

50521
55



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS SEIS
SIGMA.**

**INTRODUCCIÓN DE LA FILOSOFÍA Y VISIÓN DE
SEIS SIGMA EN UNA EMPRESA**

**TRABAJO DE SEMINARIO DE
T I T U L A C I Ó N
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A:
RUBÉN EZEQUIEL MORENO SÁNCHEZ**

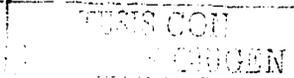
DIRECTOR: QUÍM. MARTHA ORTIZ ROJAS



FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES
ZARAGOZA

MÉXICO, D.F.

2003





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/032/03

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: MORENO SÁNCHEZ RUBEN EZEQUIEL

P r e s e n t e .

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.Q. Miguel José Flores Galaz
Vocal:	Quím. Martha Ortiz Rojas
Secretario:	Q.F.I. Ma. Del Carmen Niño de Rivera O.
Suplente:	I.Q. Ismael Bautista López
Suplente:	I.Q. Genaro Sánchez Ramos

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D. F., 30 de Mayo de 2003

EL JEFE DE LA CARRERA

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

B

Agradecimientos:

A mis padres por su incansable motivación y esmero que me alimentaron para terminar el presente proyecto, ya que sin su ayuda no lo lograría. Los quiero mucho.

Hortensia, gracias por tus puntos de vista y la motivación que tienes por cambiar todos los días ya que me enseñaron a que todo cambia y que hay que terminar algo antes de iniciar otra actividad. Mama nunca cambies no pierdas esa motivación.

Ezequiel, tengo mucho que agradecerte la paciencia, la humildad, el creer en mi y en este proyecto que veo realizado. Pero algo que te agradeceré toda la vida son los valores que me inculcaste como ser humano.

A Mónica por ser el motor de mi vida, la persona que hace que las cosas sucedan y que mejore en todos los aspectos, gracias por tu apoyo te amo.

A mis hermanos por su apoyo en los momentos difíciles y la motivación que me inyectaron en los momentos adecuados.

A mi familia gracias por estar siempre conmigo, considerarme, apoyarme y consentirme muchas gracias por el apoyo.

A la universidad Nacional Autónoma de México por brindarme un lugar que me permitiera desarrollarme profesionalmente y como persona, que me integro como persona sociable y que le debo a todos mis amigos que serán de toda la vida.

A mis amigos Marco, Sandro, Hector, Toño, Roberto, Enrique, Jacob, Luisa, etc. Les agradezco la forma en que aparecieron en la vida y su motivación por terminar las cosas.

- **PRESENTACIÓN** Pag.3
- **INTRODUCCIÓN** Pag.4

PRIMERA PARTE**LOS INICIOS Y DEFINICIÓN DE SEIS SIGMA**

- 1.1 Definición Pag.6
- 1.2 Los inicios. Pag.6
- 1.3 Principales ventajas. Pag.7
- 1.4 Quienes emplean seis sigma. Pag.9
- 1.5 En que consiste la Metodología. Pag.9
- 1.6 Definición de área de oportunidad. Pag.11
- 1.7 La perspectiva de seis sigma Pag.11
- 1.8 Elementos clave Pag.12
- 1.9 Implementación de seis sigma Pag.12
- 1.10 Herramientas empleadas en la metodología Pag.23

SEGUNDA PARTE**HERRAMIENTAS EMPLEADAS**

- 2.1 La distribución normal Pag.25
- 2.2 Conceptos básicos Pag.26
- 2.3 Diagramas de Pareto Pag.32
- 2.4 mapeo de proceso / Diagramas de flujo Pag.38
- 2.5 Los Histogramas Pag.41
- 2.6 Diagrama de causa y efecto Pag.46
- 2.7 Diagramas de dispersión Pag.50
- 2.8 Estratificación pag.53
- 2.6 Hojas de datos Pag.56
- 2.7 Gráficos de control Pag.58
- 2.8 Capacidad y habilidad de proceso Pag.76

TERCERA PARTE

EMPLEO DE SEIS SIGMA

3.1	Que es una metodología de proyecto seis sigma	Pag.79
3.2	Desarrollo de la metodología	Pag.80
3.3	Aplicación practica usando la metodología	Pag.86
3.4	Ejemplo dos control de proceso de la línea de chocolate	Pag.97

• **CONCLUSIONES** Pag.106

• **GLOSARIO** Pag.108

• **BIBLIOGRAFÍA** Pag.111

• **ANEXOS** Pag.114

Tablas estadísticas
Software estadísticos
Premio nacional de calidad

TESIS CON
ORIGEN

PRESENTACIÓN

El presente trabajo pretende reflejar de manera objetiva la construcción de nuevos retos para el campo del Ingeniero Químico, la cual continuamente crea procesos, rediseña y contribuye a mejorar la calidad de los productos y servicios a partir de una realidad concreta y ofreciendo respuestas con base en una serie de conocimientos metodológicos aprendidos a lo largo de su formación académica.

Debido a ello se intenta construir una visión amplia de lo que puede ofrecer la exploración de las herramientas estadísticas y su importancia en el desempeño de los procesos, las cuales consolidan nuevos espacios o áreas de oportunidad para actuar.

Como egresado de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza elegí como opción de titulación el Diplomado de sistemas productivos, el cual integra ampliamente el ejercicio de ampliar la visión de la Ingeniería Química el cual no se cierra en la industria petrolera sino también se emplea en otros departamentos o áreas tales como la planeación, las compras, Asesoría técnica, recursos humanos, el desarrollo de nuevos productos y la investigación,

OBJETIVOS

GENERAL

- Mostrar la elaboración de proyectos seis sigma como una herramienta que fortalezcan el desempeño de los ingenieros Químicos.

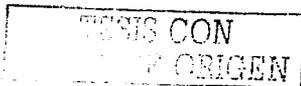
ESPECÍFICOS

- Identificar las principales áreas de oportunidad en los procesos productivos.
- Desarrollar el pensamiento estadístico.
- Proyectar una nueva imagen de la Licenciatura a través de su intervención en diferentes áreas de la industria con el fin de abrir nuevos campos de acción.

La puesta en práctica de este trabajo plantea como alcances los siguientes objetivos:

- Impulsar el proceso de cambio hacia la productividad y calidad de sus productos y servicios.
- Elevar el desempeño de los procesos y de las personas que los rodean.

Así mismo, se pretenden rescatar valores y principios que deben caracterizar a toda profesión, con ello mejorar la confianza dentro de la industria:



VALORES	PRINCIPIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Honradez • Respeto a las opiniones • Colaboración • Sensibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso • Creatividad • Servicio • Apoyo • Calidad en lo que se hace.

Con el presente trabajo se busca mayor apertura de nuestro quehacer ingenieril, utilizando los medios y recursos acordes con los continuos cambios que nos permitan enfrentar las diversas situaciones que nos involucran a todos, retribuyendo a esta máxima casa de estudios respuestas que benefician a la sociedad.

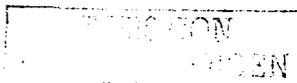
INTRODUCCION

Cuando se habla de calidad total en un empresa, se refiere al continuo mejoramiento de los procesos, productos y servicios que ofrece. Para ello es importante desarrollar proyectos que lleven una metodología clara y que funcione.

La metodología de proyectos constituye una parte fundamental en la obtención de mejoras para el negocio, las cuales se pueden ver reflejadas en la rentabilidad de la compañía y consisten en estudios de mercado, reingeniería de procesos, desarrollo de nuevos productos, etc. En la actualidad el concepto de proyecto no esta muy claro ya que muchas empresas corrigen sus problemas basándose en la intuición y experiencia del operador sin hacer un análisis de lo ocurrido o si es la mejor solución, es decir corrigen en el momento y no previenen que vuelva ocurrir.

La metodología de tipo seis sigma es de sentido común, no se trata de algo complejo o rebuscado, es mas bien una forma de organizar los datos y las acciones que se toman durante el proyecto, hasta alcanzar el objetivo planteado. El nacimiento de los proyectos es a partir de la voz del cliente ya sea interno o externo y se traduce a lenguaje ingeniería con esto se empieza a trabajar en la factibilidad de la adecuación del producto y servicio mediante la aplicación de herramientas estadísticas.

La variación de los procesos es la fuente principal de insatisfacción de los clientes y es el enfoque de estudio de las herramientas seis sigma; si se ataca el problema que causa la insatisfacción y se elimina, el cliente nota la diferencia y la empresa mejora su imagen en el mercado logrando ser mas competitivos. No siempre se logra el mismo producto o servicio con el mismo nivel de conformidad a lo especificado en forma consistente y repetitiva. Siempre se tendrán fuentes de variación tales como entregas a destiempo, producto no adecuado, falta de materia prima o producto terminado,



consistente y repetitiva. Siempre se tendrán fuentes de variación tales como entregas a destiempo, producto no adecuado, falta de materia prima o producto terminado, diferencia de tonos, peso no adecuado, producto fuera de especificación, las cuales son traduccidas como áreas de oportunidad para aplicar las herramientas y encontrar la causa raíz que genera esta molestia en el cliente.

Cada herramienta estadística nos da un enfoque distinto de la problemática y nos permite orientarnos para la correcta toma de decisiones, claro siempre justificando el cambio o mejora en base a lo económico. La importancia del manejo de las herramientas es vital ya que nos ayudan a identificar las variables que son críticas para lograr la calidad y centrar nuestros esfuerzos en lo que esta causando el problema y no corregirlo en el momento, cuando ya se lleva una cantidad incalculable de defectos

La importancia de la herramientas estadísticas no es aprenderlas, sino aplicarlas empleando una actitud mental abierta al cambio; es decir que todas aquellas personas que hagan uso de la metodología y las herramientas tengan un interés común en la búsqueda de la mejora de sus procesos.

El presente trabajo demostrara que todos los procesos que se llevan a cabo en una empresa impactan directamente en la satisfacción de los clientes. Dichos procesos contienen una variabilidad que se puede medir y mejorar con el objetivo de que el cliente lo note, con esto se logra ser mas competitivo y cumplir con los requerimientos del mercado lo cual garantiza la permanencia del negocio.

De hecho la mayoría de los modelos de calidad que se manejan actualmente ISO9000, QS9000, Círculos de Calidad, Buenas Practicas de Manufactura, HACCP, QBA, etc proponen el manejo de herramientas estadísticas en la metodología de proyecto sin embargo el alcance que se le da es pobre. Las herramientas seis sigma tiene el objetivo de desarrollar un pensamiento estadístico para el análisis, medición y toma de decisiones en la elaboración de un proyecto. Incluso la metodología de seis sigma no difiere de los sistemas de calidad al contrario es una herramienta que va de la mano con el sistema ISO-9000 ya que dicho sistema documenta y seis sigma ejecuta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO PRIMERO
LOS INICIOS Y DEFINICIÓN



5-A TÍTULO CON
ORIGEN

CAPITULO 1 LOS INICIOS DE SEIS SIGMA

1.1 .- La definición de seis sigma

Seis Sigma es una visión y filosofía de trabajo, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente para ofrecer productos y servicios con la mas alta calidad y al menor costo, con un manejo eficiente de los datos, herramientas, metodologías y diseños, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón fabricados. Adicionalmente la implantación de la filosofía de seis sigma trae consigo los siguientes efectos:

- A) Reducción de los tiempos de proceso, reducción de los costos.
- B) Alta satisfacción de los clientes debido a que su voz es escuchada.
- C) Efectos en el desempeño financiero de la organización que adopta la filosofía.

Simbolizada por una letra del alfabeto griego la sigma (σ) en estadística significa desviación estándar y el seis lo adopta del numero de veces que la desviación estándar debe tener para que se logren los 3,4 defectos por millón de oportunidades.

Seis sigma es una medida que demuestra niveles de calidad de ejecución al 99.9997 % para productos y procesos lo cual se traduce en casi cero defectos.

Seis sigma se puede adoptar como una estrategia de negocio y medirlo a través de benchmarking² de la capacidad de los procesos y logrando ser el mejor de su clase.

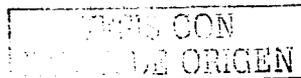
Seis sigma es una visión que reta nuestra manera de pensar con respecto a la calidad ya que la calidad tradicional se limita a verificar los procesos cuando ocurren fallas.

Su aplicación requiere del uso intensivo de herramientas y metodologías estadísticas en su mayoría para analizar, mejorar y controlar procesos, con esto se disminuye la variabilidad de los procesos, logrando producir resultados de mejora esperados, con los mínimos posibles defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto contrasta con la forma tradicional de asegurar la calidad, al inspeccionar post-mortem es decir los ya fabricados y tratar de corregir los defectos, una vez producidos.

1.2 .- Los inicios

Desarrollado e implementado por Motorola en los años 80, el Seis Sigma despertó rápidamente el interés de otras empresas, cuyo benchmarking en términos de mejora continua de la calidad y principalmente, de retorno financiero paso a ser una empresa famosa en el ramo de las telecomunicaciones mundialmente y aumentando su rentabilidad.

² Terminio empleado para realizar una comparación referencial entre procesos, productos, etc.



Sus orígenes se remontan a 1985, cuando un ingeniero de Motorola llamado Bill Smith presentó una investigación en la que concluía que si un producto defectuoso era corregido durante su fabricación, otros artículos con anomalías no serían detectados hasta que el cliente final los recibiera. Por otro lado, si una mercancía era elaborada libre de errores, rara vez le fallaría al cliente. El impacto de esta investigación hizo que los directivos de dicha firma le pidieran a Smith que desarrollara una manera práctica su teoría.

Convencido del trabajo que había desarrollado este ingeniero, el **Dr. Mikel J. Harry** creó una estrategia para implementar el Seis Sigma en las organizaciones, lo cual fue difundido en la publicación: "**The Strategic Vision for Accelerating Six Sigma within Motorola**". Esta nota contribuyó a conseguir el apoyo financiero (además del de esta compañía) de otras como IBM, Texas Instruments, ABB y Kodak para la creación del Six Sigma Research Institute. Después de 10 años de trabajo, implementando y mejorando la estrategia de Seis Sigma, el instituto se transformó en la Six Sigma Academy.

La conquista del premio nacional de calidad americano MBNQA (Malcolm Baldrige National Quality Award) aliado a los resultados alcanzados por la empresa llevó al Seis Sigma rápidamente a ser una herramienta estratégica a utilizar en un ambiente globalizado como el de los años 90.

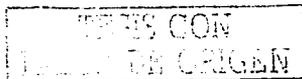
A nivel estratégico, el objetivo del Seis Sigma es alinear a las empresas con su mercado y desarrollar mejores reales en capital económico. A nivel operacional, el objetivo del Seis Sigma es cambiar los atributos del producto o servicio dentro de las especificaciones que solicita el cliente tendiendo a reducir la variación del proceso.

1.3 - Principales ventajas

El movimiento Seis Sigma se caracteriza por un énfasis en alcanzar niveles ejemplares en cuanto a optimización y control de los procesos para obtener niveles de calidad más altos, puntualidad, eficiencia e innovación al mismo tiempo que se entrega un mayor valor para el cliente en una competitividad global. Seis Sigma busca alcanzar los máximos niveles de desempeño, los cuales requieren un considerable esfuerzo para lograrse. Debido a que la competitividad se eleva constantemente en el escenario global, con efectos devastadores para aquellos que no logran alcanzar los estándares de desempeño por lo que se vuelve una necesidad para las organizaciones de manufactura y servicios de enfocar sus esfuerzos hacia Seis Sigma.

En la siguiente tabla se resumen algunas de las diferencias más notables entre la forma tradicional de enfocar la Calidad en las organizaciones y la forma de enfocarla a través de la estrategia de Seis Sigma:

Calidad tradicional	Seis sigma
Está centralizada. Su estructura es rígida y de enfoque reactivo.	Está descentralizada en una estructura constituida para la detección y solución de los problemas. Su enfoque es proactivo.
Generalmente no hay una aplicación estructurada de las herramientas de mejora.	Se hace uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas para la solución de los problemas.
No se tiene soporte en la aplicación de las herramientas de mejora. Generalmente su uso es localizado y aislado.	Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora.
La toma de decisiones se efectúa sobre la base de presentimientos y datos vagos.	La toma de decisiones se basa en datos precisos y objetivos: "Sólo en Dios creo, los demás traigan datos".
Se aplican remedios provisionales o parches. Sólo se corrige en vez de prevenir.	Se vá a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas.
No se establecen planes estructurados de formación y capacitación para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.	Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.
Se enfoca solamente en la inspección para la detección de los defectos (variables clave de salida del proceso). Post-Mortem.	Se enfoca hacia el control de las variables clave de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso.



1.4.- Quienes emplean seis sigma

Los que emplean seis sigma son empresas comprometidas con la satisfacción del cliente en la entrega oportuna de productos y servicios, libres de defectos y a costos razonables. Algunos ejemplos: Motorola, Allied Signal, General Electric CO., Polaroid, Sony, Lockheed, NASA, Black & Decker, Bombardier, Dupont, Toshiba, etc.

Los resultados obtenidos por estas empresas son sorprendentes, entre ellos:

- Allied Signal declaro que entre 1995 y el primer cuarto de 1997 obtuvo ahorros superiores a los 800 millones de dólares.
- Jack Welch (CEO de General Electric Co) espera, cinco años después de haber comenzado la iniciativa de Seis Sigma, obtener ahorros que vayan de los 8,000 a 12,000 mdd. Para esto, en 1997 GE invirtió 400 millones de dólares en el entrenamiento del personal en esta materia. Hoy en día, GE cuenta con 4,000 Black Belt —el reconocimiento máspreciado de la calidad—, los cuales produjeron 17,000 proyectos en un año, esto significa alrededor de cuatro proyectos por Black Belt.

Adicional a las mejoras económicas originadas por la reducción de los defectos, desperdicios y tiempos de operación o trabajo, entre otros, esta metodología proporciona un mejor entendimiento de las necesidades de los clientes es decir capturando la voz y necesidades, donde posteriormente la traduce en lenguaje ingeniería, logrando enfocar a las empresas en las características críticas de sus productos.

Existen compañías que por iniciativa propia han investigado y profundizado más en el tema y han comenzado esfuerzos de implementación, tal es el caso de Galvak y Conductores Monterrey. Otras empresas han analizado los beneficios que la metodología proporciona y la han adaptado a sus necesidades, como APM, Phillips y John Deere, obteniendo beneficios interesantes.

1.5 En qué consiste la metodología

Para poder implementar la metodología de seis sigma primero se tiene que tener claros los siguientes aspectos y definir el desempeño estratégico actual de la organización en términos de:

Tipo de Compañía.

Unidad principal de Negocio

Y el Nivel en el que se encuentra.

La definición de los aspectos anteriores ayudan a clarificar las bases para poder sembrar el área donde queremos mejorar. Ya que Seis Sigma es una estrategia para el aumento de la competitividad de las organizaciones a través de la mejora continua haciendo los procesos mas productivos, con énfasis en la aplicación de herramientas estadísticas para la eliminación de defectos.

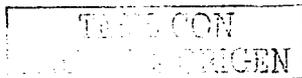
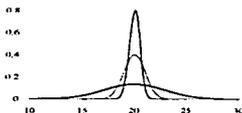
En la elaboración de proyectos bajo la metodología de seis sigma se debe de tomar en cuenta todas las variables que afectan directa e indirectamente en el proceso, estas variables deben de identificarse y seleccionarse adecuadamente a la hora de aplicar un técnica estadística.

Los procesos productivos están compuestos principalmente por materiales, personas, medio ambiente, maquinaria e instrumentos de medición. Aunque nuestro procedimiento fuera ideal, donde el comportamiento de estas partes no tuvieran fluctuación, ningún producto fabricado sería 100% igual al otro, siempre existe una pequeña variación en las mediciones, la cual puede ser de dos tipos:

- **Asignable o especial:** es originada por uno de los principales componentes del proceso que se encuentra fuera de control. Para su eliminación o reducción son utilizadas las siete Herramientas Básicas del Control Total de Calidad (CTC): Gráficas de Control, hoja de recolección de datos, diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto, histograma, estratificación y diagrama de dispersión y/o correlación
- **Aleatoria:** es propia de los procesos. Para reducirla se requiere de una mayor inversión la cual deberá ser definida por la alta dirección soportado de un análisis estadístico más profundo, como un diseño de experimentos.

A través de la aplicación del control estadístico y el involucramiento de las principales áreas clientes y proveedores, las organizaciones pueden disminuir la variación. La importancia de involucrar al proveedor es con la intención de controlar las materias primas que entran en nuestro proceso no para delegarle la responsabilidad de nuestro proceso.

