las siguientes:

- El uso de las técnicas estadísticas obliga a ser claros en los procedimientos y en el pensar.
- Demanda una formación suficiente, como mínimo debiendo incorporar:

Dominio del vocabulario estadístico y de sus símbolos, destreza para el cálculo, la comprensión de los conceptos llega muchas veces de su correcta cuantificación tras la resolución de complejas operaciones numéricas consecuentes con procesos previos de planificación y formulación.

- Capacidad para hacer hablar a los datos, para interpretar correctamente indicadores y medidas. Una lectura adecuada es fuente de sentido y de significación.
- Competencia para decidir donde ha de operar las técnicas estadísticas y donde no.

5.2 Ventajas y desventajas cuantitativas.

Es importante señalar las ventajas económicas, cuantitativas o bien financieras que nos proporciona este proyecto entre las cuales se encuentran las siguientes:

- Reducir la variación de los parámetros de producto final o de otra manera mejorar el desempeño del proceso.
- Incremente las buenas salidas del proceso para una cantidad determinada de recursos de entrada.
- Estimar los beneficios a otras partes de la organización (tales como diseño y desarrollo, mercadeo, producción, instalación y servicio) a partir de la retroalimentación e información.
- Cuantificar los beneficios para todas las partes de la organización de encontrar de manera más rápida en donde se localizan los problemas y un mayor potencial para la mejora del proceso o producto.
- Recopilar costos de producción tales como el costo del desecho, supervisión, inspección, retrabajo, reparación de equipo, tiempo muerto e interrupciones.

Como parte de las desventajas de este tipo podemos encontrar las siguientes:

- Los costos de la formación de los trabajadores que trabajaran directamente con las técnicas estadísticas.
- Los costos de la preparación de un plan e instrucciones para la recolección de datos y la información necesaria.
- Los costos de operación de nuevas técnicas.

5.3 Cuadro comparativo.

Ventajas	Desventajas
Cualitativas	
<p>Proporciona una orientación para la selección de un sistema, esquema o plan para la correcta selección de la(s) técnica(s) estadísticas de acuerdo a las características de producción y características de calidad determinadas durante el proceso.</p>	<p>El uso de las técnicas estadísticas obliga a ser claros en los procedimientos y en el pensar.</p>
<p>Facilita la aplicación de las técnicas estadísticas dentro de un proceso de producción continuo.</p>	<p>Demanda una formación suficiente.</p>
<p>Identifica los distintos criterios de la norma NMX-CC-9001-IMNC, que pueden ser identificados, medidos, controlados y/o evaluados mediante las técnicas estadísticas.</p>	<p>Demanda capacidad para hacer hablar a los datos.</p>
<p>Identifica el tipo de técnica a aplicar en cada etapa de un proceso de producción continuo.</p>	<p>Demanda competencia para decidir donde ha de operar las técnicas estadísticas y donde no.</p>
<p>Si bien es cierto podemos notar que existen mas ventajas que desventajas en este aspecto que seria importante analizar para romper los frenos que existen para la aplicación de estos modelos, planes o esquemas de control así como de medición que podrá robar tiempo y esfuerzo pero sin duda el resultado dirán mas que las palabras.</p>	
Cuantitativas	
<p>Reducir la variación de los parámetros de producto final o de otra manera mejorar el desempeño del proceso.</p>	<p>Los costos de la formación de los trabajadores que trabajaran directamente con las técnicas estadísticas.</p>
<p>Incremente las buenas salidas del proceso para una cantidad determinada de recursos de entrada.</p>	<p>Los costos de operación de nuevas técnicas.</p>
<p>Estimar los beneficios a otras partes de la organización (tales como diseño y desarrollo, mercadeo, producción, instalación y servicio) a partir de la retroalimentación e información</p>	<p>Los costos de la preparación de un plan e instrucciones para la recolección de datos y la información necesaria.</p>
<p>La desventajas cuantitativas son menos pero tratándose de costos se vuelven más significativos por ello es necesario realizar un plan que tenga en cuenta todos estos aspectos para poder incurrir en los menores costos posibles para hacer posible la aplicación de técnicas de control y mejora de la calidad.</p>	

Conclusiones.