En general, los procesos estándar tienden a comportarse dentro del rango de tres Sigma (σ), lo que equivale a un número de defectos de casi 66,807 por millón de oportunidades, si ocurre un desplazamiento de 1,5 Sigma; esto significa un nivel de calidad de apenas 93,32 %, en contraposición con un nivel de 99,9997 % para un proceso de Seis Sigma. Comparativamente, un proceso de Tres Sigma es 19,645 veces más malo (es decir produce más defectos) que uno de Seis Sigma.



Cuando hablamos de la relación entre los niveles de sigma y de las partes por millón de defectos (ppm), se ha cuestionado el hecho de que cuando nos referimos a seis sigma se haga la relación con 3.4 ppm, si vemos una grafica de campana normal, un proceso con 6 sigma representa cerca de cero ppm. Por otro lado, 3.4 ppm representan 4.5 sigma. Esto tiene relación con la teoría validada por los matemáticos Belder (1975), Evans (1975) y Wilson (1951), la cual menciona que todos los procesos sufren un desplazamiento de ± 1.5 sigma (desviaciones estándar).

El Dr. Harry desarrolló tanto la estrategia de la implementación de Seis Sigma, la cual se basa en su filosofía, como una metodología denominada Define, Mide, Analiza, Mejora y Controla el cual se reconoce como DMAIC, que a través del uso ordenado de diferentes herramientas (la mayoría estadísticas) se logra reducir la variación y mejorar la rentabilidad.

1.6 -Definición del área de oportunidad

En esta etapa se realiza una selección de lo que importa al negocio es decir la justificación del cambio, se identifica las necesidades del cliente o área de aplicación y el alcance que se le quiere dar al proyecto hasta donde somos capaces de comprometernos y de analizar la voz del cliente.

Esta definición es importante ya que nos proporciona una clara dirección acerca del proyecto, analizar la voz de los clientes ya sean internos y/o externos de conocer sus necesidades y poder formar un equipo de apoyo técnico con el cual se comparta ese grado de compromiso con el cliente.

1.7 -La perspectiva de seis sigma

Seis Sigma es una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos, para **Definir** los problemas y situaciones a mejorar, **Medir** para obtener la información y los datos, **Analizar** la información recolectada, **Incorporar** y emprender mejoras al o a los procesos y finalmente, **Controlar** o rediseñar los procesos o productos existentes, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, lo que a su vez genera un ciclo de mejora continua.

La metodología formal de aplicación de Seis Sigma en general sigue este esquema: DMAIC; sin embargo, algunos practicantes prefieren incorporar otras etapas adicionales, tales como: **Reconocer** la situación o problema, **Estandarizar** los nuevos procesos en toda la organización, y finalmente, **Integrar** los cambios o soluciones a toda la organización.



1.8 -Elementos clave

Los elementos clave que soportan la filosofía Seis Sigma y que aseguran una adecuada aplicación de las herramientas, así como el éxito de esta iniciativa como estrategia de negocios, son los siguientes:

- Identificación de los elementos **Críticos para la Calidad (CTQ)**, de los clientes **Externos**, esta parte se refiere a la voz del cliente final del producto, lo que espera.
- Identificación de los elementos **Críticos para la Calidad (CTQ)**, de los clientes **Internos**, identificar los procesos con sus respectivas entradas y salidas.
- Realización de los análisis de los modos y efectos de las fallas (**AMEF**) de proceso.
- Utilización del **Diseño de Experimentos (DOE)**, para la identificación de las variables críticas que afectan directamente al proceso.
- Hacer **Benchmarking** permanente y establecer los objetivos a alcanzar, sin ambigüedades.

1.9 -Implementación de la metodología seis sigma

Los factores claves para el éxito que se deben de tener en cuenta son los siguientes:

Liderazgo.

En las organizaciones en las que Seis Sigma ha conducido a resultados excelentes (Motorola, GE, Allied Signal, etc.), aparece, de forma constante, la figura de un "líder" que ha creído en el método y ha impulsado, directa y participativamente, su desarrollo a lo largo de la organización, siendo el principal divulgador de los beneficios, dentro y fuera de la compañía.

El compromiso de la alta dirección, primero con las palabras y, sobre todo, con los hechos, es el primer elemento para asegurar el éxito de Seis Sigma. A diferencia de otras iniciativas de la "gestión de calidad total", Seis Sigma es un claro programa "top down", comienza por el conocimiento e implicación de la alta dirección, que tiene unas



actividades concretas dentro del programa y continua con el despliegue a los largo y ancho de la organización, seleccionando y desarrollando proyectos de mejora.

Política y Estrategia

Los resultados de Seis Sigma son proporcionales a la importancia de los proyectos de mejora desarrollados identificando los objetivos de primer nivel para la empresa y para desplegarlos mediante proyectos y objetivos concretos que aporten un beneficio económico.

La primera fase de la metodología Seis Sigma, Definir, es en sí misma un método riguroso para seleccionar proyectos de mejora estratégicos y para concretarlos en una definición que tenga en cuenta los objetivos en términos del beneficio económico a conseguir.

La integración de Seis Sigma se produce, por una parte, mediante el despliegue de la Política y Estrategia, definiendo planes a medio plazo y desplegándolos mediante proyectos en el plan anual de cada unidad de negocio, y, por otra, utilizando indicadores clave, para identificar las métricas y los objetivos de los proyectos de mejora.

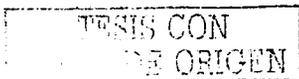
Personas y recursos

El programa Seis Sigma proporciona un conjunto estructurado de papeles y competencias de las personas: Champions, como impulsores de la mejora en su área de responsabilidad, Black Belts y Green Belts, como especialistas en aplicar los métodos y herramientas Seis Sigma en los proyectos de mejora, y Master Black Belts, como "poseedores" del conocimiento y garantes de su difusión en el seno de la organización.

Desarrollar esta estructura, e integrarla dentro de la organización de la compañía, sea funcional o por procesos, exige una cuidadosa selección y promoción de las personas. Los programas de formación, importantes y costosos, permiten descubrir y desarrollar competencias nuevas y utilizarlas en apoyo de la Política y Estrategia.

A medida que la organización dedica recursos "a tiempo completo", al programa Seis Sigma, los resultados son más significativos. Algunas empresas diferencian los Black Belts, como personas dedicadas totalmente a desarrollar proyectos de mejora, mientras que los Green Belts tienen una dedicación parcial a los proyectos, compatibilizándola con sus tareas habituales.

Por otra parte, el desarrollo de los proyectos de mejora va a necesitar recursos. Además de las personas, tanto las figuras citadas, como las que van a participar en los proyectos de mejora, y su formación (tiempo y dinero), será necesario prever, y planificar, determinados recursos, como los medios y herramientas informáticas, acceso a los sistemas de información para los responsables de proyectos, recursos externos necesarios, etc.



proyectos de mejora, y su formación (tiempo y dinero), será necesario prever, y planificar, determinados recursos, como los medios y herramientas informáticas, acceso a los sistemas de información para los responsables de proyectos, recursos externos necesarios, etc.

Procesos

Los procesos son el objetivo esencial de los proyectos de mejora Seis Sigma. Desde la orientación al cliente, elemento esencial en la fase de Definir para identificar las características críticas para el cliente (CTQ's), las siguientes fases de la metodología se centran en el proceso, caracterizándolo, evaluando su rendimiento, conociendo los factores que lo determinan, introduciendo los cambios necesarios para mejorar dicho rendimiento y satisfacer a los clientes y asegurando que dicho rendimiento mejorado se mantiene en el tiempo.

Seis Sigma es un enfoque impulsor hacia la "gestión por procesos", desde la visión global del proceso, la selección de indicadores clave de rendimiento y funcionamiento, la necesidad del "propietario" del proceso para asegurar la implantación de los cambios, la participación de todas las funciones implicadas en el proceso, todo en Seis Sigma apoya la consideración del proceso como verdadero eje para conseguir la satisfacción de los clientes.

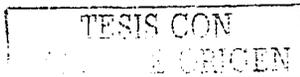
En cuanto a los resultados de los programas Seis Sigma, éstos se proyectan en tres ejes.

La satisfacción del cliente, mediante la identificación de las características importantes para el cliente (CTQ's), como punto de partida para la mejora de los procesos, alcanzando niveles extraordinariamente bajos de fallos o incumplimientos ante el cliente.

La satisfacción del empleado, derivada de un programa ambicioso de desarrollo de sus capacidades, de su participación responsable en iniciativas estratégicas de mejora, y del reconocimiento de los logros conseguidos en los proyectos de mejora.

Por último, y no menos importante, los resultados clave de la organización, en términos de beneficio económico, objetivo último de las mejoras Seis Sigma, bien sea mediante el incremento de ingresos o mediante la reducción del costo de mala calidad debido a la variación de los procesos.

Las ideas expuestas antes, permiten comprender que Seis Sigma es diferente a los programas tradicionales de mejora de la calidad. Aunque se basa en los mismos principios, Seis Sigma es una iniciativa estratégica de negocio enfocado a la satisfacción del cliente y la reducción de costos en base a los requerimientos del cliente, partiendo de los objetivos clave para la organización, permite su aplicación en la empresa siguiendo los esquemas de un modelo de gestión.



En el cuadro siguiente se muestra la metodología de los organigramas tradicionales Seis Sigma, como una síntesis de la integración.



El soporte y compromiso por parte de la Alta Gerencia es vital y fundamental, para lo cual se entrenan y definen los **Maestros** (también conocidos como **Champions**), quienes son los dueños de los proyectos críticos para la organización. Para desarrollar estos proyectos se escogen y preparan **Expertos** (conocidos como: **Master Black Belt, Black Belt, Green Belt**), quienes se convierten en agentes de cambio para impulsar y desarrollar estos proyectos, en conjunto con los equipos de trabajo seleccionados para los mismos.

Esta filosofía promueve la utilización de herramientas y métodos estadísticos de manera sistemática y organizada, para el logro de mejoras palpables y medibles por su impacto financiero. El ingrediente secreto que hace que funcione, reside en la infraestructura que se establece en la organización. Esta infraestructura, es la que motiva y produce una cultura "**Seis Sigma**" que junto con un "**Proceso de Pensamiento**" en toda la organización, genera un estilo de "**Gerencia Basada en Conocimientos**".

La importancia de la recolección de datos

La información es una guía para la recolección de los datos. A partir de la información conocemos los hechos pertinentes y adoptamos acciones apropiadas basadas en esos hechos. Antes de recoger la información, es importante determinar **qué** se va a hacer con ella.

En una fábrica constructora de máquinas, se le hace un muestreo de inspección de calidad a cierto tipo de accesorio comprado a un proveedor. Se dio el caso de que un lote que debería haberse rechazado se aceptó como excepción especial, para poder



las especificaciones como aquellos que no se ajustaban pasaron al proceso siguiente. En realidad, estos datos se estaban obteniendo para determinar la aceptabilidad de los lotes, pero no se usaron para nada.

El objetivo de la recolección de información son:

- 1) El control y el monitoreo del proceso de producción.
- 2) El análisis de lo que no se ajusta a las normas.
- 3) La inspección y calificación de producto.
- 4) Monitoreo de costos del proceso y venta de producto.
- 5) Rastreabilidad del productos.

Cualquier recolección de información debe de tener un propósito específico y tener un seguimiento de acciones.

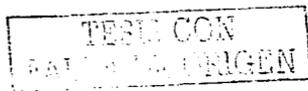
Una vez que se tiene definido el objetivo de la recolección de información, también se determinan los tipos de comparación que se necesitan, y esto a su vez identifica el tipo de datos que se deben recoger. Por ejemplo, suponga que hay una pregunta respecto a la variación en una característica de calidad de un producto. Si solamente se recoge un dato cada día, será imposible determinar la variación ese día. O, si usted quiere saber por qué resultan productos defectuosos hechos por dos trabajadores diferentes, es necesario tomar las muestras separadamente para poder comparar el desempeño de cada uno de ellos. Si la comparación entre ellos muestra una clara diferencia, una medida o el establecimiento de un método que elimine la diferencia entre los trabajadores reducirá también la variación en el proceso.

Esta división de un grupo en varios subgrupos con base en ciertos factores, se llama estratificación. La estratificación es muy importante, y es necesario que su aplicación se convierta en un hábito de pensamiento en todo tipo de situaciones. Suponiendo que se quiere saber la relación entre la calidad de un ingrediente y la dureza del producto. En un caso como éste, cuando se quiere saber si hay una relación entre los valores de dos características, los datos tienen que estar disponibles por pares. Si los datos se recogen por pares, se pueden analizar usando un diagrama de dispersión el cual nos representara el grado de dependencia que existen entre las dos variables.

La confiabilidad de los datos

Se debe de tener cierta confianza a la hora de capturar los datos de proceso y tener claro la variable a medir, datos como la temperatura, viscosidad, humedad, concentración, tiempo, etc se denominan variables continuas, se llaman así debido a que son datos que están fluyendo continuamente del proceso.

Incluso si las variables continuas se han seleccionado adecuadamente, se pueden hacer juicios erróneo si las mediciones no son confiables. Por ejemplo, las inspecciones hechas por cierto supervisor mostraron que una fracción de productos defectuosos era



muy diferente de las demás, y un análisis mas cuidadoso mostró que un instrumento de medición se había descompuesto.

En el caso de mediciones sensoriales, tales como la inspección visual, el sabor, tonos de colores, de tacto se denominan variables discretas ya que dependen de la experiencia del inspector o analista. Las diferencias debidas a los analistas entre turno y turno son comunes. Este hecho debe tenerse en cuenta cuando se recoge y se analizan datos.

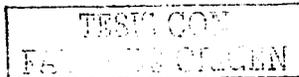
Establecimiento de recolección de datos

Una vez que se han recogido los datos, diferentes clases de métodos estadísticos pueden ser utilizados para analizarlos, de modo que se conviertan en fuente de información. Cuando se recogen datos, es importante organizarlos adecuadamente para facilitar su procesamiento posterior. En primer lugar, el origen de los datos debe registrarse claramente. Los datos cuyo origen no se conoce con claridad se convierten en información inútil. Con frecuencia, se obtiene poca información útil a pesar de haber gastado una semana reuniendo datos sobre alguna característica de calidad, debido a que las personas olvidaron en qué días de la semana se recogieron los datos, qué máquinas hicieron el proceso, quiénes fueron los trabajadores, qué lotes de materiales se usaron, y así sucesivamente.

En segundo lugar, los datos deben registrarse de tal manera que puedan utilizarse fácilmente. Por el hecho de que con frecuencia los datos se utilizan posteriormente para cálculos estadísticos, tales como promedios y rangos, es mejor registrarlos de tal manera que estos cálculos se faciliten. Por ejemplo, los datos sobre 100 piezas, obtenidos haciendo mediciones cuatro veces al día (a las 9:00, 11:00, 2:00 y 4:00) durante 25 días, normalmente se registran en una hoja de datos, en la cual la hora se organiza horizontalmente y los días verticalmente. De esta manera, los cálculos diarios pueden hacerse marcando los números en cada renglón.

El fundamento de la metodología seis sigma se basa en la identificación adecuada y la toma de datos en los procesos. Los datos se pueden encontrar en dos formas las cuales son:

1. datos continuos (Variable) son datos que usan una escala de medición, tales como pulgadas, metros, minutos, temperatura, viscosidad, densidad, voltaje, humedad, gramos, etc.
2. Datos discretos (Atributo) son datos que se basan en información, tales como los resultados "Pasa/ No pasa". Por ejemplo regiones de venta, criterio del analista, numero de tallones en una puerta pintada, calificación de producto en planta, etc.



Datos continuos

Los datos continuos caracterizan la cualidad de un producto o un proceso en términos de un parámetro que puede ser tamaño, peso o tiempo. Dicho de otra manera, la escala de medición puede ser significativamente dividida y convertida a incrementos mucho mas finos de precisión. Los datos continuos deben ser validados por una distribución normal.

Datos discretos

Los datos discretos es el numero de veces que algo puede suceder. Se mide como la ocurrencia de la frecuencia. Los datos discretos es también una fuente de información que se puede poner en categorías. Ejemplos: región de ventas, línea de producción, turno de operación y la fabrica.

Los datos discretos se presentan y analizan en las distribuciones de poisson y binomial. Las características principales son que requerirán mayor numero de datos para lograr un análisis efectivo, pueden ayudar a localizar con precisión áreas problemáticas, como indicadores tales como partes por millón de defectos, rendimiento, eficiencia, productividad, etc.

Notas sobre los datos continuos vs datos discretos.

- Los datos continuos generalmente tienen preferencia sobre los datos discretos, debido a que permiten un uso mas extenso de las herramientas de análisis estadístico, el presente trabajo se enfoca a los proyectos en base a datos continuos.
- En caso de no haber datos continuos para justificar los proyectos, se puede hacer uso de los datos discretos, encontrar resultados y tomar decisiones.

Fase de medición o Baselining

El objetivo de establecer la línea base (Baselining) es cuantificar la bondad de un proceso existente usando datos muestrales antes de que cualquier mejora se implemente.

La clave de la línea base es poder recolectar los datos muestrales representativos.

Técnicas para la recolección de los datos para la línea base. "Subgrupos Racionales"

Sin importar el tipo de dato por recolectarse (continuo o discreto), se debe de planificar su recopilación para que las muestras nos den el mejor modelo de la población.

Un subgrupo racional es:

- Una pequeña colección de muestras tomadas durante un corto periodo de tiempo mínimo 40 datos de manera continua.
- Se define como una foto instantánea del proceso.
- Es aquel que representa, lo mas cerca posible, un conjunto de condiciones homogéneas. Para obtener subgrupos que tengan la máxima oportunidad de ser racionales, se toma una muestra que contenga piezas que son hechas lo mas aproximado posible al mismo tiempo.

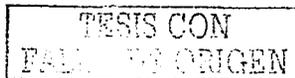
Un poderoso aspecto de los métodos seis sigma es la habilidad para analizar un proceso desde las perspectivas a corto y largo plazo ya que estos análisis permite analizar las características de centrado del proceso contra la dispersión utilizando los límites y el control contra la tecnología. Los subgrupos racionales son la clave para diferenciar las capacidades del proceso a largo y corto plazo.

Imagen de los procesos

Los componentes de la variación.

La variación en los procesos constituye una de las fuentes principales de insatisfacción en los clientes; si se encuentra su causa raíz y se disminuye, los clientes sentirán la diferencia y preferirán nuestros productos o servicios. No siempre se obtiene el mismo producto o servicio con el mismo nivel de conformidad a lo especificado y de forma consistente y repetitiva; en un proceso se presentan dos fuentes de variación:

- Fuente de variación de "Causa Común" es la variación que se encuentra en cada proceso, se le conoce como ruido blanco, esta no es una variación controlable con lo tecnología existente. Representa lo mejor que puede ser el proceso con la tecnología que se tiene. (Capacidad de proceso inherente)
- Fuente de variación "Causa Asignable" representa las influencias externas en un proceso que causan que este se desplace y desvíe, se le conoce como ruido negro, esta variación es potencialmente controlable con la tecnología de proceso existente. Esta representa como se desempeña actualmente el proceso a través del tiempo. (Capacidad de proceso sostenido), este tipo de variación ocurre entre los subgrupos.



Algunos ejemplos de variación de causa asignable:

Generales:

- Y Clima
- Y Temperatura ambiental.
- Y Humedad.
- Y Captura manual de datos.
- Y Contratos.
- Y Turno.
- Y Operador.
- Y Vibración.
- Y Usuario
- Y Logística.

Materias primas MP's

- Y Restricciones de materiales.
- Y Contenido de humedad.
- Y Proveedores.
- Y Codificado.
- Y Propiedades de los materiales.
- Y Números de lote.

Maquinaria / Mecánica:

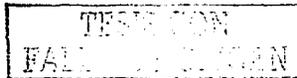
- Y Tipo de maquina.
- Y Antigüedad de la maquinaria.
- Y Herramientas.
- Y Limpieza.
- Y Numero de maquina.
- Y Desgaste de la herramienta.
- Y Diseño de montaje.

Eléctrico:

- Y Interferencia del motor.
- Y Fuente de poder.

Algunos ejemplos aplicables a la vida cotidiana.

- Tiempos de espera prolongados, etapas de proceso sin valor al producto final, largas filas para adquirir los productos, falta de información sobre nuestros productos.
- Asesoría para la realización de tramites o compra de un artículo, declaración de impuestos, derechos laborales, adquisición de un inmueble, obtención de un crédito bancario, etc.
- Que las cantidades de un producto no coincidan con lo marcado en la etiqueta.
- Que la funcionalidad del producto no cumpla con lo esperado, es decir funcionalidad sin validación.



Todos los ejemplos anteriores son procesos o sub-etapas de proceso que contienen una variación la cual debe ser analizada para mejorar el proceso encontrando la causa que ocasiona la inconformidad la cual será llamada área de oportunidad.

Para que nos sirve analizar la variación

La variación impulsa la medición de la capacidad de proceso a largo plazo y a corto plazo.

La capacidad a "corto plazo" es calculada de los datos tomados durante un periodo suficientemente corto para que no haya influencias externas sobre el proceso por ejemplo cambios de temperatura, de turno, de operador, de materia prima, etc.

- Será representada por la Z. St (short time) significa el potencial del proceso " LO MEJOR QUE PUEDE ESTAR EL PROCESO".

La capacidad a largo plazo es calculada con los datos tomados durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo para que los factores externos puedan influir en el proceso. Los datos de defectos PPM y los datos de rendimiento son, por naturaleza, medidas a largo plazo.

- Será representada por la Z.It (large time) representa el desempeño del proceso por un lapso de tiempo.

La capacidad a corto / largo plazo y el desplazamiento

La capacidad de proceso a corto plazo (Z.st) representa la tecnología del proceso y la capacidad de proceso a largo plazo (Z.It) representa la tecnología del proceso combinada con el control.

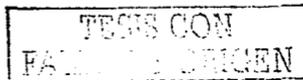
La diferencia entre la capacidad de proceso a corto y largo plazo se conoce como "Shift" (Desplazamiento)

$$Z.shift = Z.st - Z.It$$

Z.shift representa la habilidad para controlar la tecnología , el desplazamiento y la desviación del proceso.

Reglas de oro del Z.shift

En promedio para un proceso típico el Z.shift debería ser alrededor de 1.5 es el desplazamiento normal que sufre un proceso.



- ◊ Compare la Z.shift calculada con 1.5. Si es menos de 1.5 el proceso tiene mejor control de proceso que el promedio de los procesos. Si es mayor que 1.5, el control es inferior al promedio.
- ◊ Si solamente los datos a largo plazo están disponibles por ejemplo: datos históricos, el desplazamiento debe asumirse que es de 1.5

$$Z.st = Z.lt + 1.5$$

- ◊ Si solamente los datos a corto plazo están disponibles ejemplo pruebas de calificación de producto terminado , puede asumir un desplazamiento de 1.5 para calcular Z.lt

$$Z.lt = Z.st - 1.5$$

Desarrollo del plan de subgrupos Racionales.

Para llevar a cabo un correcto plan de subgrupos racionales es importante el uso de las 6M análisis de causa y efecto o la lluvia de ideas las cuales sirven para realizar una lista de revisión para apoyar la identificación de las causas potenciales de variación de proceso ("X").

Es importante analizar todas las posibles causas que influyen en un proceso tales como:

Mano de obra.-operadores que rolan turno, cambios de operador, nuevos operadores, habilidad del operador.

Maquinaria.- Cambios en los ritmos de la maquina, fallas mecánicas, desgaste del equipo.

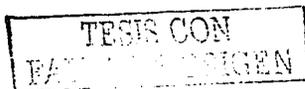
Materiales.- Cumplimiento de los especificación, lotes, cambios de proveedor.

Método.- Metodología del operador, procedimientos documentados, formatos.

Metrología.- Calibración de los equipos de medición.

Medio ambiente.- Humedad, espacio.

Para realizar un correcto plan de subgrupos racionales es importante capturar la mayor cantidad de factores que influyan directamente al proyecto, procurando no distorsionar la información y/o manipular el proceso.



1.10 -Herramientas utilizadas en la metodología

Las herramientas utilizadas para soportar metodología Seis Sigma, se encuentran algunas ya conocidas en el mundo de la Calidad tradicional, círculos de calidad, etc. Entre las que se pueden mencionar las siguientes:

La siguiente tabla muestra los principales pasos para elaborar un proyecto bajo la metodología de seis sigma.

I) Seleccionar las variables de desempeño.
<ul style="list-style-type: none">• Definición del problema en el negocio.• Definir la variable de respuesta "Y" que es lo que se quiere mejorar• La variable seleccionada tiene que ser capaz de medirse.
II) Proponer variables que impactan en la variable de respuesta.
<ul style="list-style-type: none">• Estructura de árbol / Diagrama de causa y efecto.• Diagrama de Pareto.• Lluvia de ideas.• Mapeo de procesos.
III) Diagnosticar las variables de desempeño.
<ul style="list-style-type: none">• Recopilación de datos.• Análisis de datos; Planteamiento de la línea base.
IV) Confirmación de las variables que impactan.
<ul style="list-style-type: none">• Corridas de confirmación.• Efectos significativos / Niveles óptimos.• Diseño de experimentos.
V) Establecer los límites de operación.
<ul style="list-style-type: none">• Definir los límites de operación de la variable de respuesta.• Efectos estimados.• Minimizar la sensibilidad de la variable de respuesta
VI) Verificar la mejora en el desempeño
<ul style="list-style-type: none">• Rehacer la línea base del proceso mejorado. (Con la misma herramienta empleada en el paso II)

VII) Proceso de control

- Control estadístico de proceso.
- Planes de calidad / Planes de control.

Algunas herramientas adicionales que permiten tener un panorama mas amplio y que pueden ser de utilidad para realizar un proyecto, verificar un proceso o ampliar en un problema especifico.

- CIP, Procesos de Mejora Continua.
- Diseño / Rediseño de Procesos.
- Análisis de Varianza, ANOVA.
- La Voz del Cliente, VOC.
- Pensamiento Creativo.
- Diseño de Experimentos, DOE.
- Gage r and r
- Gerencia de los Procesos.
- Control Estadístico de Procesos, SPC.

CAPITULO SEGUNDO
HERRAMIENTAS EMPLEADAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

24-1

Capítulo II Principales Herramientas

Comenzaremos definiendo las principales herramientas empleadas para el desarrollo de proyectos y sirvan de base para la correcta toma de decisiones. El secreto del éxito de seis sigma es saber utilizar y analizar los resultados empleando la herramienta adecuada.

La herramienta con la que se inicia después de haber tomado los datos es realizar una prueba de normalidad para verificar la confiabilidad de los datos.

2.1.- Distribución normal

La prueba de normalidad (distribución gaussiana) es importante debido a que las herramientas estadísticas de caracterización del proceso se basan en la distribución continua por las siguientes razones:

Muchos conjuntos de datos siguen una distribución normal (tipo gauss o curva de campana)

Los datos que no siguen una distribución normal son regulamente los que su especificación está limitada por cero en alguno de los dos lados de la especificaciones.

El teorema del limite central establece que los promedios de las muestras de una población generalmente siguen una distribución normal.

Siempre se deben de graficar los datos para ver si son razonables y se comportan como una distribución normal.

El supuesto de una distribución es critico cuando se usan las tablas normales.

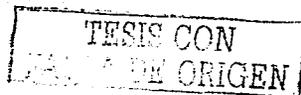
Las propiedades de la distribución normal son las siguientes:

Es simétrica respecto a la media.

La media, la mediana y la moda son iguales.

El área total bajo la curva es igual a una unidad cuadrada.

Muchas variables continuas que se encuentran en un proceso responden a un distribución normal.



2.2 -Conceptos Básicos

Estadística. Es la recolección, organización, análisis y presentación de los datos obtenidos de un proceso, sistema, servicio, etc.

Datos por conteo. Llamados también Discretos. Resultan de contar ciertas características. Son datos que guardan relación estricta con números enteros.

Datos por medición. Técnicamente los llamamos datos Continuos. Proceden de mediciones de volúmenes, peso, densidades, longitudes, espesores, etc.

Obtención de datos. La obtención de datos es la base para la toma de decisiones y acciones, del lado izquierdo se presenta el esquema a seguir.

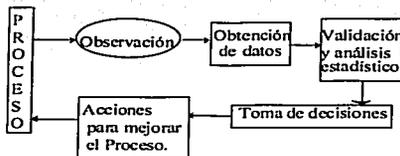


Diagrama de Obtención de Datos

Medidas de localización o tendencia central

Media (\bar{X}).

Se define como la suma de todas las observaciones de la muestra, dividida entre el número total de las mismas. Su fórmula se encuentra del lado izquierdo, y sus símbolos son:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde

x_i : Representa a cada uno de los valores observados.

\bar{X} : Media.

n : numero de observaciones.

Mediana

Se define como el centro de un conjunto de observaciones ordenadas en forma ascendente o descendente respecto a sus valores numéricos. Es el valor que se obtiene al dividir la distribución exactamente a la mitad.

Si el centro no lo ocupa un valor único, entonces se saca el promedio de dichos valores.

Moda. Se define como el valor que se presenta con mayor frecuencia. Se representa con la letra **M**.

Ejemplo

En una línea de producción de plan blanco, se tomaron los siguientes datos determine la media, la mediana y la moda.

671	680	673	665	671	669	674	671	680	675	667	673	671
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Media:

$$\bar{X} = \frac{671 + 680 + 665 + \dots + 673 + 671}{13} = 672.30$$

Mediana:

680	680	675	674	673	673	671	671	671	671	669	667	665
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$$\tilde{X} = 671$$

Moda:

671	680	673	665	671	669	674	671	680	675	667	673	671
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$$M = 671$$

Medidas de variabilidad o dispersión

Estas medidas indican qué tan dispersas están las observaciones individuales del valor promedio de las mismas, y se cuenta con las siguientes:

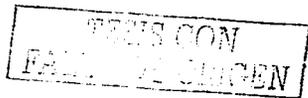
Rango (R)

Se define como la diferencia entre el valor mayor y el menor de un conjunto de datos.

$$R = X \text{ máx} - X \text{ mín}$$

Varianza (V)

Es la medida más común de variabilidad usada en las mediciones muestrales con respecto a su media. Se define como el promedio de las desviaciones al cuadrado de los datos a partir de su media. Su fórmula se observa de la siguiente manera:



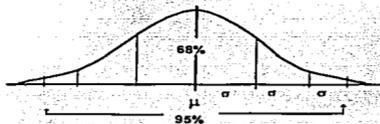
$$V = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Dos muestreos de datos pueden tener la misma media y sin embargo tener varianzas completamente diferentes. A mayor varianza corresponde una mayor variación dentro del conjunto de mediciones.

La varianza es útil en la comparación de la variación relativa de dos conjuntos de mediciones, pero sólo aporta información con respecto a la variación en un solo conjunto cuando se interpreta en términos de la **desviación estándar**.

Desviación estándar (σ). Es la raíz cuadrada positiva de la varianza. Da una idea bastante exacta de la variación de los datos en un sólo conjunto de mediciones.

Muchas distribuciones de datos de la vida real tienen la forma de una montaña, es decir, se pueden aproximar por una distribución de campana, que se conoce como la **curva Normal**, y es la gráfica que se presenta del lado izquierdo.



Para una distribución de mediciones que es aproximadamente normal (forma de campana), el intervalo:

$\mu \pm \sigma$	Contiene aproximadamente el 68% de las mediciones.
$\mu \pm 2\sigma$	Contiene aproximadamente el 95% de las mediciones.
$\mu \pm 3\sigma$	Contiene casi todas las mediciones.

Los datos que presentan una distribución acampanada, tienen características bien definidas con respecto a la variación, que se pueden expresar en la regla empírica anterior.

Los datos que obtenemos en el proceso no son todos iguales, siempre hay variación, puesto que en un proceso hay infinitas causas de dispersión, y algunas no se pueden eliminar aunque las condiciones de operación estén bajo control.

Ejemplo

Utilizando los datos de peso del pan blanco cuantificados por tres días, que se presentan en la siguiente tabla, calcule el rango, la varianza y la desviación estándar

Muestra (g)	671	680	673	665	671	669	674	671	680	675	667	673	671
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Rango

$$R = 680 - 665 = 15$$

Varianza (V)

Muestra	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
671	-1.31	1.71
680	7.69	59.17
673	0.69	0.48
665	-7.31	53.40
671	-1.31	1.71
669	-3.31	10.94
674	1.69	2.86
671	-1.31	1.71
680	7.69	59.17
675	2.69	7.25
667	-5.31	28.17
673	0.69	0.48
671	-1.31	1.71

$$\bar{X} = 672.31$$

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 228.76$$

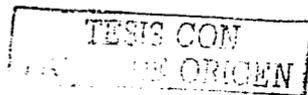
$$\text{Varianza} = \frac{228.76}{(13 - 1)} = 19.06$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{\quad}$$

$$S = \sqrt{19.06}$$

$$S = 4.36$$



Errores de Muestreo

Si al analizar todo el lote o población se observa que los valores de las medidas de tendencia central y/o medidas de dispersión son algo diferentes a los valores del lote, se dice que existe un error, los errores principales encontramos:

1. **Sesgo.** Si se toman como muestras sólo las mejores piezas o si únicamente se extraen muestras con determinado valor, la media muestral será distinta de la media de la población.
2. **Dispersión.** La dispersión o precisión de los datos se representa por la desviación estándar o rango, las cuales son inevitables en cualquier proceso.

Confiabilidad

La confiabilidad, es la forma de mantener el control sobre los procesos de muestreo y se necesita:

1. Analizar qué causa el sesgo y cómo conseguir precisión.
2. Dar instrucciones para controlar esas causas.
3. Asegurarse de que se cumplen las instrucciones (mediante la educación y capacitación del trabajador).
4. Controlar los instrumentos y equipos de medición (calibración).

Resumen de los principales conceptos estadísticos

Nombre	Definición	Fórmula
Medidas de Tendencia Central		
Media (\bar{X})	Es la suma de todas las observaciones de la muestra dividida entre el número total de las mismas.	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
Mediana \tilde{X}	Se define como el centro de un conjunto de observaciones ordenadas en forma ascendente o descendente respecto a sus valores numéricos	
Moda (M)	Es el valor que se presenta con mayor frecuencia.	
Medidas de Variabilidad o de Dispersión		
Rango (R)	Es la diferencia entre el valor mayor y el menor de un conjunto de datos.	$R = X \text{ máx} - X \text{ mín}$
Varianza (V)	Es el promedio de las desviaciones al cuadrado de los datos a partir de su media.	$V = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$
Desviación estándar (σ)	Es la raíz cuadrada positiva de la varianza.	\sqrt{V}

2.3 -Diagramas de Pareto (80-20)

Definición: el diagrama de Pareto es una grafica que muestra en forma ordenada la frecuencia, de mayor a menor de los factores o causas que se producen en un problema y que serán sujetos de estudio. La idea básica del Pareto es la de ordenar y dar prioridad a la recolección de datos, es decir:

Traducir el análisis de los datos a números y porcentajes.

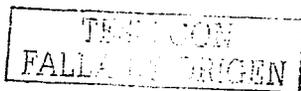
Presentar en forma grafica los pocos vitales y los muchos triviales dentro de las causas que originan el problema que se esta analizando.

Indica que problema se debe resolver primero para eliminar el defecto y mejorar las operaciones.

La importancia de este tipo de diagramas es que se enfoca en las variables vitales potenciales que afectan al proceso. El Pareto une los datos con las causas del problema y ayuda en la toma de decisiones basadas en datos.

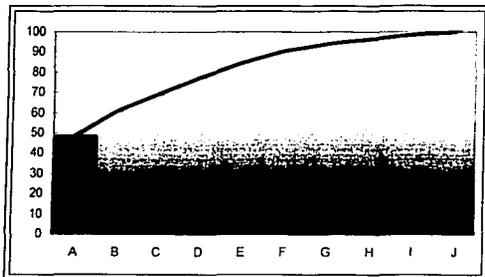
Los problemas de calidad se presentan como pérdidas, bajas, scrap etc. (productos defectuosos y su costo). Es muy importante aclarar el patrón de la distribución de la pérdida. La mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos pocos defectos triviales, podremos eliminar casi todas las pérdidas, concentrándonos en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros muchos defectos triviales. El uso del diagrama de Pareto permite solucionar este tipo de problema con eficiencia.

En 1897, el economista italiano V. Pareto presentó una fórmula que mostraba que la distribución del ingreso es desigual. En 1907, el economista norteamericano M. C. Lorenz expresó una teoría similar por medio de diagramas. Estos dos estudiosos indicaron que una proporción muy grande del ingreso está en manos de muy pocas personas. Mientras tanto, en el campo del control de calidad, el Dr. J. M. Juran aplicó el método del diagrama de Lorenz como fórmula para clasificar los problemas de calidad en los pocos vitales y los muchos triviales, y llamó este método análisis de Pareto. Señalo que en muchos casos, mayoría de los defectos y de costo se deben a un numero relativamente pequeño de causas, también es conocido como la grafica 80-20.



Metodo de elaboración de los diagramas de Pareto

- ◊ Paso 1.- Realizar una clasificación de los factores o problemas a analizar de acuerdo a su tipo de defectos, bajas, demoras, etc.
- ◊ Paso 2.- Los diferentes tipos de causas del problema se ordena conforme a su ocurrencia, es decir de mayor a menor.
- ◊ Paso 3.- Se suman las cantidades de cada factor. El total representa el 100 %. Se obtienen los porcentajes de cada uno de los factores y se ordenan de mayor a menor.
- ◊ Paso 4.- Se construye la grafica. En el eje horizontal se representan los tipos de defectos o fallas, ubicando de izquierda a derecha las causas de mayor a menor importancia. En el eje vertical izquierdo se representa el numero de defectos o datos fuera de especificación que se obtuvieron para cada característica. El eje vertical derecho se usara para representar el porcentaje acumulado, la suma de los porcentajes de todos los conceptos debe ser el 100 %.
- ◊ Paso 5.- se construyen las barras correspondientes para cada factor o problema de acuerdo a su total.
- ◊ Paso 6.- Se traza la curva de ocurrencia acumulada.



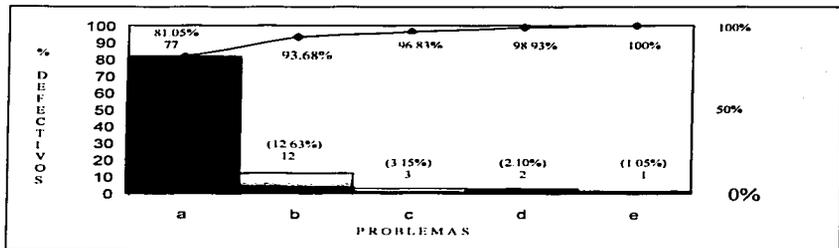
Ejemplo

En una planta encargada de la elaboración de donas azucaradas, se presentan varios problemas detectados a partir de una lluvia de ideas y una matriz de selección de problemas, los resultados obtenidos son los siguientes:

TESIS CON
PALABRA DE ORIGEN

Problema	No. Defectos	%	% acumulado
Retraso en la distribución para empaquetadora.	77	81.05%	81.05%
Se detiene producción por cambio de aceite.	12	12.63%	93.68%
Exceso de dosificación de azúcar a donas.	03	3.15%	96.83%
Desajuste del detector de metales.	02	2.10%	98.93%
Tapado de la depositadora.	01	1.05%	100%

El periodo de tiempo para construir la gráfica fue de una semana.



Conclusión de la gráfica. Recordando la frase 80 – 20 el problema vital a solucionar lo ocupa el retraso en la distribución de las donas para empaque, ya que se realiza de forma manual, por lo que es aquí donde debemos enfocar la solución del problema.

Ventajas del empleo de los diagramas de Pareto

- A distinguir entre los problemas triviales y los importantes. Es más fácil disminuir en un 50% un problema grande que acabar totalmente con uno pequeño.
- Para comparar diagramas de Pareto, es necesario elaborarlos con el mismo intervalo de tiempo (periodo) y con la misma cantidad de datos.
- Los diagramas de Pareto se pueden emplear en todo tipo de mejoras en sistemas o procesos, y sirven también para mostrar los resultados de las mejoras y confirmar su impacto.
- Ayudan a realizar una acción de mejora y evalúa si ésta ha sido efectiva, el orden de las barras del diagrama de Pareto generalmente cambiará.
- La clave para mejorar un análisis de Pareto es estructurarlo de tal forma que permita enfocar la atención en las categorías más importantes. Se requiere de un análisis preliminar para determinar si el grado de importancia es el mismo para todas las categorías y si el potencial de ocurrencia es el mismo.