Una vez analizadas las ventajas y desventajas del empleo de técnicas estadísticas y específicamente del modelo de instrumentación propuesto, se da a notar que existe más ventaja que desventaja para las PyME's para emplear medidas para primeramente controlar y así después mejorar su calidad y así poder entrar en el mercado de competencia que cada vez es mas extenso y a la vez reñido, donde solo entran aquellas organizaciones que demuestran la capacidad para dar cumplimientos a los requisitos del mercado y sobre todo del cliente llamándose el requisito mas importante "calidad", y ya que el control de calidad ha llegado a ser el primer punto de ataque en la mejora de los métodos, una retroalimentación que conduzca a las organizaciones hacia la mejora continua y la sobrevivencia mayor a tres años de cualquier PyME que es el tiempo de vida que se les augura por ser en la mayoría de los casos de carácter familiar, siendo los socios los que participan en la gestión directa de las empresas, y entre ellos se encuentra escasez de información no contando con algún certificado.

Es necesario el análisis de las técnicas estadísticas disponibles y que se adecuen a las características de cada proceso, así como conocer la importancia que tienen estas herramientas en el control y mejora de los procesos de producción, para ello en esta obra se muestran ejemplos sencillos de lo que podría ser la aplicación de algunos de ellos de manera que se entienda el objetivo de cada técnica, utilizando la metodología que esta obra presenta podrá familiarizarse con los procesos así como conocer las características y necesidades del mismo.

Si bien es cierto que la aplicación y control de los procesos mediante las técnicas estadísticas muestran dificultad para aquellos que nunca han tenido contacto con éstas, es trascendental poderse adentrarse poco a poco en este tema ya que se ha demostrado que el uso de las distintas técnicas o herramientas estadísticas traen consigo inmensidad de beneficios.

No resta más que mencionar que existen mas razones para conocer y aplicar las técnicas estadísticas que para no hacerlo, existiendo una gama infinita de éstas, como solución a muchos de los problemas a los que hoy se enfrentan las industrias.

Bibliografía.

- [1] Acheson J. Duncan, Control de Calidad y Estadística Industrial, año 2000, Ed Alfaomega
- [2] Gutiérrez Pulido, Humberto Control Estadístico de Calidad y Seis sigma, año 2007, MCGRAW HILL de México
- [3] Grant, Eugene I, Control Estadístico de Calidad, año 2006, Patria
- [4] NMX-CC-10017-IMNC-2006; Orientación sobre las técnicas estadísticas para la norma NMX-CC-9001-IMNC-2000
- [5] NMX-CH-11462-1-IMNC-2007; Directrices para la implementación del Control Estadístico de Procesos (CEP) – Parte 1: Elementos del CEP
- [6] NMX-CH-10576-1-IMNC-2007; Métodos estadísticos – Directrices para la evaluación de la conformidad contra requisitos especificados – Parte 1: Principios Generales
- [7] NMX-CH-5479-IMNC-2008; Interpretación estadística de datos – Pruebas para determinar la desviación de la distribución normal
- [8] NMX-CH-7870-1-IMNC-2008; Gráficas de control – Parte 1: Directrices generales
- [9] LAS PYMES EN MÉXICO Enrique Cerón Ferrer Berta Maribel Pimentel Pérez Jorge Barranco Bravo, revista científica electrónica de psicología
- [10] MICRO, PEQUEÑA, MEDIANA Y GRAN EMPRESA, estratificación de los establecimientos, Censo económico 2004 INEGI
- [11] http://www.cegesti.org/exitoempresarialpublicationspub282001_1_1.pdf
- [12] <http://mexico.smetoolkit.org/mexico/es/content/es/3647/Control-de-calidad->
- [13] <http://www.esmas.com/emprendedores/pymesint/pymechangarro/511152.html>
- [14] http://www.gob.mx/wb/egobierno/egob_programa_de_aseguramiento_de_calidad_para_pm
- [15] <http://www.biblioteca.uson.mx/digital/tesis/docs%5C17729%5CCapitulo3.pdf>
- [16] <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/50012.html>

Anexos

Ejemplo de un diagrama de dispersión

El diagrama de dispersión generalmente, está ligado a media de los puntos, lo cual nos indica como se distribuye la información, su ventaja radica en el hecho, de permitirnos obtener información independiente de si se lleva a cabo una distribución de clase de una población o muestra. Ayuda a evaluar la relación entre dos variables, representando gráficamente una variable sobre el eje x y el correspondiente valor de la otra sobre el eje y .

Ejemplo:

De un proceso de producción se tomaron 10 ordenes de trabajo como muestra del comportamiento del proceso, que esta constituido por un conjunto de actividades que permitirán transformar la materia prima en producto terminado, dicha muestra deberá utilizarse para evaluar, analizar y proponer las acciones de control del proceso.