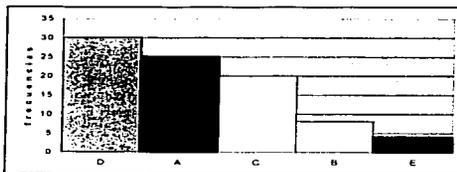
Cuidados al interpretar las gráficas de Pareto

Recordando que el Diagrama de Pareto es una gráfica que muestra en forma ordenada la frecuencia de los factores o causas que producen un problema y que serán sujetos de estudio, es muy común fijar la vista en la barra con la frecuencia más alta, lo cual es apropiado y lo común en la mayoría de las ocasiones; sin embargo no siempre es lo correcto en todos los casos. Algunas veces, enfocarse en otra barra de la gráfica puede ser más ventajoso, de hecho, puede suceder que la barra con la frecuencia más baja sea aquella a la que se le debe de prestar mayor atención.

Ejemplo

Se recabaron los defectos de varios camiones repartidores, los cuales se presentan a continuación con su correspondiente gráfica.

Categoría	Problema
D	Puertas gastadas por jaulas.
A	Caja de carga sucia.
C	Rayones exteriores.
B	Asientos rotos.
E	Frenos defectuosos.



Como se observa en la gráfica la mayor frecuencia de problemas la representan las puertas gastadas por jaulas y la menor frecuencia son los frenos defectuosos, sin embargo los frenos defectuosos es el defecto más importante y con mayor peso, ya que podría ocasionar accidentes graves e incluso pérdidas humanas y materiales, por lo que se le debe prestar atención inmediata.

Para definir si se emplea el criterio de frecuencias, el Pareto tradicional, se pueden aplicar los siguientes criterios:

a) Se le brinda la misma importancia a todos los defectos. Por ejemplo, el área de desarrollo de nuevos productos realiza una encuesta para conocer la satisfacción que el

cliente recibe del consumo de cada uno de los productos que se elaboran en una planta. Las quejas se clasifican por aspectos de servicio pero ninguno de los defectos es más importante que el otro.

b) El defecto se presenta el mismo número de ocasiones. Ejemplificando el caso: La línea de producción de pastelitos tiene tres máquinas, las cuales elaboran el mismo producto y se busca disminuir un defecto que se observa, en este caso las tres máquinas producen el mismo número de producto por hora., Ya que las máquinas elaboran el mismo artículo, el grado de importancia es el mismo en las máquinas y, como la velocidad de las máquinas es la misma, la posibilidad de defectos es igual.

Cuando el enfoque de frecuencias no es el adecuado, el procedimiento a usar puede variar dependiendo del grado de importancia y costos de los defectos por lo que a continuación se analizan 3 posibilidades.

1. El grado de importancia no es el mismo para todos los defectos. En este caso se define la importancia del defecto, otorgándosele un valor que represente su grado de importancia. Se pueden involucrar valores monetarios, costos, potenciales de pérdida o alguna otra medición. La medida de importancia debe ser cuantitativa y se puede basar en la decisión del un equipo. Ya que se ha determinado la medida de importancia y se obtuvieron las frecuencias, se multiplica la medida establecida por la frecuencia del defecto observado, ésta operación genera valores más significativos que las frecuencias por sí mismas.

Ejemplo

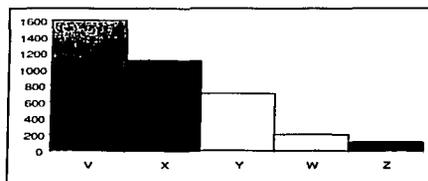
Se ilustra esta condición, aquí se utiliza el costo por ocurrencia como lo es el peso. El equipo de calidad de una fábrica ha decidido realizar un estudio determinando el costo por arreglo del defecto de las cinco categorías que se presentan en la siguiente tabla:

Categoría	Costo por evento	Frecuencia
V	\$80	20
W	\$20	10
X	\$50	22
Y	\$100	7
Z	\$50	2

Multiplicando los costos y las frecuencias se obtiene la columna de frecuencia*costo, como se observa en la siguiente tabla:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Categoría	Costo por evento	Frecuencia	Frecuencia * costo
V	\$80	20	\$1,600
W	\$20	10	\$200
X	\$50	22	\$1,100
Y	\$100	7	\$700
Z	\$50	2	\$100



En este ejemplo se observa que al realizar la multiplicación entre valor económico y frecuencia la barra más alta es la del defecto V, por lo que es la que se debe atacar, ya que ni la barra de defectos con mayor valor económico (Y), ni los defectos con la frecuencia más alta (X) se marcaron como importantes.

2. El potencial de ocurrencia no es igual para todas las categorías.
Para desarrollar este punto utilizaremos un ejemplo.

Ejemplo

Se utilizan tres máquinas cortadoras de pan blanco, las cuales trabajan con diferentes velocidades, esto significa que el potencial de ocurrencia de defectos no es el mismo para todas las máquinas, por lo que las que tengan velocidades de producción mayores tendrán un mayor potencial para generar defectos. El número de ocurrencias del defecto producido por una máquina en particular se divide entre el total de las salidas de la máquina, los datos se muestran en la siguiente tabla:

Máquina	Ocurrencia del defecto	Piezas producidas	Defectivos
A	6	200	0.03
B	5	100	0.06
C	4	50	0.08

La máquina A tiene el mayor número de defectos, pero posee el mayor número de unidades producidas por máquina. Dividiendo las frecuencias (número de defectivos) por el número de piezas producidas, los porcentajes de ocurrencia reflejan, que aunque la máquina C produce el menor número de defectos, tiene la mayor cantidad de defectos de todas las máquinas.

3. Tanto el grado de importancia y el potencial de ocurrencia tienen distintas categorías. Si ninguna de las dos condiciones satisfacen las necesidades, se puede realizar una combinación de los dos procedimientos anteriores. Las frecuencias se convierten en porcentajes y los valores resultantes se modifican de acuerdo a un valor o grado de importancia previamente establecido.

2.4 -Mapeo de procesos/ Diagramas de flujo

Definición; Mapeo de proceso / Diagrama de flujo, es una representación esquemática que muestra los pasos que se realizan en un proceso de producción o servicio, proporcionando un resumen simple y claro de las etapas involucradas en los mismos, además nos permite conocer ampliamente las interrelaciones de los diferentes pasos dentro del proceso y poder examinar las áreas potenciales de mejora. El mapeo de proceso no debe de ser tan detallado como los diseños de ingeniería, pero si lo suficientemente descriptivos para comprender y evaluar el producto y el flujo del proceso.

Aplicaciones del mapeo de proceso

Ayuda a que se entienda fácilmente el proceso de producción o servicio por cualquier persona, ya sea que intervenga en el mismo o no, por lo anterior son muy útiles en la fase de capacitación y detectar las áreas potenciales de mejora.

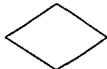
Usos de Mapeo de proceso

- Describir las etapas de un proceso y entender como funciona.
- Apoyar el desarrollo del procedimiento
- Dar seguimiento a los productos (bienes o servicios) generados por un proceso.
- Identificar a los clientes y proveedores de un proceso.
- Planificar, revisar y rediseñar procesos con alta calidad, identificando las oportunidades de mejora.
- Diseñar nuevos procesos.
- Documentar el método estándar de operación de un proceso.
- Facilitar el entrenamiento de nuevos empleados.
- Hacer presentaciones ejecutivas.
- La nueva versión de la norma ISO9000 ver 2000 recomienda que se emplee el mapeo de procesos para la documentación de la empresa.

Símbolos para elaborar un Mapeo de procesos



Elipse. Establece la iniciación o la terminación del proceso.



Rombo. Indica decisiones, alternativas, preguntas o verificación de condiciones.



Rectángulo. Representa Operaciones o acciones a realizar, con excepción de decisiones o alternativas.



Círculo. Es un conector dentro de la misma página.



Conector. Fuera de página.



Triángulo. Archivo o Almacenaje del documento.



Documento o formato. Sobre el que se efectúa alguna actividad.



Flechas. Marcan el sentido o la orientación del proceso.

Ventajas de los Mapeos de proceso

- Proporcionan una comprensión de conjunto.
- Facilitan la comunicación.
- Descubren las oportunidades para mejorar.
- Hacen más fácil establecer los límites.

Elaboración del Mapeo de proceso

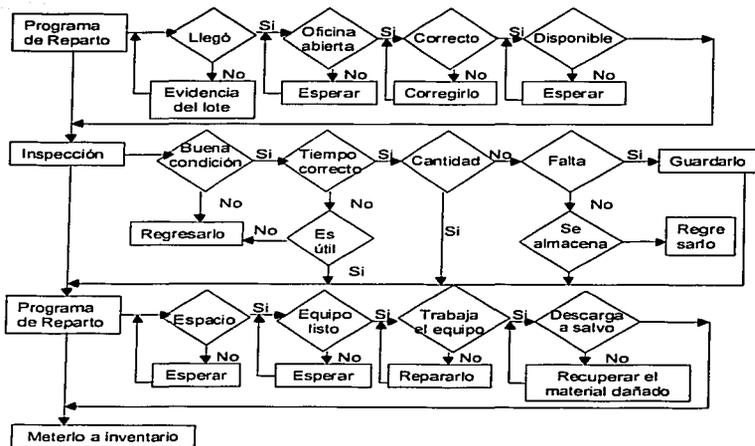
1. Enlistar la secuencia de actividades que conforman el proceso o sistema a esquematizar.
2. Utilizar los símbolos básicos y definir la secuencia lógica, detallada y completa de los pasos que sigue el proceso.
3. Asegurarse que todas las líneas y conectores estén debidamente unidos. Sobre todo, los rombos de decisión deben indicar el camino que siguen los SI's y los NO's.
4. Verificar que todos los textos dentro de cada símbolo, empiecen con un verbo en infinitivo. (comprar, firmar, revisar, aceptar, aprobar, devolver, sellar, etiquetar, etc.)
5. Revisar que el diagrama esté completo. Que todo lo que se hace en la realidad, corresponda a lo ahí plasmado. Sométalo a consideración de otras personas.

6. Probar la validez del diagrama, verificando que no se mezcle lo que es, con lo que debiera ser.

Nota. Un diagrama es más útil en la medida que sea más compacto. Se recomienda que el diagrama de Flujo tenga un máximo de veinte pasos.

Ejemplo

A continuación se presenta el diagrama de flujo de recepción de materiales de cualquier insumo o material de empaque.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2.5 -Los histogramas

Definición; Es la tabulación o el número de veces en que se presenta una cierta medición o dato de la característica o variable de calidad a analizar, para un producto cualquiera que se está examinado.

Objetivo; Muestra el modelo de variación general. Presenta los datos de forma ordenada, de manera tal, que se capten las variaciones claramente. Se trata de una ilustración a posteriori, (se describe una situación que ya ocurrió).

Usos; El histograma nos ayuda a determinar la cantidad de veces que ocurren las variaciones de los datos. Revelan, sin realizar elaborados análisis, información acerca del producto o proceso fáciles de entender para el personal, que ayudan a la mejora. Algunas de sus aplicaciones son las siguientes:

- Valorar la resistencia de los materiales.
- Procesos de evaluación.
- Indicar la necesidad de efectuar una acción correctiva.
- Medir los efectos de la acción correctiva.
- Determinar la capacidad de las máquinas.
- Describir gráficamente las características de una máquina.
- Comparar el trabajo de los operadores.
- Comparar la labor de los vendedores.
- Comparar productos.

Elaboración de un histograma

1. Contar el número de datos (n).
2. Seleccionar el valor máximo (X Máx) y el valor mínimo (X Mín) de todos los datos.
3. Calcular el número de clases (intervalos) de la siguiente manera:

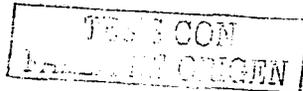
3.1 Encontrar el logaritmo base 10 (log) de n, donde n es el número de datos.

3.2 Multiplicar el resultado por el número constante de 3.3 y se le suma 1.

3.3 Redondear el resultado.

4. El tamaño de la clase se calcula como:
$$\text{Tamaño de la clase} = \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{\text{Numero de Intervalos}}$$

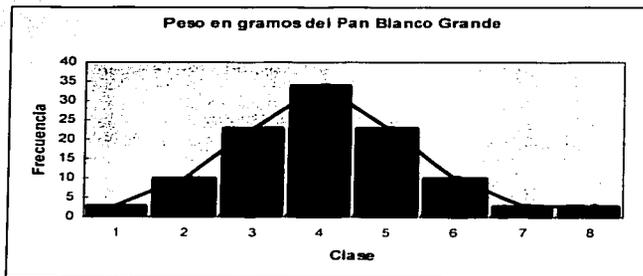
5. Determinar el espacio entre frontera y frontera. Para la primera clase, la frontera inferior será X Mín, y la frontera superior será X Mín + tamaño de la clase.



6. Para la segunda clase, la frontera inferior será la frontera superior de la primera clase más el espacio entre frontera y frontera determinado en el paso.

7. El proceso se repite para cada clase. Para el último grupo, la frontera superior será X Máx.

8. Lo que resta es encontrar la frecuencia de cada una de las clases y hacer una representación gráfica.

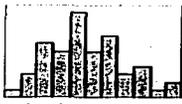


Ejemplo de un Histograma.

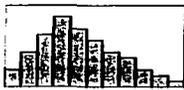
Posibles formas de histogramas como patrones comunes y su justificación



1. Tipo de distribución normal. El histograma de una muestra aleatoria tomada de un proceso bien controlado (distribución normal), siempre será de este tipo si la muestra proviene de una población grande o indeterminada.



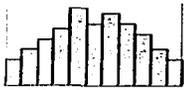
2. Tipo serrucho: Esta forma se presenta cuando el tamaño de la clase del histograma fue mal establecida.



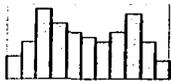
3. Tipo sesgado: estos histogramas se observan en casos de defectos o fallas, puesto que son muestras que provienen de una población con distribución sesgada, o sea, un tipo de distribución binomial o Poisson.



4. Tipo pendiente: Si existe un solo límite de especificación los datos obtenidos nos darán esta forma del histograma, ya que el supervisor y los trabajadores normalmente no desean producir defectos y realizan ajustes al proceso.



5. Tipo meseta: Este es un caso en el que los datos provienen de varias poblaciones con distribución normal.



6. Dos picos: Aquí se trata de datos de muestras de dos poblaciones con distribución normal.



7. Datos aislados: Este tipo de histograma se dá debido a errores en mediciones o en la toma de la muestra.

Ejemplo

A continuación se presenta un conjunto de mediciones del peso de pan integral grande al iniciar el proceso en un turno, realice un histograma y concluya lo que observa.

Especificación: 681 +/- 2.5%

717	717	688	678	741	688	702	707	772	720
752	735	705	683	667	710	720	716	732	707
726	702	714	677	690	707	689	669	691	692
737	693	687	673	672	694	698	704	726	712
725	686	694	762	689	701	699	717	698	691
709	684	704	698	688	684	672	706	704	706
642	694	694	705	685	698	725	697	704	687
706	707	696	693	708	765	664	667	668	687
677	705	683	707	688	702	717	730	687	693
677	668	680	698	707	707	662	668	677	664

Número de datos $n=100$

$X_{\max} = 772$

$X_{\min} = 642$

Número de intervalos

Logaritmo natural de 100 = 2

$$2 * 3.3 = 6.6$$

$$6.6 + 1 = 7.6 \text{ aproximado } 8$$

Número de clases o intervalos = 8

Tamaño de la clase

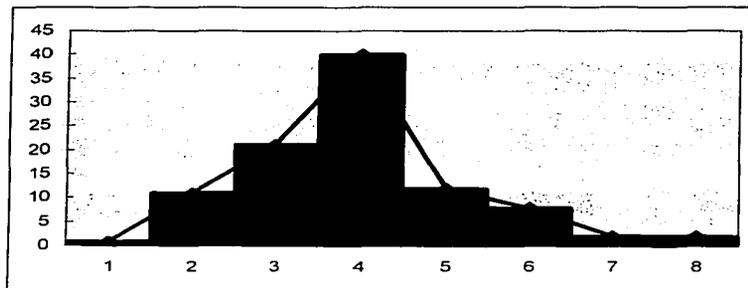
$$\text{Tamaño} = \frac{772 - 642}{8} = 16.3$$

La frontera menor es X_{\min} que es 642.

Rangos: $16.3 + 642 = 658.3$

Frecuencia: Cantidad de números que entran en cada rango.

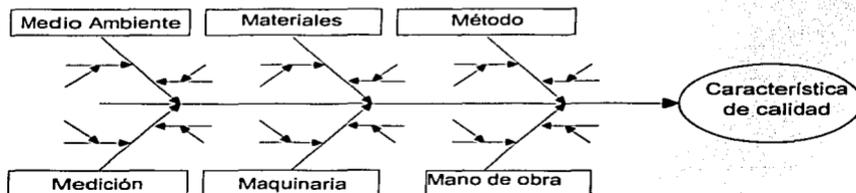
Clase	Cuenta	Frecuencia
642.0 – 658.3	I	1
658.4 – 674.6		11
674.7 – 690.9		24
691.0 – 707.2		40
707.3 – 723.5		12
723.6 – 739.8		8
739.9 – 756.1		2
756.2 – 772.4		2



Esta gráfica presenta una forma tipo sesgada, con los datos de los pesos cargados hacia la izquierda de la gráfica. Lo cual se ratifica ya que la mayoría de los puntos no cae dentro de la media de especificación (Media 681, límites 667.9 y 702.02) y los puntos de la frecuencia 1, 5, 6, 7 y 8 están fuera de especificación establecida para éste producto y la cual se encuentra enunciada al inicio del problema.

2.6 -Diagrama de Causa y Efecto

Definición; Se trata de una técnica de análisis que nos muestra las causas que contribuyen a generar un problema. Es importante resaltar que se debe de contar con la participación del mayor número de personas que integran las diversas áreas o departamentos cuya actividad afecta directa o indirectamente el problema a resolver. El siguiente esquema es una muestra de un Diagrama causa y efecto.



Cada una de las principales ramificaciones corresponden a una parte importante e independiente del proceso, la cual debe ser administrado para su control y mejora. Al conjunto de las mismas se les conoce como las 6M's.

Significado de las 6M's

1. Mano de obra. El desempeño del personal depende de tres factores muy importantes: conocimientos, habilidades y actitudes. La falta de capacitación continua del personal, cursos de manejo de máquinas-herramientas, incentivos, motivación, supervisión, etc. pueden ser causantes de problemas.
2. Medio Ambiente. En esta parte se incluye la basura, desperdicios de insumos y producto terminado, exposición a contaminantes, humedad atmosférica, iluminación de la planta, etc.
- 3.-Materiales. Normalmente las empresas utilizan una gran cantidad de materiales y de componentes para fabricar los productos, estos materiales deben de cumplir con ciertos requisitos de calidad. Aquí se involucra lo que es el agua de proceso, agua de las plantas, materias primas, vapor, etc.
4. Método. Implica cualquier proceso o forma de realizar el trabajo, por ejemplo el lavado, molienda, secado, horneado, limpieza, fermentado, atención a llamadas, etc.
5. Medición. Resulta primordial que las mediciones se realicen con exactitud, lográndose esto con un buen manejo del equipo de medición y con personal capacitado

para el manejo del equipo y toma de mediciones, esto implica un análisis de laboratorio, calibración, mantenimiento a instrumentos, manuales de operación, etc.

6. Maquinaria. En ocasiones la maquinaria para la elaboración de productos solo es capaz de proporcionar ciertos rangos de calidad, que en ocasiones no corresponden con los límites requeridos, entonces se tiene que hacer un ajuste o considerar la compra de equipo nuevo, algunos equipos que pueden ocasionar problemas son los siguientes: hornos, enfriadores, transportadores, fermentadores, máquina empaquetadora de producto, etc.

Elaboración del Diagrama

1. Se anota la característica de calidad, problema seleccionado o área de oportunidad a analizar, en el extremo derecho del diagrama.