DATOS:

Fallas detectadas durante el proceso

CODIGO	DESCRIPCIÓN
A	Falta de control del material de desperdicio
B	Desajuste de la maquinas
C	Perdida de las tarjetas de ruta
D	Capacitación del proceso
E	Orden y limpieza
F	Falta de atención del personal
G	Intercambio de las tarjetas de identificación del producto

Ocurrencia de fallas

No. Orden	A	B	C	D	E	F	G
1	10	9	3	0	1	2	3
2	8	7	0	1	0	0	0
3	22	23	5	0	1	0	0
4	5	4	0	0	0	1	0
5	35	34	0	0	0	2	0
6	6	5	0	0	0	2	3
7	4	3	2	1	0	0	0
8	12	12	0	0	0	1	0
9	6	4	0	0	0	1	0
10	12	12	0	0	0	4	3
TOTAL	120	113	10	2	2	13	9

Una vez analizada la información con las herramientas estadísticas correspondientes se toma la decisión de analizar las fallas A y B por ser las que representan el 80%, ahora se necesita saber si existe relación entre ellas para lo cual se pide se realice un diagrama de dispersión.

Diagrama de Dispersión

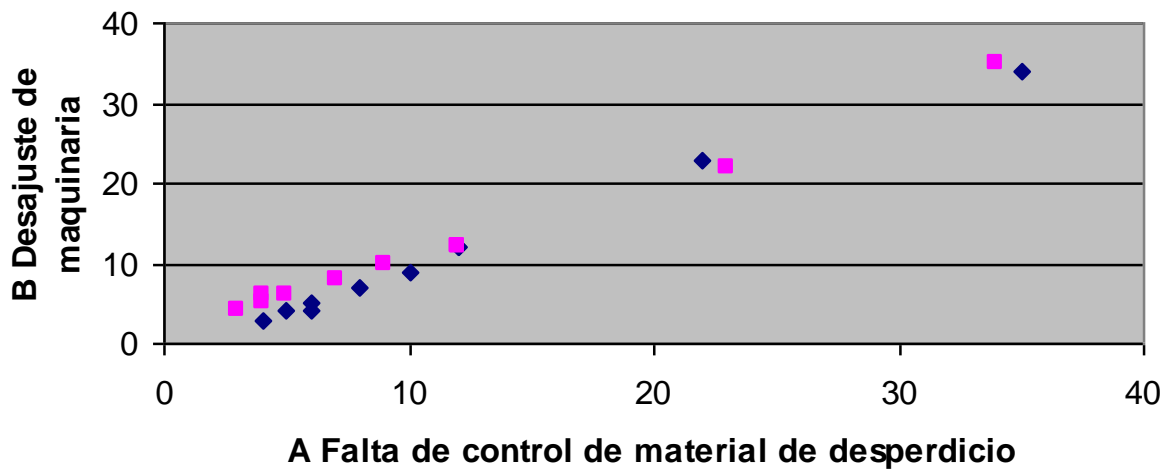


Figura A.1 — Ejemplo de diagrama de dispersión y su relación

Análisis de datos

	A	B	x²	y²	xy
	10	9	100	81	90
	8	7	64	49	56
	22	23	484	529	506
	5	4	25	16	20
	35	34	1225	1156	1190
	6	5	36	25	30
	4	3	16	9	12
	12	12	144	144	144
	6	4	36	16	24
	12	12	144	144	144
TOTAL	110	113	2274	2169	2216

FORMULAS

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = 12$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = 11.3$$

$$S(xy) = \sum xy - n\bar{x}\bar{y} = 860$$

$$S(x)^2 = \sum x^2 - n\bar{x}^2 = 834$$

$$S(y)^2 = \sum y^2 - n\bar{y}^2 = 892.1$$

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(x)^2 S(y)^2}} = 0.9970$$

Conclusión: Ya que nuestro resultado es 0.9970 cae dentro de una correlación excelente que muestra que las características A y B están íntimamente relacionadas

CORRELACIÓN	VALOR O RANGO
Perfecta	$r = 1$
Excelente	$0.9 \leq r < 1$
Buena	$0.8 \leq r < 0.9$
Regular	$0.5 \leq r < 0.8$
Mala	$r < 0.5$

Selección de un gráfico de control

En el caso de gráficos de control por variables, el criterio fundamental es el tamaño de la muestra utilizada. Existen situaciones de fabricación en las que no es posible conseguir un grupo de elementos representativos de una sola fabricación:

- Procesos de fabricación lentos en los que se plantean inconvenientes para acumular muestras con las que analizar el proceso.
- Proceso que exigen el análisis 100 % de las piezas.
- Ensayos destructivos.

En estos casos, los gráficos utilizarán muestras de tamaño la unidad ($n=1$), denominados gráficos de valores individuales y recorrido móvil (\bar{x} , RM).

Cuando sea factible la recogida de más de un elemento en cada muestra, y el tamaño de muestra sea inferior a 10 ($n < 10$), son muy útiles los gráficos de medias maestras y recorridos. Estos gráficos se basan en que, para estos tamaños de muestra, el recorrido R proporciona una adecuada estimación de la variación del proceso. Tienen la ventaja de que, debido a la sencillez de los cálculos necesarios, se pueden utilizar directamente en el taller.

Cuando el tamaño de la muestra sea superior a 10 ($n > 10$), el recorrido deja de proporcionar una estimación correcta de la variación, siendo necesario utilizar los gráficos de medias muestrales y desviaciones típicas. Los denominados gráficos (\bar{X} , S).

En el caso de los gráficos de control por atributos, la selección depende del tipo de datos utilizados. Cuando se trata de unidades defectuosas, se utilizan los gráficos p y np. Los primeros pueden utilizarse tanto para tamaño de muestra fija como variable. Los segundos exigen que el tamaño de la muestra sea fijo.

Cuando se trata de defectos, se utilizan los gráficos u y c. Igual que antes, los primeros pueden utilizarse tanto para tamaño de muestra fija como variable. Los segundos exigen que el tamaño de la muestra sea fijo. Para mostrar todo lo antes mencionado véase la Figura B.1.