2. Se elabora una lista de todos los factores que pueden tener influencia sobre este problema, utilizando la técnica de lluvia de ideas, la forma de realizarla es la siguiente:

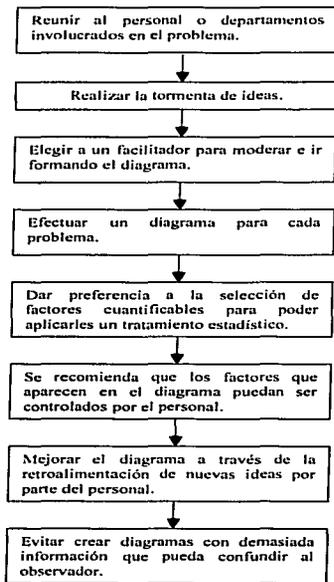
- El problema o afirmación a analizar debe ponerse donde todos lo vean.
- Permitir a la gente unos minutos para anotar sus ideas en una lista (factores que afectan).
- Permitir a la gente que genere un gran número de ideas.
- Dar confianza para que se expresen sin interrupciones.
- Evitar la crítica.
- Todos deben de tener la misma oportunidad de participar.
- Registrar las ideas y mantenerlas en un lugar visible.

3. Se determina qué factores dan lugar a otros, cuál es la relación entre ellos y a qué grupo pertenecen.

4. Se completa el diagrama, apuntando sobre las ramas de los factores principales, las acciones a detalle que causan o influyen sobre estos. De igual manera se escriben los factores pequeños que afectan a los factores en detalle.

5. Se analiza el diagrama para seleccionar las causas más probables para posteriormente confirmarlas, se puede auxiliar de la Metodología de Proyectos para Solución de Problemas y Áreas de Mejora (paso No. 3).

A continuación se explica de forma resumida la secuencia para la elaboración del diagrama y se incluyen algunos consejos para la mejor práctica de la misma.



Beneficios del uso del diagrama de Causa y Efecto

- Este diagrama se emplea tanto para mejora como para control de procesos.
- Su análisis ayuda a determinar el tipo de datos que deben obtenerse, para confirmar las causas probables del problema.
- Ayuda a detectar las causas de la dispersión en las características de calidad.
- Ayuda a prevenir problemas. Sirve para detectar causas potenciales de un problema que se puede prevenir adoptando los controles apropiados.
- Se adquieren nuevos conocimientos sobre el proceso analizado.
- Favorece el trabajo en equipo, ya que se trabaja hacia un fin común.

Ejemplo

El área de ventas de Tortillas realizo un análisis del por qué de sus bajas en ventas de producto, para eliminarlos se utilizó la metodología Seis sigma para la Solución de Problemas y Áreas de Oportunidad. Al elaborar la lluvia de ideas se obtuvieron los siguientes resultados:

1. La calidad del producto no es la que el consumidor busca.
2. El tipo de exhibidor no es el adecuado.
3. Se realizan errores al levantar el pedido.
4. Mala planeación de itinerarios.
5. Frecuencia de las visitas al cliente por parte del consumidor.
6. Distancia de la agencia a la planta
7. Clientes con ventas bajas.
8. Clima de la zona muy húmedo.
9. Exhibidores sin visibilidad para el consumidor.
10. Falta de motivación por parte del vendedor.
11. Ausentismo del vendedor.
12. Rotación del personal.
13. Descompostura de camiones repartidores.
14. Desconocimiento de mínimos de consumo por ruta.
15. No hay un seguimiento semanal hacia el cliente.
16. La supervisión hacia el vendedor no es adecuada.

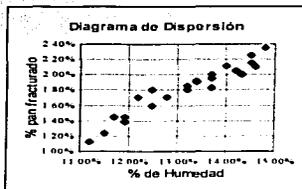
A partir de la lluvia de ideas se realizo el siguiente Diagrama Causa y Efecto.

Las causas que se encuentran resaltadas fueron las principales que se encontraron al utilizar ésta técnica, siendo los principales originados por los métodos y el personal. Con éste esquema se prosigue a determinar cual va a ser el problema a resolver primero.

2.8 -Diagrama de Dispersión

Definición; El diagrama de dispersión muestra la relación entre los datos que son graficados en un par de ejes. Sirve para establecer la relación entre unas causas y un efecto.

En el gráfico se nota una relación entre el porcentaje de humedad de la harina y la fragilidad del pan tostado.



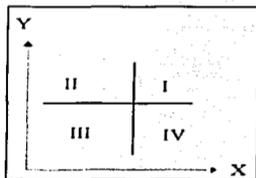
Usos; El diagrama de dispersión tiene, principalmente, un uso técnico. Es de gran utilidad para la solución de problemas de la calidad en proceso y en producto, ya que nos sirve para comprobar qué causas (factores) están influyendo o perturbando la dispersión de una característica de calidad o variable del proceso a controlar.

Elaboración del diagrama

1. Diseñe una hoja para coleccionar datos.
2. Tome de 30 a 90 muestras y regístrelos en la hoja.
3. Trace los ejes horizontal y vertical.
4. Grafique los puntos, si se repiten los valores trace un círculo para representar que esta repetido.
5. Si observa que existen demasiados datos del mismo valor haga uso de un histograma y construya una tabla de frecuencias con índices vertical y horizontal.
6. Determine el tipo de relación que existe de acuerdo a la dispersión de los puntos.
7. Para saber si la correlación es significativa se utiliza el método de cálculo de coeficiente de correlación con el papel de distribución binomial o con el método de la mediana.

Método de la mediana

Muestra la frecuencia de ocurrencia de varias categorías en forma de gráfica, puede utilizarse como un primer corte en la media, variación, distribución de datos. Una parte importante del análisis de datos del proceso.



1. Grafique los puntos.
2. Calcule las medianas de las dos columnas de datos (X y Y).
3. Dibuje las líneas medianas para la "X" y para "Y", dichas líneas parten de los valores obtenidos del cálculo de las medias.
4. Identifique las cuatro áreas resultantes después de trazar las líneas medianas; identifíquelas con: I, II, III y IV.
5. Cuente los puntos de cada área, si la línea de las medias cruza algún punto no lo tome en cuenta.
6. Calcule el número de puntos en las áreas:

$$\begin{aligned} & : (I) + (III) = \\ & (II) + (IV) = \end{aligned}$$

Si la suma de I y III es mayor que la de II y IV, existe una probable correlación positiva.

* Si la suma de I y III es igual que la de II y IV no existe una correlación.

* Si la suma de I y III es menor que la II y IV existe una posible correlación negativa.

7. Compruebe si existe correlación estableciendo el número límite de puntos utilizando la tabla 4.2 (Ver anexo 1). Para lo anterior se toma como n la suma de los puntos de área I, II, III y IV.
8. Compare los resultados de los límites obtenidos de la tabla con los calculados de la gráfica.

Se pueden presentar los siguientes casos:

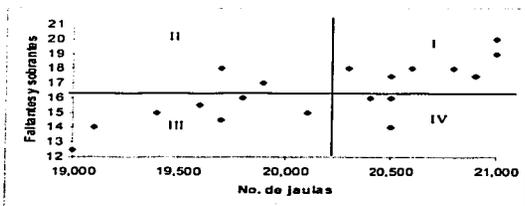
- a) Si los calculados (en la gráfica) son mayores que los obtenidos de la tabla, se ratifica que el diagrama de dispersión presenta correlación y que es positiva.
- b) Si los valores de la tabla con los de la gráfica son iguales se toma como correlación positiva.
- c) Si los valores de la tabla son mayores que los de la gráfica la correlación es negativa.

Ejemplo

Se debe encontrar la relación existente entre la cantidad en pesos de faltantes y sobrantes de producto y el número de jaulas manejadas en área de embarque.

Semana	No. de jaulas por semana	Faltantes y sobrantes en pesos por cada 10,000 de venta
1	20,500	17.50
2	20,600	18
3	20,900	17.50
4	19,700	14.50
5	21,000	19
6	19,400	15
7	19,000	12.50
8	20,800	18
9	20,500	14
10	19,900	17
11	19,600	15.5
12	20,400	16
13	20,100	15
14	19,800	16
15	20,300	18
16	20,500	16
17	19,100	14
18	21,000	20
19	20,100	15
20	19,700	18

Para la realización de la gráfica utilizaremos el método de medianas que a continuación se ejemplifica:



Area	Puntos
I	7
II	2
III	7
IV	1
Total (n)	17

En este caso el total es de 17 ya que se eliminaron tres puntos sobre los que pasa la mediana (línea).

$$I + III = 7 + 7 = 14$$

$$II + IV = 2 + 1 = 3$$

Utilizando la tabla de prueba de signo tenemos como límites:

Límite inferior : 4
Límite superior : 13

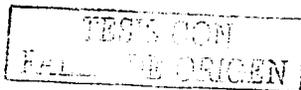
Haciendo la correlación entre los límites y los determinados a través de la gráfica:

$$\begin{array}{l} \text{Total mayor} \quad (14) > (13) \\ \text{Total menor} \quad (3) < (4) \end{array}$$

Se observa que existe una correlación entre los puntos, lo que implica que a medida que se aumenta el número de jaulas usadas el costo de faltantes y sobrantes aumentará.

2.9 -Estratificación

Definición; La estratificación es una herramienta poderosa para encontrar las causas más importantes que afectan la dispersión. La estratificación implica la posibilidad de poder separar y tratar cada parte o población siempre y cuando compartan una mínima característica.



Ejemplo

Característica	Estratificación
Por operario	Experiencia, edad, turno
Por tiempo de producción	Día, semana, período, mes
Por maquinaria o equipo	Máquina, modelo, tipo, vida
Por proceso	Procedimiento de operación
Por material	Proveedor, composición
Por inspección o medición	Pruebas de máquinas, instrumento

La estratificación se puede emplear como base para el uso de otras herramientas estadísticas como: los Histogramas, diagramas de dispersión, gráficas de control, etc.

Puntos para encontrar la dispersión en relación con sus causas

1. Tratar de Estratificar en varias clases de causas, dado que es difícil identificar qué causa contribuye más. Puede tratarse de agrupar de acuerdo con cualquier posible causa.

Obtenga los datos directamente relacionados con la calidad y sus causas.

Procedimiento para estratificar

1. Determinar las características específicas para la estratificación, dependiendo de la naturaleza de los datos.
2. Los datos de estas características deben ser expresados de manera comprensible, por ejemplo en un histograma de frecuencias.
3. En cada histograma hay diferentes tipos de dispersión que los caracteriza, y hay que pensar en las causas específicas de esta variación, para así detectar la causa que más contribuye a dicha dispersión.
4. Los datos que resulten deben clasificarse en grupos de acuerdo con la causa probable de dispersión, este proceso es la estratificación.

Ejemplo

Para investigar la eficiencia en la recepción y los faltantes atribuibles al departamento de producción, se muestrearon tres mil charolas diarias y se inspeccionaron buscando faltantes, sobrantes o defectos en los productos. Las charolas defectuosas fueron aquellas que tuvieron alguno de los defectos mencionados. La información se presenta a continuación:

Día	Charolas defectuosas		
Lunes	57	41	34
Martes	26	38	39
Miércoles	37	30	33
Jueves	27	36	53
Viernes	33	55	38
Sábado	41	30	30

Esta información es útil, sin embargo no se puede distinguir el comportamiento en relación con las charolas defectuosas para cada uno de los turnos, por lo que se decidió estratificar (separar) por turno, y quedo de la siguiente forma:

Día	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Lunes	10	25	22
Martes	05	10	11
Miércoles	08	14	15
Jueves	10	07	10
Viernes	06	15	12
Sábado	09	17	15
Lunes	16	10	15
Martes	10	11	17
Miércoles	06	09	15
Jueves	15	11	10
Viernes	10	15	30
Sábado	09	09	12
Lunes	07	12	15
Martes	11	14	14
Miércoles	09	13	11
Jueves	10	18	25
Viernes	14	08	16
Sábado	06	10	14
Sumatoria	171	228	279

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

Una vez estratificado es posible investigar el comportamiento para cada uno de los turnos y emprender las acciones necesarias. En el ejemplo se puede apreciar que el tercer turno es el que debe revisarse prioritariamente, cosa que no se podía apreciar en la primera tabla en la cual no se utilizó la estratificación.

2.10 -Hoja de Datos

Definición; Es una herramienta en la que se vacían los datos de un proceso, producto, servicio, etc.

Obstáculos que se encuentran en la recolección de datos

- Problemas de muestreo o de cómo se obtienen los datos.
- Problemas al presentar y ordenar los datos para su debida interpretación.

Recomendaciones para la recopilación de datos

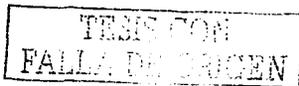
- La utilización cabal de los datos obtenidos del proceso, producto o servicio, que reflejen la realidad, permiten analizar un problema adecuadamente para plantear las posibles soluciones.
- Es indispensable que la recolección de los datos se realice de manera cuidadosa y exacta.
- Se debe tener perfectamente claro el propósito de reunir los datos.

Beneficios de su utilización

1. Ver cómo se distribuye un proceso.
2. Saber cuántos productos son defectuosos.
3. Ubicar dónde están localizados los defectos.
4. Encontrar las causas de los productos defectuosos.
5. Verificar o inspeccionar un proceso, etc.
6. Lo más importante es que se cuenta con una base para actuar.

Importancia de las hojas de datos

Los ejemplos de las hojas de datos que se poseen en una organización es muy grande; cada departamento lleva sus propias hojas de datos, y se deben de almacenar por un tiempo definido y el cual esta relacionado con el periodo de vida del producto en el mercado de acuerdo a las recomendaciones del Sistema ISO 9000 ver 2000.



2.11- Gráficas de Control

Definición; Una gráfica de control es una herramienta estadística que detecta la variabilidad de un proceso a través del tiempo. En ella se marcan los resultados de la variable a observar en un esquema formado por una línea central o media, y dos líneas que representan los límites de control (superior e inferior).

Funciones de la Gráfica; Funciona como una radiografía que muestra si el proceso, servicio, producto, etc. esta sano, sino tiene huesos rotos y además proporciona información suficiente para que dicho proceso se mantenga sano y nos prevenga para evitar una posible fractura.

Debe de proporcionar una visión clara del proceso hora tras hora y día tras día para que en cualquier momento se pueda tomar una acción correctiva.

Objetivos de las gráficas de control

1. Establecer, cambiar especificaciones, o determinar si un proceso dado puede cumplirlas.
2. Establecer o cambiar los procedimientos de producción. Esto puede ser eliminar las causas que originan la variación, o cambios en los métodos de producción si es que se considera que con los existentes no se pueden cumplir las especificaciones.
3. Establecer o cambiar procedimientos de inspección y aceptación, o ambos. Es decir, proporciona una base para tomar decisiones sobre el proceso como: cuando dejar al proceso solo, cuando investigar las causas de variación o cuando tomar una acción para permitir eliminar cualquier causa asignable de variación, además de que permite actuar para mantener dentro de control el proceso o permite eliminar la dispersión del proceso.
4. Proporcionan una base de decisiones sistemáticas sobre: aceptar o rechazar un producto, reducir costos de inspección y producción, contribuir a familiarizar al personal con el uso de gráficas y a adquirir un compromiso que favorezca la calidad del producto.

Partes que conforman la Gráfica

Las gráficas de Control están compuestas por un eje horizontal y un eje vertical, límite de control superior, límite central, límite de control inferior y la línea de los datos.

Los límites de control se establecen con el propósito de obtener un juicio respecto al comportamiento del proceso, esto es, determinar si es estable o no. Cualquier punto que se encuentre fuera de los límites se considera como fuera de control.

Los límites de control son límites naturales del proceso, esto es, se generan de manera automática en base a los datos leídos. No deben ser confundidos con los límites de especificación.

Típos de gráficas de control

Existen varias gráficas en función de la variable a observar y del proceso a controlar, es decir si el proceso depende de una variable o un atributo.

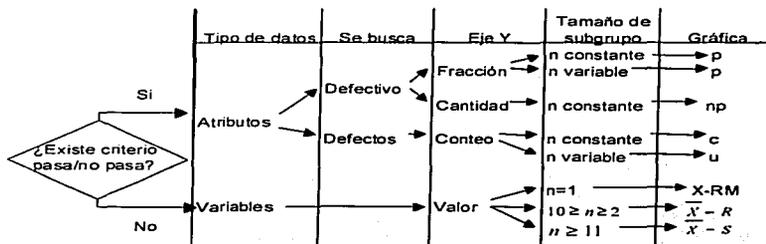
1. Gráfica de control por variables:

- Gráfica \bar{X} - R. Sirve para el control y análisis de la media de una característica y su dispersión se expresa mediante el rango.
- Gráfica \bar{X} - σ . Sirve para el control y análisis de la media de una característica, su dispersión se expresa mediante la desviación estándar.

2. Gráficas de control por atributos.

- Gráfica P. Sirve para controlar y analizar la fracción de unidades defectuosas de muestras de tamaño variable.
- Gráfica nP. Sirve para controlar y analizar la fracción de unidades defectuosas de muestras de tamaño constante.
- Gráfica c. Sirve para controlar y analizar el número de defectos por unidad en muestras de tamaño constante.

¿Qué Gráfica de Control Utilizar?



a) Gráficas por variables o variables continuas.

Gráfica de control $\bar{X} - R$

Se emplean para mostrar al mismo tiempo los cambios en el valor medio y la dispersión del proceso, lo que la convierte en una herramienta efectiva para revisar diariamente anomalías en un proceso. Además de que indica los cambios de manera dinámica.

Elaboración de la gráfica

1. Se deben reunir los datos. Habitualmente se toman 100 muestras, divididas en subgrupos (normalmente 4 ó 5) cumpliendo con las siguientes condiciones:

Los datos obtenidos bajo las mismas condiciones técnicas deben formar un subgrupo, que es una agrupación ordenada de datos tomados de una máquina, línea de proceso, control de servicios, etc, cada determinado periodo de tiempo, no debe incluir datos provenientes de lotes diferentes, ni de distinta naturaleza.

La cantidad de muestras de un subgrupo determina su tamaño, y se denota con la letra n . La cantidad de subgrupos se denota con la letra k .

2. Calcular \bar{X} y R para cada subgrupo, donde R es el rango (X máx - X mín).
3. Obtener el gran promedio \bar{X} (promedio de promedios) y el rango promedio \bar{R} .
4. Se calculan los límites de control empleando las siguientes fórmulas:

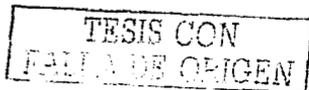
Gráfica \bar{X}

Línea Central	$LC = \bar{X}$
Límite de control superior	$LCS = \bar{X} + A_2 \bar{R}$
Límite de control inferior	$LCI = \bar{X} - A_2 \bar{R}$

Gráfica R

Línea Central	$LC = \bar{R}$
Límite de control superior	$LCS = D_4 \bar{R}$
Límite de control inferior	$LCI = D_3 \bar{R}$

Los valores de los coeficientes A_2 , D_3 y D_4 dependen del tamaño de la muestra n . La tabla se presenta en el anexo (tabla 4.3) o a continuación:



N	A1	A2	B3	B4	D3	D4
2	3.759	1.880	0	3.267	0	3.268
3	2.394	1.023	0	2.568	0	2.574
4	1.880	0.729	0	2.266	0	2.282
5	1.596	0.577	0	2.089	0	2.114
6	1.410	0.483	0.030	1.970	0	2.004
7	1.277	0.419	0.118	1.882	0.076	1.924
8	1.175	0.373	0.185	1.815	0.136	1.864
9	1.094	0.337	0.239	1.761	0.184	1.816
10	1.028	0.308	0.284	1.716	0.223	1.777

5. Trazar la gráfica de control \bar{X} - R. El trazo de la línea central debe ser continuo, y el de los límites de control, puntuado.

Ejemplo

En la línea de elaboración del polvorón, se han detectado problemas, a raíz de esto se resolvió que el problema se presenta durante el horneado. Realice el análisis de las temperaturas del mismo y de la gráfica de control de las temperaturas del horno.

	X1	X2	X3	X4	X5	Σ	Media	Rango
1	265	267	269	269	270	1340	268.0	5
2	250	260	267	273	280	1330	266.0	30
3	255	260	275	280	284	1354	270.8	29
4	265	269	279	280	278	1371	274.2	15
5	260	265	267	269	268	1329	265.8	9
6	267	265	264	267	269	1332	266.4	5
7	275	275	276	280	290	1396	279.2	15
8	285	283	280	275	270	1393	278.6	15
9	275	277	277	280	285	1394	278.8	10
10	270	275	278	275	269	1367	273.4	9
11	275	280	275	273	276	1379	275.8	7
12	265	275	278	274	275	1367	273.4	13
13	270	276	285	283	274	1388	277.6	15
14	275	280	280	277	275	1387	277.4	5
15	280	275	276	274	270	1375	275.0	10
16	269	267	270	273	275	1354	270.8	8
17	283	280	280	276	273	1392	278.4	10
18	272	270	269	270	272	1353	270.6	3
19	260	264	268	280	285	1357	271.4	25
20	255	264	273	265	269	1326	265.2	18
21	267	267	269	270	274	1347	269.4	7
22	270	272	277	273	270	1362	272.4	7
23	273	275	278	280	274	1380	276.0	7
24	267	269	268	267	270	1341	268.2	3
25	280	284	276	273	270	1383	276.6	14
						34097	272.8	11.76

Media:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Para subgrupo 1.

$$\bar{X} = \frac{265 + 267 + 269 + 269 + 270}{5} = 268$$

Rango:

$$R = X \text{ máx} - X \text{ mín}$$

Para subgrupo 2.

$$R = 270 - 265 = 5$$

Media de medias:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{268 + 266 + 270 + \dots + 276.6}{25} = 272.8$$

Media de rangos:

$$\bar{R} = \frac{5 + 30 + 29 + \dots + 14}{25} = 11.76$$

Límites de control para medias

Límite superior:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCS = 272.8 + 2.11 (11.76)$$
$$LCS = 297.6$$

Límite inferior:

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCI = 272.8 - 2.11 (11.76)$$
$$LCI = 248$$

Límite de control:

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

Límites de control para rangos

Límite superior:

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$LCS = 2.11 * 11.76$$
$$LCS = 24.81$$

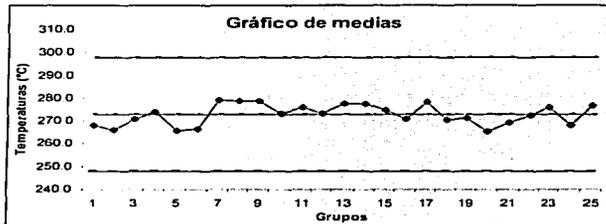
Límite inferior:

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

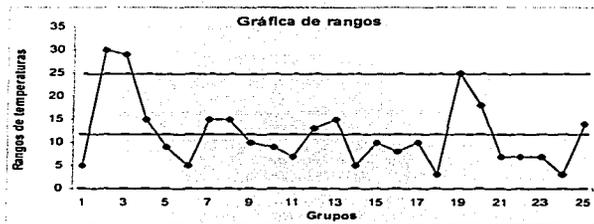
$$LCI = 0 * 11.76$$
$$LCI = 0$$

Límite de control:

$$LC = \bar{R}$$



No se observan puntos fuera de control en la gráfica de medias, lo que indica que no existe una causa asignable de variación. Si existiera un punto fuera de los límites, indica alguna causa especial, como en la gráfica de rangos. Se debe de investigar cual fue esa causa especial y evitar su recurrencia. La línea central del gráfico nos indica el promedio del proceso. Las líneas que unen los puntos muestran las diferencias entre los promedios de cada subgrupo.



La gráfica de rangos es relevante porque lleva a la identificación y posterior reducción de las variaciones del proceso. Un punto en la gráfica muestra la variación existente dentro del subgrupo y la línea central la variación del proceso.

Gráfica $\bar{X} - S$

Las gráficas de control de medias y desviación estándar se recomienda utilizar cuando:

1. El tamaño de muestra es moderadamente grande $n > 10$ o 12 (donde el rango pierde eficiencia por no tomar en cuenta valores intermedios).
2. El tamaño de muestra es variable.

Su construcción es similar a la carta de medias-rangos, excepto que en lugar de rango R en cada subgrupo se calcula la desviación estándar S.

Elaboración de la gráfica

1. Obtenga la Media de cada lote o subgrupo.
2. Obtenga la desviación estándar de cada lote o subgrupo S.
$$\sqrt{V}$$
3. Calcule la media de la media de los lotes tanto para \bar{X} como para S.
4. Se calculan los límites de control empleando las siguientes fórmulas:

Gráfica \bar{X}

Línea Central	$LC = \bar{X}$
Límite de control superior	$LCS = \bar{X} + A_1 S$
Límite de control inferior	$LCI = \bar{X} - A_1 S$

Gráfica S

Línea Central	$LC = S$
Límite de control superior	$LCS = B_4 S$
Límite de control inferior	$LCI = B_3 S$

5. Trazar la gráfica de control $\bar{X} - S$. El trazo de la línea central debe ser continuo, y el de los límites de control, punteado.
6. Trazar la gráfica de control $\bar{X} - S$. El trazo de la línea central debe ser continuo, y el de los límites de control, punteado.

Nota: los valores para calcular dichos límites se presentan en el anexo

b) Gráficas por atributos o variables discretas

Gráfica p

Definición; Es la relación entre el número de artículos defectivos encontrados en una inspección, o en una serie de inspecciones y la cantidad de artículos realmente inspeccionados. Consiste en clasificar a un artículo como aceptado o rechazado y se utiliza cuando la muestra de datos tomada no es constante y se representa como porcentaje.

Elaboración de la gráfica

1. El tamaño de la muestra (n) debe ser mayor a 50 datos.
Calcule la fracción defectiva para cada subgrupo. Multiplique el resultado por cien para representarlo en porcentaje.

$$P = \frac{\text{Número de defectivos}}{\text{Número de inspeccionados}} = \frac{np}{n}$$

2. Calcule la fracción defectiva promedio \bar{p} :

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \text{número de defectivos/ número total de inspeccionados}$$

3. Establezca los límites de control.

$$LC = \bar{p}$$
$$LSC = \bar{p} + \frac{3}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} \right]$$

$$LIC = \bar{p} - \frac{3}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} \right]$$

4. Construya la gráfica, trace los límites de control y dibuje los puntos que representen la fracción defectiva en porcentaje p (%).

Ejemplo

Durante el recorrido de supervisión en la línea de producción de pastelitos se toman muestras aleatorias del lote elaborado en ese turno, de los cuales se verifica que no haya defectos en el cierre de la bolsa, como que éste quemada, abierta o con producto interfiriendo el cierre de la bolsa. A continuación se presenta la tabla con las muestras verificadas y el número de defectos encontrados en cada uno de ellos. Realice el análisis estadístico y concluya lo observado en la gráfica.

Tamaño de la muestra (n)	No. Defectuosos (np)	Fecha o subgrupo (No)	Porcentaje defectuoso p(%)	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\sqrt{p(1-p)}$	$\frac{3}{\sqrt{n}} \times \sqrt{p(1-p)}$	LCS	LCI
190	19	1	10.0	0.218	0.274	0.059	14.1	2.3
180	15	2	8.3	0.224	0.274	0.061	14.3	2.1
185	12	3	6.5	0.221	0.274	0.060	14.2	2.2
190	8	4	4.2	0.218	0.274	0.058	14.0	2.4
130	15	5	11.5	0.263	0.274	0.072	15.4	1.0
190	6	6	3.1	0.218	0.274	0.058	14.0	2.4
220	24	7	10.9	0.202	0.274	0.055	13.7	2.7
220	20	8	9.1	0.202	0.274	0.055	13.7	2.7
220	15	9	6.8	0.202	0.274	0.055	13.7	2.7
220	18	10	8.2	0.202	0.274	0.055	13.7	2.7
180	10	11	5.6	0.224	0.274	0.061	14.3	2.1
150	15	12	10.0	0.245	0.274	0.067	14.9	1.5
60	3	13	5.0	0.388	0.274	0.106	18.8	-2.4
100	6	14	6.0	0.300	0.274	0.082	16.4	(0)
135	14	15	10.4	0.258	0.274	0.070	15.2	0.0
210	23	16	10.9	2.207	0.274	0.057	13.9	1.2
220	22	17	10.0	0.202	0.274	0.055	13.7	2.5
220	18	18	8.2	0.202	0.274	0.055	13.7	2.7
255	15	19	5.8	0.188	0.274	0.052	13.4	2.7
300	33	20	11.0	0.173	0.274	0.047	12.9	3.0
3,775	311							3.5

1. Determine la fracción defectiva

$$Np = \frac{311}{3,775} = 0.082$$

2. Calcular el porcentaje defectuoso.

$$P (\%) = \frac{19}{190} \cdot 100 = 10 \%$$

3. Para facilitar el calculo de los límites de control, se separo la formula en dos factores, los cuales son:

$$\frac{3}{\sqrt{n}} \quad \text{y} \quad \sqrt{p(1-p)}$$

El primer multiplicando queda:

$$\frac{3}{\sqrt{190}} = 0.218$$

El segundo:

$$\sqrt{0.082(1-0.082)} = 0.274$$

Por último la multiplicación de ambos multiplicandos:

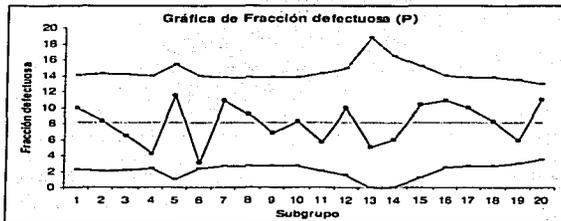
$$0.218 \cdot 0.274 = 0.0597$$

4. Calcular los Límites de Control los diferentes tamaños de muestra.

$$LSC = \bar{p} + \frac{3}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} \right] \quad LSC = 0.082 + \frac{3}{\sqrt{190}} \left[\sqrt{0.082(1-0.082)} \right] = 14.1$$

$$LIC = \bar{p} - \frac{3}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} \right] \quad LIC = 0.082 - \frac{3}{\sqrt{190}} \left[\sqrt{0.082(1-0.082)} \right] = 2.3$$

5. Realizar la gráfica, tomando cada uno de los límites y los puntos de p(%), a continuación se muestra la gráfica final.



De la gráfica se concluye que el cierre de la envoltura de los pastelitos, esta en control, aunque no es constante, por lo que se debe trabajar en reducir la variabilidad del proceso.

Gráfica C

Definición; Representa el número de defectivos por unidad muestreada (puede ser uno o varios artículos), en este caso la n representa una muestra constante. Se emplea cuando se desea cuantificar el número de defectos por unidad de muestreo.

Elaboración de la gráfica

1. Establezca el tamaño de la muestra (n) como unidad a muestrear en cada subgrupo.
2. Determine el número de defectivos promedio por unidad.

$$\bar{C} = \frac{\sum C}{k}$$

Donde:

\bar{C} = es el promedio de defecto por subgrupo.

K = Total de grupos.

$\sum C$ = Total de defectos.

3. Determine los límites de control utilizando las siguientes fórmulas.

$$LSC = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$$

$$LIC = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$$

LC = Media.

4. Trace los límites de control y grafique los puntos que representan el número de defectos por unidad correspondiente a cada subgrupo.

Ejemplo

En una planta se presentan problemas con la reciba de lotes de la panera del pastel de chocolate de 60g, a continuación se muestran los datos recabados de éstos defectos.

Gráfico de Defectos por muestra (C)

Subgrupo No.	No. Defectos						
1	7	21	8	41	11	61	5
2	8	22	4	42	5	62	6
3	9	23	7	43	5	63	8
4	4	24	5	44	3	64	6
5	6	25	6	45	7	65	7
6	7	26	7	46	5	66	8
7	9	27	6	47	4	67	6
8	11	28	7	48	6	68	5
9	5	29	3	49	8	69	8
10	8	30	7	50	6	70	9
11	7	31	4	51	9	71	9
10	7	32	5	52	7	72	10
13	8	33	7	53	6	73	3
14	6	34	3	54	4	74	7
15	10	35	6	55	4	75	9
16	8	36	5	56	6	76	8
17	9	37	7	57	4	77	5
18	6	38	8	58	9	78	3
19	7	39	9	59	5	79	4
20	2	40	8	60	9	80	5

1. Determinar el número de defectivos.

$$\begin{aligned}\Sigma C &= 520 \\ K &= 80 \\ C &= \frac{520}{80} = 6.5\end{aligned}$$

2. Calcule los Límites de control.

$$L.C. = 6.5$$

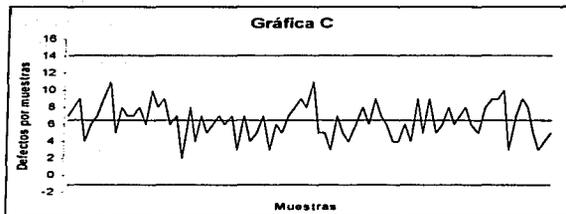
$$LSC = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$$

$$LIC = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$$

$$LSC = 6.5 + 3\sqrt{6.5}$$

$$LIC = 6.5 - 3\sqrt{6.5}$$

3. Elabore la gráfica respectiva, tomando en cuenta los límites de control.



La gráfica nos muestra un proceso dentro de control.

Resumen de las ecuaciones para realizar los cálculos para las diferentes gráficas por variables y atributos

	Tipo de Gráfico	Línea Central	Referencia	Límites de Control
ATRIBUTOS	P	p	$P = \frac{\text{No. Total de defectuosos}}{\text{No. Total inspeccionado}}$	$p \pm \sqrt{p(1-p)}$
	NP	Np	$NP = \frac{\sum NP'}{K}$	$NP \pm 3\sqrt{p(1-p)}$
	C	C	$C = \frac{\sum C}{K}$	$C \pm 3\sqrt{C}$
	U	U	$U = \frac{\text{No. Total e defectos}}{\text{No. Tot unid inspeccionadas}}$	$U \pm 3\sqrt{\frac{U}{n}}$
VARIABLE	\bar{X}	\bar{X}	$\bar{X} = \frac{\sum X}{K}$	$\bar{X} \pm (A_2 R)$
	R	R	$\bar{R} = \frac{\sum R}{K}$	$(D_4 R), (D_3 R)$

Diagrama de flujo para la elaboración de Gráficos de Control

Sabemos que al iniciarse en la elaboración de estas Gráficas de Control, es difícil recordar cada uno de los pasos y las respectivas ecuaciones que aplican a cada una de ellas. Es por esto que se desarrolla una serie de mapas de proceso, en donde se observa paso a paso el desarrollo de la gráfica.

Diagrama de Flujo para Gráficas X v R

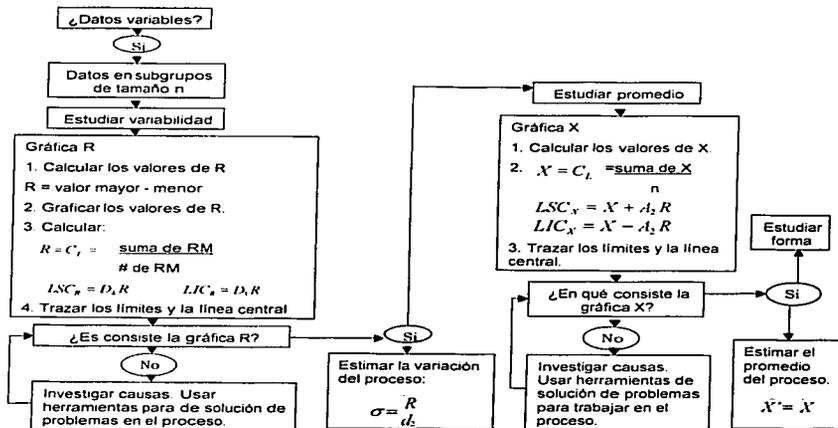


Diagrama de Flujo para Gráfica p Análisis de Artículos Defectuosos

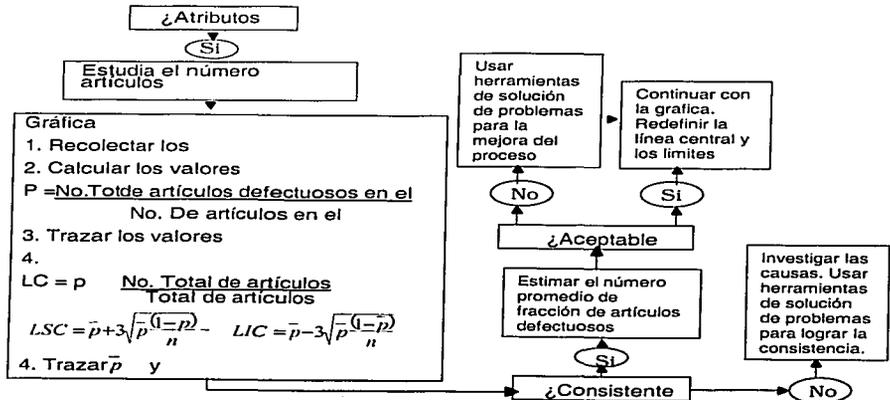
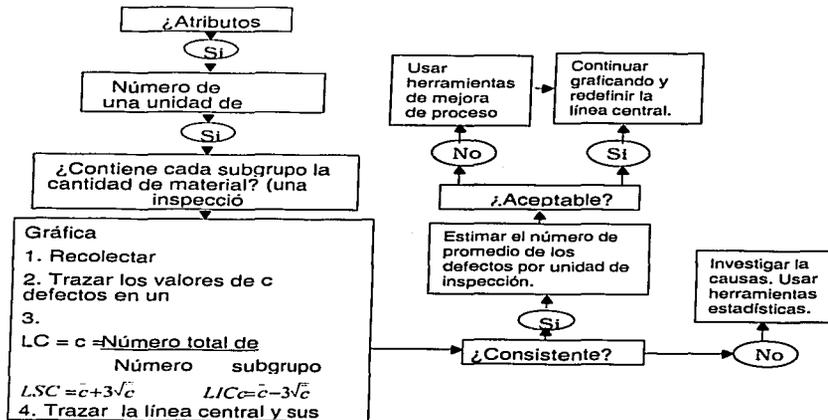


Diagrama de Flujo para Gráfica c
Análisis de Número de Defectos por Unidad de
Inspección



Hojas de Trabajo para Gráficos de Control

Para facilitar la elaboración de las gráficas de esta herramienta estadística, incorporamos hojas de trabajo para cada una de las gráficas, con las cuales se puede guiar para conocer los datos que se requieren y las fórmulas necesarias para la determinación de los respectivos límites de Control.

1. Hojas de trabajo para gráficas \bar{X} y R

- Datos requeridos:

n = Tamaño del subgrupo.

D_3 = Factor para la gráfica R (encontrado en la tabla).

D_4 = Factor para la gráfica R (encontrado en la tabla)

A_2 = Factor para calcular (encontrado en la tabla).

d_2 = Factor para calcular (encontrado en la tabla).

	Gráfica R	Gráfica \bar{X}
Línea Central (LC)	R = Total de valores R No. De valores R R =	X = Total de valores X No. De valores X X =
Límite Superior de Control (LSC)	$LSC_R = D_4 * R$	$LSC_X = \bar{X} + (A_2 * R)$
Límite Inferior de Control (LIC)	$LIC_R = D_3 * R$	$LIC_X = \bar{X} - (A_2 * R)$

2. Hoja de trabajo para Gráfica p

- Datos necesarios:

n = Tamaño del sub-grupo.

	Gráfica p
Línea Central	$p = \frac{\text{no. Total de artículos que no se ajustan a los estándares}}{\text{no. Total de artículos inspeccionados}}$
Límite Superior de Control	$LSC = p + 3 \frac{p(1-p)}{n}$
Límite Inferior de Control	$LIC = p - 3 \frac{p(1-p)}{n}$

3. Hoja de trabajo para Gráfica c

- Datos necesarios:

Gráfica c	
Línea Central	$c =$ Número total de defectos Número total de subgrupos
Límite Superior de Control	$LSC_c = c + 3 \cdot c$
Límite Inferior de Control	$LIC_c = c - 3 \cdot c$

2.12 -Capacidad y habilidad del proceso

Definición: La capacidad del proceso indica si un producto, materia prima, proceso, línea de producción, máquina, servicio, etc., de acuerdo a ciertos requerimientos establecidos del cliente, a través de una tolerancia o límite de especificación, indica si es capaz de cumplirlos o no.

Su expresión matemática es la siguiente:

$$C_p = \frac{\text{Límite Superior Especificación} - \text{Límite Inferior Especificación}}{6 \text{ veces la desviación estándar}}$$

Qué indica el valor de Cp

- Una capacidad mayor o igual a uno significa que el proceso, producto, etc, es capaz de cumplir con la especificación o condiciones impuestas.
- Una capacidad menor a uno significa que el proceso tiene dificultades para cumplir con la especificación.
- De acuerdo a la ecuación anterior, para tener capacidades mayores o igual a uno, el valor de la desviación estándar deberá ser pequeño.

Ejemplo

Obtener la capacidad de proceso para la siguiente serie de datos, así como su interpretación.