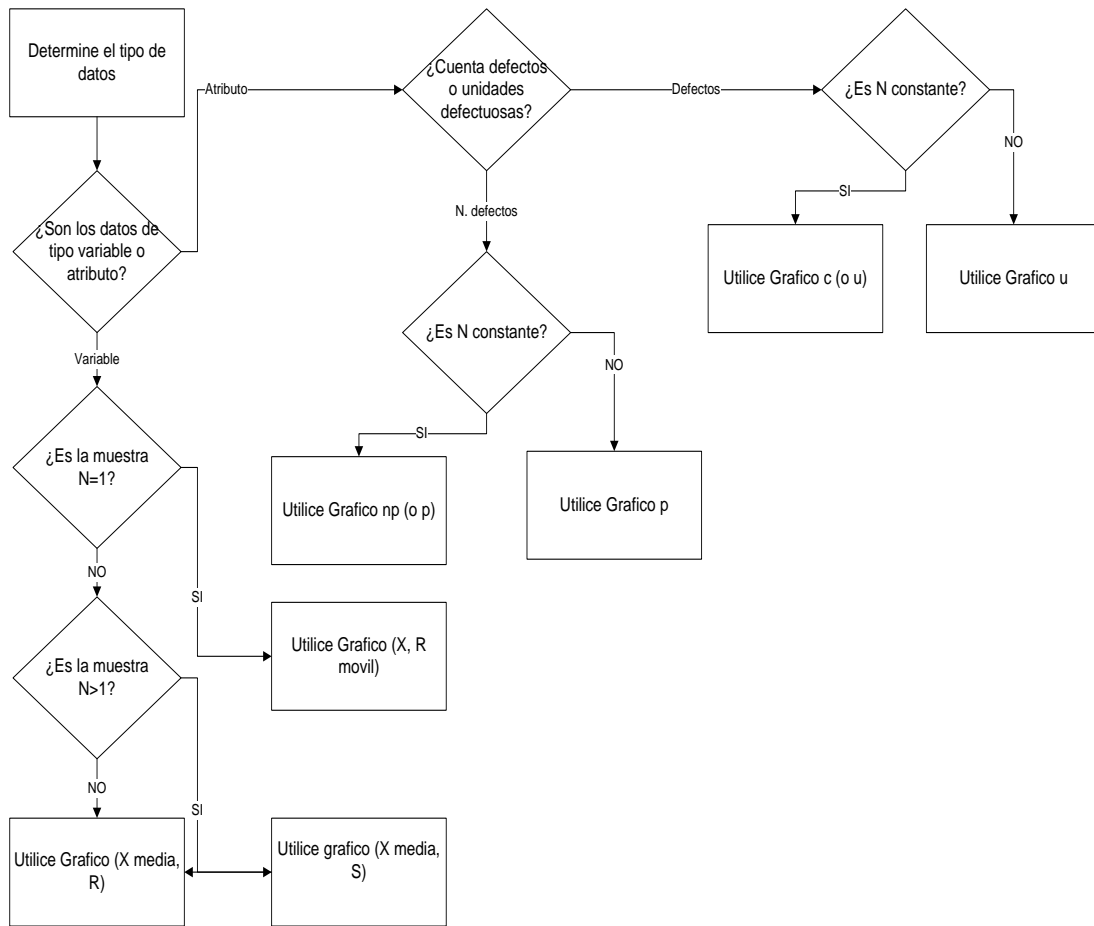


Figura B.1 — Diagrama de selección de grafico de control

Planes, esquemas y sistemas de muestreo de aceptación

Un plan de muestreo de aceptación es un conjunto de reglas por medio de las cuales un lote se examinará y determinará su aceptabilidad. El plan estipula el número de elementos (unidades) en la muestra que serán extraídos de manera aleatoria de un lote por inspección contra la especificación de producto. El lote es declarado como “aceptado” o “rechazado” de acuerdo a los resultados de la inspección comparados con el plan de muestreo de aceptación.

A veces, cuando una serie larga de lotes se está examinando, un procedimiento de muestreo podría ordenar el cambio de un plan de muestreo a otro, dependiendo de los resultados actuales y anteriores de la muestra. Los procedimientos de muestreo que ordenan el cambio de un plan de muestreo a otro y posiblemente regresar al primero, se llaman esquemas de muestreo. Un esquema de muestreo quizás ordene también discontinuar la inspección si la calidad del producto sigue siendo pobre. El cliente puede entonces cambiar a otro proveedor, si está disponible, o iniciar una selección al 100 % hasta que el proveedor pueda mejorar el proceso de producción lo suficiente para producir un producto aceptable.

Las ventajas económicas y prácticas del empleo de planes de muestreo normalizados para quienes están involucrados con la elaboración de especificaciones, es una ventaja que se proporcione procedimientos de muestreo estadísticamente válidos.

Cuando la aceptación se hace en base a lotes, el acuerdo entre el proveedor y el receptor necesita incluir:

- los criterios para la conformidad del elemento;
- los criterios para la aceptación del lote;
- los criterios para rechazo del lote; y
- el sistema, esquema o plan de muestreo de aceptación que se empleará.

Índice de capacidad de proceso

Generalmente, la capacidad de proceso se mide en términos del índice de capacidad de proceso ICP (o cp) como sigue¹²:

$$ICP = \frac{\text{Tolerancia especificada}}{\text{Extensión del proceso}} = \frac{LTS - LTI}{6\sigma}$$

donde:

LTS es el límite de tolerancia superior,

LTI es el límite de tolerancia inferior,

$\hat{\sigma}$ se estima con la variabilidad promedio dentro de subgrupos

Un valor de ICP menor que 1, indica que el proceso no es capaz, mientras que un ICP = 1 implica que el proceso apenas es capaz. En la práctica, generalmente se usa como valor mínimo aceptable de ICP el de 1,33, porque siempre hay una cierta variación en el muestreo y no hay proceso completamente bajo control estadístico.

Debe, como sea, notarse que el ICP mide solo la relación de los límites del proceso con respecto a su dispersión; o se considera la localización o el centro del proceso. Sería posible tener algún porcentaje de valores fuera de los límites de especificación con un alto valor de ICP. Por esta razón, es importante considerar la distancia escalada entre el promedio del proceso y el límite de especificación más cercano. En vista de la discusión anterior, puede usarse un procedimiento como se presenta sistemáticamente en la Figura C.1, como una guía para ilustrar pasos claves que llevan al control y mejora del proceso.

Ejemplo:

Los resultados de la evaluación de la línea de producción se expresan en un diagrama de bloques, es necesario analizar el comportamiento de la línea, indique el ICP de la maquina 1.

Los datos son los siguientes:

¹² NMX-CH-8258-IMNC-2008, Gráficas de control de Shewhart

Etapa del proceso	Maquina	Especificaciones
I	1 y 2	1.996 ± 0.003
II	3 y 4	2.008 ± 0.003
III	5 y 6	0.690 ± 0.002

En este caso σ tiene un valor de 0.00074, después de haber hecho los cálculos correspondientes.