Límite superior de Especificación = 9

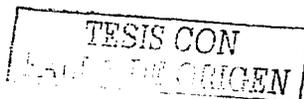
Límite inferior de Especificación = 8

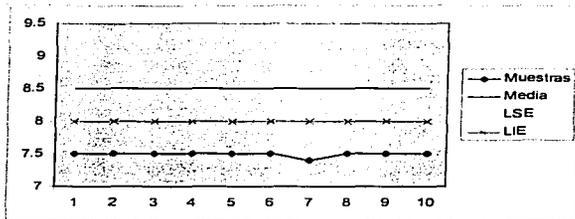
7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
7.5	7.4	7.5	7.5	7.5

$$\bar{x} = 7.51$$

$$\sigma = 0.03$$

$$C_p = \frac{LSE(9) - LIE(8)}{(6 \cdot 0.03)} = 5.55$$





En este ejemplo ninguno de los datos esta dentro de especificación, por esto la desviación estándar es muy pequeña y trae como consecuencia un alto valor de la capacidad del proceso.

Habilidad del proceso Cpk

Definición; Toma en cuenta la posición de la media real de los datos, así como la desviación estándar de los mismos con respecto a la de especificación.

Se utiliza cuando la capacidad del proceso no es un indicador confiable o sensible, ya que para ser efectivo debe de considerarse dentro de los límites, de no ser así se pueden obtener valores de capacidad de proceso que no están de acuerdo con la realidad. Matemáticamente se expresa:

$$Cpk_{lse} = \frac{\text{Limite Superior de Especificación} - \text{Promedio}}{3 \text{ veces la desviación estándar}}$$

La ecuación se emplea cuando sólo existe el limite superior (unilateral).

$$Cpk_{lie} = \frac{\text{Promedio} - \text{Limite Inferior Especificación}}{3 \text{ veces la desviación estándar}}$$

La ecuación se emplea cuando sólo existe el limite inferior (unilateral).

- De los valores que se obtengan se toma en cuenta el que resulte más bajo.

Criterios para interpretar los resultados

En la actualidad la mayoría de las empresas manufactureras consideran a un proveedor, producto, proceso, etc, confiable si el valor de Cpk es mayor o igual a 1 con los límites de $\pm 3\sigma$.

Ejemplo

Utilizando los datos anteriores determinar el Cpk.

7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
7.5	7.4	7.5	7.5	7.5

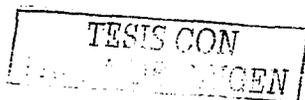
$$\bar{X} = 7.51$$

$$\sigma = 0.03$$

$$Cpk_{lse} = \frac{9 - 7.51}{3 \cdot 0.03} = 16.55$$

$$Cpk_{lie} = \frac{7.51 - 8}{3 \cdot 0.03} = -5.44$$

El valor de Cpk se toma el más bajo, que es $Cpk = -5.44$. Lo que indica que la fuente de donde se obtuvieron los datos no es hábil para cumplir con las especificaciones establecidas, sino que tiene serios problemas



CAPITULO TERCERO
EMPLEO DE SEIS SIGMA



78-A

TESIS CON
CALA DE ORIGEN

CAPITULO 3 -EMPLEO DE SEIS SIGMA

En el siguiente capítulo se define los pasos de la metodología seis sigma y donde se emplean las herramientas estadísticas, cabe mencionar que no todas las herramientas se emplean en un solo proyecto, el uso lo dará el proceso a mejorar

3.1 ¿Que es la metodología de proyectos Seis Sigma?

Definición.

Es una secuencia de pasos que nos lleva a soluciones, mejoras eficaces y duraderas en los productos, procesos y servicios los cuales son ejecutados a través del empleo de las técnicas estadísticas y los Equipos técnicos de Trabajo para consolidar una mejora continua.

Objetivo.

Lograr la satisfacción del cliente a través de la mejora continua de los procesos, productos y servicios. Logrando un liderazgo en el mercado para mantener su preferencia y garantizar su estancia a través del tiempo.

Equipo técnico de Trabajo.

Es un grupo de personas comprometidas a lograr un objetivo común, que se reúnen para identificar las causas que generan un problema y lo resuelven empleando la metodología, trabajando e interactuando abierta y efectivamente, además obtienen resultados positivos para su persona, el proceso y económicos para la organización.

Para lograr que un Equipo sea efectivo, debe de tener las siguientes características:

- Unidad de propósito.
- Comunicación abierta y clima de confianza.
- Claridad de funciones y responsabilidades.
- Participación total y compromiso.
- Consenso en las decisiones.
- Actitud positiva de los miembros del Equipo.
- Creatividad y apertura a los nuevos paradigmas.

Acciones a realizar durante la elaboración de la metodología.

- En cada paso de la metodología que se vaya realizando, se debe documentar y evaluar el desempeño del equipo dentro de las juntas, incluyendo los

avances que se vayan teniendo en la solución del problema y de mejora del proyecto en el que se está trabajando.

- Dentro de los procedimientos de operación, se deben asignar roles a los miembros del equipo como son: el líder del proyecto (green belt), el facilitador, el tomador de acta, el cronometrista, y los responsables.
- El proyecto debe de tener un periodo de vida y una administración.
- A continuación se presenta el esquema general para aplicar la Metodología de Proyectos seis sigma para la Solución de Problemas.

3.2 Desarrollo de la metodología.

Paso 1.- Identificación del área de oportunidad e impacto en el negocio.

- Identificar problemas y/o áreas de mejora, escoger uno. (Definición del Análisis de Modo y Efecto de la Falla)

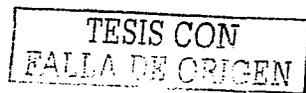
Pasos a seguir:

- Capturar la voz del cliente externo e interno, por medio de encuestas, demostraciones de producto, pruebas con prototipos, evaluaciones de nuestro producto, etc.
- Elaborar un listado de los problemas y clasificarlos por departamento o áreas de mejora utilizando una herramienta estadística ya sea lluvia de ideas, construcción del diagrama de causa y efecto, mapeo de procesos, diagrama de pareto, etc.
- Escoger de una lista el problema que más afecte, que sea más grave y que este a nuestro alcance solucionarlo, o el área de oportunidad que ofrezca una ventaja competitiva en precio, calidad, servicio y/o costo.

Para la selección del problema se deben de tomar aspectos como:

- Beneficio en costo al resolverlo.
- Beneficios a nuestros clientes internos y externos.
- Grado de sencillez o complejidad del problema.
- Esfuerzo requerido para resolverlo.
- Valor agregado de la solución del problema.

Nota: En ocasiones el Equipo de Proyecto se forma para resolver un problema ya seleccionado por su importancia o gravedad.



Al tener el plan en el que se va a trabajar, se define quien forma parte del Equipo de Trabajo para definir las siguientes responsabilidades:

- Del líder durante las juntas y fuera de ellas.
- Del encargado de levantar una acta.
- Del facilitador durante las juntas y fuera de ellas.
- Del tomador de tiempo.

Se recomienda que la duración del proyecto debe ser máxima de seis meses, y se utilice un cronograma para la administración del proyecto con el fin de darle seguimiento.

Cabe mencionar que debemos de incluir los recursos humanos que estén directamente involucrados con el proyecto como son operadores, maestros de línea, supervisores, etc.

Entre los errores más comunes a la hora de definir se encuentran los siguientes:

- Seleccionar un problema que no interese.
- Seleccionar una solución en lugar de un problema.
- Seleccionar un problema transitorio o un sistema en lugar de un problema.

Las herramientas estadísticas utilizadas en este paso son:

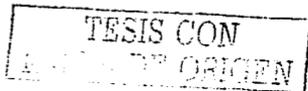
Tormenta de ideas, diagrama de Pareto, histograma, gráficas lineales, mapeo de procesos, método de las 6M's.

El paso queda cubierto cuando:

- Se tiene definido un problema específico o un área de mejora a la cual atacar.
- Se establecen los integrantes del equipo de proyecto, líder, responsable y el directivo responsable del proyecto.

Paso 2.- Comprender la situación y definir claramente el problema. (Medir o establece la línea base "Basseling")

- En este paso se define la magnitud del proyecto que se quiere seguir, para conocerlo debemos de conocer el área de oportunidad y el impacto que ocasionaría al resolverlo.
- Identificación de los factores críticos que afectan la satisfacción del cliente, por ejemplo la confiabilidad, rapidez, precisión, tiempo, cantidad correcta, etc.)
- Identificación de lo que se puede controlar y lo que no se a poder controlar.
- No se debe de perder que lo mas importante es la voz del cliente que va a consumir el producto.



Las siguientes preguntas ayudaran a la comprensión de la operación.

- ¿De qué magnitud es el problema o el área de mejora?
- ¿Cada cuándo se presenta, que pasaría si se presentará?
- ¿Cuánto cuesta y/o cuánto estamos dejando de ganar?
- ¿Qué molestias ocasiona a nuestros clientes?
- ¿Dónde es más grave?
- ¿Qué ventaja competitiva obtendríamos de tener dicha característica de calidad?

La definición del problema y/o área de mejora es la base para la resolución de los mismos, las causas potenciales son aquellas posibles que aparentan ser fuente del problema, siempre y cuando se apoye en una evidencia. El enfoque del problema se puede logra a través de las preguntas lo que "es" contra lo que "no es". Es importante describir el problema y/o área de mejora en términos que tengan el mismo significado para todos.

Las herramientas estadísticas utilizadas en este paso son:

Diagrama de Pareto, histograma, gráficos de control, hoja de datos, graficas de dispersión.

- ✓ El paso queda cubierto cuando existen datos suficientes y bien organizados para explicar la magnitud del problema y el área de mejora.
- ✓ Es importante hacer notar que los datos colectados en este paso son los naturales del proceso durante la colecta de datos no debe de realizarse ningún ajuste o cambio en el proceso.

Paso 3.-Analizar el problema. (Analizar)

Pasos a seguir:

1. Ya definido el problema hay que analizarlo para confirmar que las variables que se seleccionaron en verdad sean críticos que afectan la calidad CTQ's.
2. Se recomienda emplear un diagrama causa y efecto para ilustrar y clasificar todas las posibles causas.
3. Seleccionar las causas más importantes o las que se piense afectan o producen el problema.
4. Confirmar las causas, ya que no implica que sean las verdaderas.

- ✓ Determinación de las variables que son críticas en la calidad y que en verdad estén afectando al proceso.
- ✓ El paso queda cubierto cuando:
 - Definimos todas las posibles causas del problema.
 - Se seleccionan las causas más importantes (probables).
 - Se confirman y/o validan las causas del problema.
 - Se llena la tabla de confirmación de causas.
 - Se han analizado las ideas de contramedida, tomado en cuenta el tiempo de implementación, factibilidad, inversión e impacto en el problema estudiado.
 - Se ha llevado a cabo en una prueba y revisado los resultados.
 - Se ha seleccionado y aprobado la mejor idea de contramedida.
 - Se llenó la tabla de contramedidas con la descripción detallada del proyecto y la Autorización del Proyecto con la información requerida.
 - Los datos se vaciaron en la planeación del proyecto con las principales tareas definidas.
- ✓ Elaborar el plan para cada causa confirmada y/o factor clave de éxito, para lo cual se deben plantear y analizar algunas alternativas de solución. Se recomienda realizar una lluvia de ideas para encontrar la mejor alternativa de solución de cada causa confirmada. Dentro de este proceso se puede rediseñar parte o todo el proceso, esto eliminaría la recurrencia del problema. Este paso es de acción, es decir, requiere una profunda involucración de los interesados.

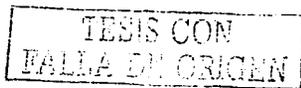
Nota: hay que recordar que se busca eliminar las causas del problema para siempre, no se desea un paliativo o solución pasajera.

Paso 4.- Implementación del plan de contramedidas. (Mejora)

Elaborado el plan de contramedidas, se continua con la toma de acciones correctivas necesarias, aquí hay que hacer que las cosas sucedan. Es necesario realizar un buen plan, para esto se puede tomar ayuda de las seis M's. También se pueden precisar los obstáculos o factores claves que se considera puedan entorpecer o impedir la realización del plan, con el objeto de tener la máxima atención sobre ellos.

El paso queda cubierto cuando:

- Se define y documenta el plan de contramedidas, que es la base para el seguimiento del proyecto, además de llevarse a cabo al pie de la letra.



- ✓ Verificar los avances hasta el logro de los Resultados Esperados. Ya que el equipo implementó las soluciones (contramedidas) adecuadas, el problema debe haber disminuido o reducido su magnitud, o la ventaja competitiva se debe estar presentando.

Para hacer evidente la mejora, es necesario comparar los resultados obtenidos con los del paso 2, esto ayudará a identificar claramente los logros obtenidos para poder validar el tiempo, recursos y esfuerzos empleados en el proyecto, así como la retroalimentación del equipo para reconocer sus éxitos o revisar áreas de oportunidad.

- ✓ Las herramientas estadísticas utilizadas en este paso son

Diagrama de Pareto, histograma, gráficos de control, hoja de datos, gage r and r.

- ✓ El paso queda cubierto cuando:

- Se compara los datos a través de las herramientas estadísticas.
- Se logran los Resultados Esperados definidos además de poder cuantificar los beneficios obtenidos.

Paso 5.- Mantener el efecto de la mejora (Control).

- ✓ Mantener en control la nueva situación, lo cual se logra mediante la estandarización del nuevo método de operación.

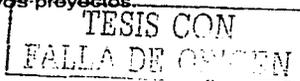
Se debe de verificar que los cambios sugeridos se estén llevando a cabo, el nuevo procedimiento requerirá atención hasta que se convierta en la manera normal de hacer las cosas.

- ✓ Las herramientas estadísticas utilizadas en este paso son:

Hoja de verificación, gráfica de control y diagrama de flujo.

- ✓ El paso queda cubierto cuando:

- Se esta seguro de que la nueva forma de hacer las cosas se cumple normalmente y queda estandarizada.
 - Se tiene una presentación del proyecto con lo más significativo para difundir la mejora.
 - Se realiza el cierre del proyecto.
- Revisar los problemas pendientes e iniciar nuevos proyectos.

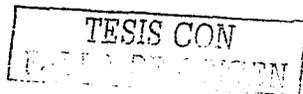


- ✓ Revise la Metodología de Proyectos y proporcione la solución del problema a cada uno de los pasos, de forma que se conozcan los problemas remanentes y se tomen éstos de base para la iniciación de nuevos proyectos. Lo anterior nos guía para evitar errores a través de la experiencia adquirida además de tener bases de cómo iniciar nuevos proyectos.

Se observarán las contramedidas que no pudieron ser probadas y que probablemente se puedan utilizar en algún proyecto.

- ✓ El paso queda cubierto cuando:
 - Se han revisado todas las actividades de mejora realizada en cada uno de los pasos de la metodología.
 - Se definieron los posibles problemas relacionados con la iniciación de nuevos proyectos.
 - Documentar el proyecto en el formato de Reporte Final para presentar al Equipo Directivo de Calidad.
 - Evidenciar aprendizajes, y en su caso, participar en eventos Estatales o Nacionales de Trabajo en Equipo.

En el siguiente tema se mostrara un proyecto realizado con la metodología donde se aplicaran las diferentes herramientas estadísticas y nos ayudara a comprender mejor la metodología empezando a desarrollar el pensamiento estadístico.



3.3 Aplicación practica usando la metodología seis sigma.

El siguiente proyecto se refiere a un problema debido a la irregularidad de la gragea ya que genera problemas a la hora de envasar y en la apariencia del producto, junto con los problemas de salud de los colaboradores por lo que el presente proyecto tiene la finalidad de realizar ajustes para encontrar la forma optima de operar sin que se tenga que realizar una inversión ya que la demanda del producto tiende a la baja.

Formación del Equipo técnico:

Lider-----Coordinador de proyectos Green Belt
 Ascensor-----Black Belt
 Tomador de Acta-----Maestro de Línea
 Facilitador-----Gerente de Planta
 Cronómetrista-----Maestro de Línea
 Miembro-----Operador Oficial.
 Miembro-----Supervisor de Producción

ACTIVIDADES	SEMANAS																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Desarrollo de formulas de proceso.	X	X																							
Para bombos # 1 y 2																									
Definición de parámetros a controlar.				X	X	X																			
Elaboración de hojas de registro.				X																					
Ciclos de proceso.					X																				
Cambio de azúcar estándar por azúcar blanca.						X																			
Periodo de capacitación de los operadores.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X														
Medición del rendimiento del proceso.									X	X	X	X													
Publicación de las formulas de proceso.												X													
Programación en base a la demanda.													X	X	X	X	X	X							
Entrega del bombo # 3											X	X	X	X	X	X	X								
Control de tiempo de proceso, cambios de sabor y limpieza.													X	X	X	X	X								
Crecida y Brillado:																		X	X	X	X	X	X	X	X
Adaptación del vapor en bombo #2.																	X	X							
Adaptación del vapor en bombo #1.																							X	X	
Programación de sabores de en cada bombo.																				X	X	X	X	X	X
Disminución de las bajas de proceso.																								X	X

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

DESARROLLO:

Paso 1.- Identificación y justificación del proyecto.

El presente proyecto nace de la necesidad de estandarizar las características de proceso y calidad del producto de la línea de gragea, así como reducir el esfuerzo físico mejorando el orden y la limpieza del área.

La gragea actualmente se elabora en bombos manuales que tienen una capacidad de 96 Kg con un tiempo de proceso por carga de 2.5 hrs., se cuenta con 20 bombos en el área y son operados con un cuadro básico de 14 gentes.

El proceso inicia con la selección del cristal de azúcar, que posteriormente pasa a un bombo automático con capacidad de 500 Kg de azúcar donde son formadas las puntas que le darán la forma circular al producto esta etapa del proceso dura 6 hrs., la punta para gragea se surte para los bombos manuales en botes de 16 Kg y a partir de esta se inicia el proceso de crecido y pintado de la gragea en los bombos manuales donde cada operador es responsable de dos bombos esta etapa el proceso dura en promedio 2.5 hrs. y la adición de los ingredientes es manual y a criterio del operador.

Área de oportunidad:

Cumplimiento de las normas BMP's (hábitos de Higiene)
QBA (Reducción del empleo de utensilios)
HACCP (Seguridad del producto)

Operador.- Disminución del Esfuerzo físico y riesgo a la salud

Calidad del producto: El tamaño de la gragea es Irregular el cual se refleja en el promedio de calificación del producto.

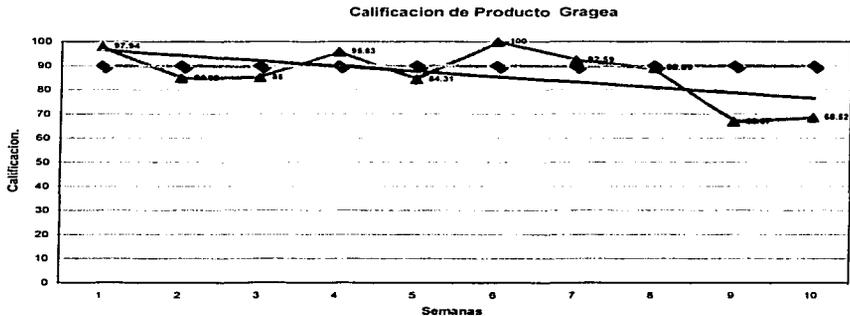
Beneficios adicionales

Color de la gragea.- distorsión en los tonos.

Consistencia de la gragea.- Producto quebradizo

Paso 2.- Comprender la situación actual y definición del problema.

El tamaño irregular del producto es uno de los defectos más penalizados en la calificación de producto que se realiza semana a semana durante el año.



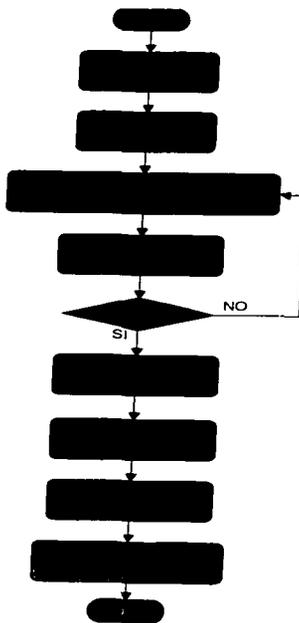
Se tomo como muestra las ultimas diez semanas del año pasado (2002) con el fin de tener una idea clara del problema y que sea la línea base para ver la tendencia que tenían la calificación de producto en planta.