Cálculos

$$ICP = \frac{\text{Tolerancia especificada}}{\text{Extensión del proceso}} = \frac{LTS - LTI}{6\sigma}$$

$$ICP = 1.999 - 1.993 / 0.00444$$

$$ICP = 1.35$$

Tabla C.1 — Recomendaciones de capacidad mínima de proceso

Caso	Recomendación de capacidad mínima de proceso para especificaciones con 2 límites	Recomendación de capacidad mínima de proceso para especificaciones con 1 límite
Proceso existente	1.33	1.25
Proceso nuevo	1.50	1.45
Parámetros críticos o de seguridad para procesos existentes	1.50	1.45
Parámetros críticos o de seguridad para procesos nuevos	1.67	1.60
Proceso de calidad de Six Sigma	2.00	2.00

Conclusión: El resultado del ICP es 1.35 demostrando que el proceso está por encima de la capacidad mínima.

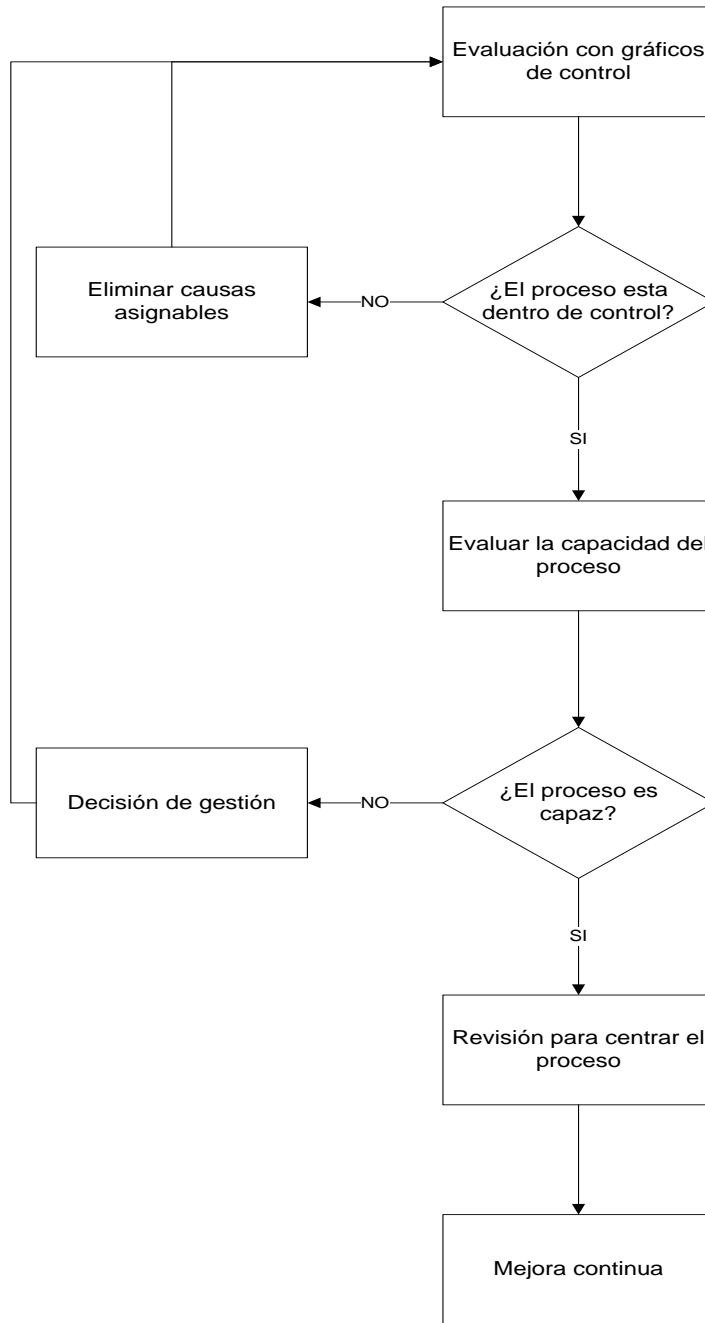


Figura C.1 — Diagrama de mejora del proceso

Un valor del índice de capacidad del proceso aceptable no es algo de carácter general. Las metas de una empresa así como el sector o centro de producción afectado incluso el proceso en observación, pueden contar con diferentes objetivos diferentes para el índice tomarse por ejemplo los datos mostrados en la Tabla D.1.