La línea azul muestra el objetivo que persigue la planta, la roja la calificación real y la gris la tendencia que tienen nuestros valores.

Como muestra la grafica la calificación del producto es muy inconsistente por lo que es necesario realizar ajustes.

Para tener una comprensión mejor de la problemática se mostrara el mapeo de proceso de la línea.

MAPEO DE PROCESO PARA LA LÍNEA DE GRAGEA.



Realizando un análisis económico de los gatos sin incluir las materias primas debido a que no se busca una mejora en ellas si no en el proceso arroja los siguientes resultados:

Consumos estimados por semana:

Energéticos:	Bombos automáticos, manuales	--\$ 5,176.00 pesos
Climatizado:	Sistema de lavado de aire Extractores	--\$ 1,925.00 pesos
Gas	20 mecheros uno por bombo	--\$ 1,565.00 pesos
Mano de Obra:	40 personas por los tres turnos.	--\$ 51,402.00 pesos

Gasto total = \$ 60,068.00 pesos

Producción: Ritmo de trabajo = 720 Kg / hr. por 20 Bombos

La producción para una semana trabajando sería:

Usando diferentes capacidades instaladas, se descubre una variación de costos de producción.

720Kg / hr *24 hr * 5.33Días=92,102.00 Kg (100%) Costo por Kg = \$0.65 pesos
720Kg / hr *24 hr. * 2.66Días=45,964.00Kg (49.90%) Costo por Kg=\$1.20 pesos

Los resultados son tajantes el emplear líneas con una capacidad instalada menores de 50 % elevan los costos de producción e impactan en la productividad de las empresas.

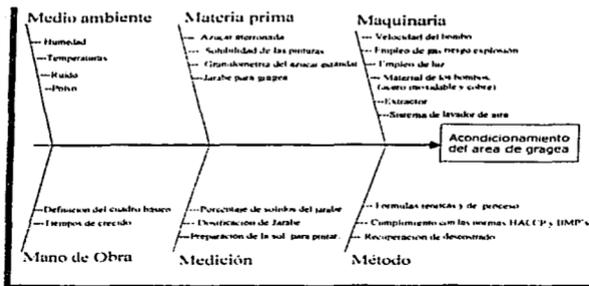
Un factor importante que afecta en los indicadores de planta son las frecuentes incapacidades generadas debido al riesgo de trabajo que tienen los operadores ya que los bombos manuales requieren de un exceso de esfuerzo físico y una posición que lastima la columna del operador y que impacta sobre todo la salud del colaborador

Periodo 2002	Esfuerzo físico
- Lumbalgias de esfuerzo	8 personas
- Equivalente días de incapacidad	55 días
- Equivalencia Aprox.	Equivalente a \$ 8,455.7 pesos

Nota: Los datos anteriores son para fines didácticos.

Paso 3.- Analizar del problema

Por medio de la herramienta diagrama de causa y efecto realizado por el equipo técnico y después de una lluvia de ideas se llega a la conclusión de las variables que afectan directamente al proceso son las siguientes:



Es muy importante que el equipo de trabajo este muy seguro al elegir las causa que impactan directamente la calidad del producto y que en verdad dará un cambio al proceso.

La siguiente tabla se llama de confirmación de causas y nace de la selección de las ideas que se confirmaran que en verdad están impactando al proceso.

Tabla de confirmación de causas

Nº	Causa	Método de confirmación	Persona responsable	Resultados	Confirmación
1	Definición de Jarabe	Verificación	Abdon Mateo Manuel Santista Pavul	El especifico es a Entero	Si
2	Tiempo de proceso Jarabe	Forma de datos	Ruben Moreno Pavul	Problemas con el especifico	Si
3	Definición de los coctes	Verificación	Manuel Santista Abdon Mateo Ruben Moreno	Corresponden con la formula	Si
4	Empleo de gas nitrógeno de su posición	Observación	Abdon Mateo	Variación de presión en algunos quemadores	Si
5	Clasificación	Verificación	Ruben Mateo Ruben Moreno	Reorganización del proceso	Si
6	Empleo de energéticos	Forma de datos	Tiburcio Oros LANOS Abdon Mateo	Consumo	Si
7	HACCP, QRA, BMP's	Auditoria	Alejo Santiago	Penalización de Jarabe, Orden y Limpieza	Si
8	Piso	Verificación	Miguel Luis Jara Pavul Quevedo	Ajustar áreas en índice de humedad, uso de detergentes de manjares	Si

Una vez confirmadas las causas se proceden a realizar un plan de contramedidas la cual consiste en una tabla que contiene la causa confirmada y él o los responsables de darle seguimiento al plan y cuidar que los cambios o sugerencias se lleven a cabo esta etapa es la más importante ya que si no se confirman las causas propuestas por el equipo el proyecto se puede quedar estancado y perder la motivación para realizar las cosas, por lo que es muy importante que se definan bien para no detenernos y poder concluir la efectividad de la acción tomada sobre la base del plan de contramedidas.

Paso 4.- Plan de contramedidas.

4.- Plan de Contramedidas.

Causa confirmada	Idea de contramedida	Acciones (resultados) Cómo	Resuelve el problema si/no
Dosificación de jarabe	Control del dosificado de jarabe	Los bombos automaticos se programa un tiempo de dosificado.	Si
Tiempos de proceso variables	Control de tiempo	En los bombos automaticos se tienen controlado tiempos de rociado, pausa y secado	Si
Disolución de los colores	Soluciones sin grumos	Instalación de tanques con propela para la disolución de los colores.	Si
Empleo de gas riesgo de explosión	Utilización del bombo automatico	En los bombos automaticos se utiliza vapor	Si
Cuadro basico	Ajuste del cuadro basico a la nueva forma de trabajo	Capacitación de operadores de bombos automaticos. Se evita el traslado de MP's y producto terminado.	Si
Empleo de gas y luz	Evitar el uso de gas Riesgo de trabajo	Los bombos automaticos no emplean gas para el brillado	Si
HACCP, BMP's y QBA	Cumplimiento de las normas	En los bombos automaticos no se emplean jarras, cucharones, Tamizes y no existe tanto manejo de producto.	Si
Poivo	Reduccion de las nubes de polvo.	Debido a la geometría de los bombos y al extractor que presenta el fenomeno se disminuye	Si

Paso 5.- Mantener el efecto de la mejora.

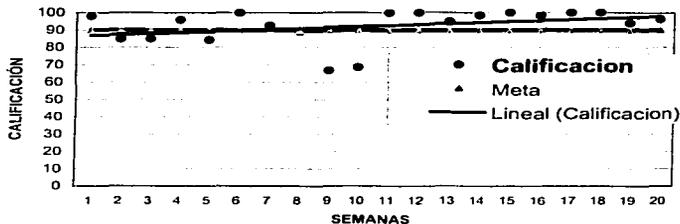
Efectos de mejora obtenidos con el plan de contramedidas fueron los siguientes:

- Programación automática del rociado de jarabe, tiempo de humectación y secado. (Bombos automáticos)
- Eliminación de pasos manuales. Tales como la alimentación de jarabe para pintar y saborizar
- Importancia de la selección de azúcar. (Zaranda)
- Mejora en la preparación de jarabe. (Se instalaron tanques con propela)
- Orden y limpieza del área de trabajo. (Eliminación de Carros con azúcar glass preparada, jarras con las que se dosificaba el jarabe, cucharones etc)
- Disminución de riesgo de trabajo en la línea. (Esfuerzo del operador, Gas y Ruido)

La siguiente grafica se observa el logro de la mejora en cuestiones de calificación de producto con los cambios realizados por el equipo de trabajo.

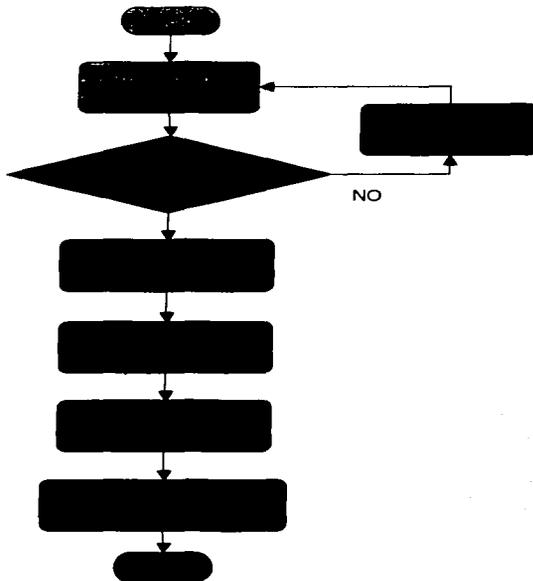
La adecuación del proceso mejora las características de calidad del producto (tamaño, brillo y consistencia), teniendo como beneficio un mejor control de proceso ya que se eliminan pasos manuales controlando mejor el tiempo de crecido y brillado.

CALIFICACION DE PRODUCTO EN PLANTA



Realizar el mapeo de proceso para comparar las etapas de proceso con la que se procesa la gragea para ver los ahorros que se obtienen al implementar la nueva forma de trabajar.

MAPEO DE PROCESO FINAL:



Con esta nueva forma de trabajo se eliminan pasos en el proceso de fabricación del producto que no agregaban valor al producto final solo lo entorpecían y lo hacían más complejo, solo por mencionar alguno la etapa de elaboración de la punta era muy variable en los tiempos y las adiciones de los materiales no se llevaban de acuerdo a las recetas de proceso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En lo económico dan los siguientes resultados con motivo de las acciones tomadas de la nueva forma de operar.

Consumos estimados por semana:

Energía eléctrica:

Bombos automáticos 363 Kwatts hora --\$3,324.53 pesos

Mano de Obra: Para dos turnos. --\$32,943.00 pesos

Costo total = \$ 36,267.00 pesos

Producción: Ritmo =375 Kg / hr. para tres Bombos
Usando una capacidad instalada del 100 % se obtiene lo siguiente:

375Kg/hr. *24Hr *5.33Dias=47,970.00 Kg: (100%)Costo por Kg = \$0.75 pesos

Realizando una simulación con cuatro bombos con el fin de analizar una futura inversión.

500Kg/hr. *24Hr *5.33Dias=63,960.00 Kg : (100%)Costo por Kg = \$0.56 pesos

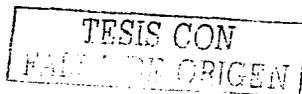
Estos son los datos que interesa como coordinador de proyecto ya que se obtienen de cambios y mejoras para lograr que nuestros procesos sean competitivos y que estén a la vanguardia.

Beneficios adicionales:

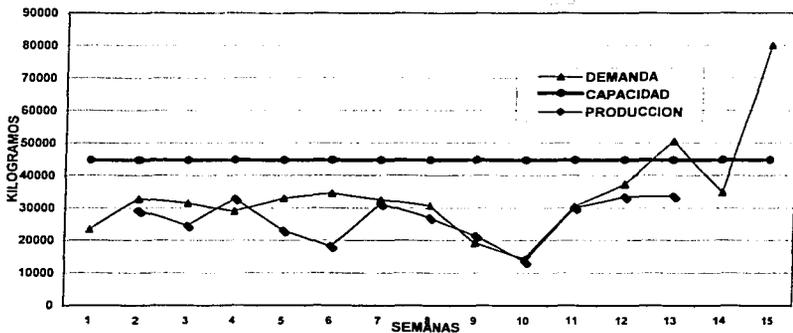
- Mejorar el desempeño de los equipos.
- Ajustar el proceso de acuerdo a las necesidades del mercado.
- Mayor Higiene del producto.
- Se mejora la imagen y desempeño del proceso.
- Disminución de las bajas de proceso.
- Fabricación de gragea morita a partir de azúcar blanca.

La siguiente grafica es importante mostrarla ya que nos da un panorama de cómo esta la demanda del producto en este momento y por que no se puede mantener una capacidad de proceso de 92 toneladas por semana.

Es importante hacer notar que las primeras semanas el proceso se comporto inestable debido a que no se trabajaron semanas completas o la línea se encargaba de realizar otro producto.



GRÁFICA DE PRODUCTIVIDAD



Para finalizar el proyecto se debe de documentar tanto la nueva forma de trabajo, realizar los cambios en los documentos e instructivos, hojas de verificación de trabajo de acuerdo a la documentación ISO9000, difundir la mejora (Capacitar al personal) y realizar auditorias de proceso con el fin de verificar que se sigan manteniendo los cambios.

Paso 6.- Buscar nuevas áreas de oportunidad e iniciar nuevos proyectos.

Se debe de cerrar todas las actividades del plan de contramedidas con e fin de no confundir al personal o aplicarlas en otro proyecto que este relacionado con esta línea.

Se observo que la línea tiene un seleccionador al cual se le podria automatizar para hacerlo mas eficiente.

3.4 -Ejemplo dos control de proceso de la línea de chocolate

La viscosidad es un dato fundamental para muchos productos ya que de ella dependen muchas de las propiedades y características del producto terminado. En el caso del proceso de formación de chocolate para recubrir depende de la:

- Nivelación - espesor del recubrimiento
- Deslizamiento. que se refiere a la fluidez

La viscosidad se define como la expresión del roce interno de los fluidos, es muy viscoso el producto que posee un rozamiento interno elevado, lo que significa que dicho producto no se deja extender, ni deslizarse como lo hace un producto poco fluido.

Para productos de chocolate que se emplean para recubrir, la fluidez de la cubierta estará en función de la forma geométrica del artículo y del número de estratos de la cubierta con los que se quiere cubrir el producto. Para artículos, por ejemplo, una forma que tienda a retener el chocolate y que deba ser recubierto con un estrato doble, se trabajará con coberturas lo suficientemente fluidas manejando la granulometría, el porcentaje de grasa y la lecitina.

Paso 1.- Identificación y justificación del proyecto

Actualmente se presentan problemas con las especificaciones de la viscosidad en una cobertura de chocolate que se emplea en un proceso, el cliente reporta que debido a la variabilidad de viscosidad con la que recibe el producto le provoca constantes ajustes de la maquinaria además de tener que estar monitoreando el proceso continuamente ya que el espesor de lo depositado esta variando constantemente, sin embargo dicho producto al ser analizado en la planta se encuentra dentro de las especificaciones que se acordaron, por lo tanto se procede a realizar un análisis estadístico de los datos para encontrar la causa de la variabilidad del producto y resuelvan su problema.

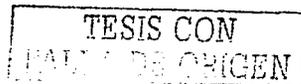
Área de oportunidad: estandarización del proceso

Cliente: imagen con el cliente

Calidad del producto: variación entre lotes

El consumo de cobertura es considerable pero mejorar la imagen con el cliente nos pone en una mejor posición y garantiza la permanencia del producto en el mercado.

Consumo promedio = 100,000 Kg por semana. Por lo que un rechazo o un producto fuera de especificaciones impacta en el negocio ya que un rechazo no solo es la devolución del producto es transporte, tiempo de proceso, mano obra, insumos, etc. y algo muy importante que es la imagen.



Paso 2.- Comprender la situación actual y definición del problema

El producto de cobertura de chocolate es el principal producto que se fabrica por lo que es importante tomar acciones y encontrar la causa que origina la variabilidad.

Características del producto:

Viscosidad: 2000-4000 cPs a 50°C

Porcentaje de grasa: 39.5 - 41.5 % (método fosslet)

Granulometría: 38-42 micras

Estas especificaciones nacieron con el desarrollo del producto.

La molestia principal que tiene el cliente son los constantes paros debido a ajustes de maquina debido a la viscosidad del producto. Regularmente el problema lo tiene en cobertura que tiene valores de viscosidad cercana al limite superior de especificación.

Los costos debido a la no-calidad se pueden mostrar de la siguiente manera:

Entrega = 20000 Kg
Costo de la cobertura = 14.40 pesos por kilogramo
Costos de transportación = 4,200 pesos
Costos totales = 296,400 pesos

Una ventaja competitiva que obtendría la empresa es la mejora continua de los procesos, la atención del cliente ya que se vive hombro a hombro la problemática y nos permite conocer mejor nuestros productos.

Paso 3.- Analizar el problema

Para conocer mejor la problemática el equipo estableció un plan de trabajo.

Colectar datos del proceso sin realizarle ajustes.

Realizar pruebas de normalidad a los datos.

Ver el origen de las especificaciones y analizar el riesgo del cambio de especificaciones.

Propuesta de mejora del producto con el cliente que este conciente de los cambios y que es importante, la retroalimentación de información para evitar que se presente el problema.

La siguiente tabla muestra los datos históricos del proceso en los dos meses anteriores.

El método para determinar la viscosidad es por medio de un equipo Brookfield a una temperatura de 50°C. La siguiente tabla muestra los datos por lotes de producto en una maquina:

Fecha	Viscosidad	% de Grasa	Particula μ	Turno	Maquina
26-Jun-02	3150	38.6	39	3	BM
26-Jun-02	2800	39.9	39	1	BM
26-Jun-02	2950	39.9	39	1	BM
26-Jun-02	3300	38.7	39	1	BM
26-Jun-02	3150	38.7	39	1	BM
26-Jun-02	3150	39	39	1	BM
26-Jun-02	3100	39.7	39	1	BM
26-Jun-02	3300	39.7	39	1	BM
26-Jun-02	2900	39.7	39	1	BM
26-Jun-02	2875	39.8	39	1	BM
26-Jun-02	2800	39.1	39	2	BM
26-Jun-02	2650	39.1	39	2	BM
26-Jun-02	3250	39.1	39	2	BM
26-Jun-02	3900	37.7	39	2	BM
27-Jun-02	3700	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3400	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3900	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3700	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3500	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3500	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3400	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3200	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3600	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3600	38.5	39	3	BM
27-Jun-02	3350	38.4	38	1	BM
27-Jun-02	3200	38.4	38	1	BM
27-Jun-02	3525	38.4	38	1	BM
27-Jun-02	3475	39.7	38	1	BM
27-Jun-02	3100	39.7	38	1	BM
27-Jun-02	3625	38.5	38	1	BM
27-Jun-02	3500	38.5	38	1	BM
27-Jun-02	3050	39.4	39	2	BM
27-Jun-02	3400	39.4	39	2	BM
27-Jun-02	3350	39.4	39	2	BM
28-Jun-02	3900	37.8	39	3	BM
28-Jun-02	3750	37.8	39	3	BM
28-Jun-02	3850	37.8	39	3	BM
28-Jun-02	4000	37.8	39	3	BM
28-Jun-02	3900	37.8	39	3	BM
28-Jun-02	3600	37.8	39	3	BM

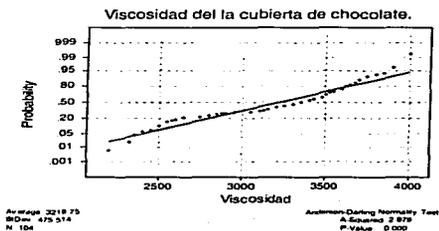
TESIS CON
 [Stamp]

28-Jun-02	3700	37.8	39	3	BM
28-Jun-02	3700	37.8	39	3	BM
28-Jun-02	3675	38.2	37	1	BM
28-Jun-02	3800	38.2	37	1	BM
28-Jun-02	3200	38.2	37	1	BM
28-Jun-02	3550	38.2	37	1	BM
28-Jun-02	3550	38.2	37	1	BM
28-Jun-02	3600	38.2	37	1	BM
28-Jun-02	3400	39.4	37	1	BM
28-Jun-02	3500	39.4	37	1	BM
28-Jun-02	3300	39.4	37	1	BM
28-Jun-02	3400	38.9	37	1	BM
28-Jun-02	3250	38.6	37	2	BM
28-Jun-02	3300	38.6	37	2	BM
28-Jun-02	3350	38.6	37	2	BM
29-Jun-02	3900	37.6	39	3	BM
29-Jun-02	3650	37.6	39	3	BM
29-Jun-02	3700	37.6	39	3	BM
29-Jun-02	3600	37.6	39	3	BM
29-Jun-02	3650	37.6	39	3	BM
29-Jun-02	3500	38.4	39	3	BM
29-Jun-02	3600	38.4	39	3	BM
29-Jun-02	3500	38.4	39	3	BM
29-Jun-02	3500	38.4	39	3	BM
29-Jun-02	3425	38.5	39	1	BM
29-Jun-02	3150	38.5	39	1	BM
29-Jun-02	3125	38.5	39	1	BM
29-Jun-02	3475	39.1	39	1	BM
29-Jun-02	3675	39.1	39	1	BM
29-Jun-02	3500	39.1	39	1	BM
29-Jun-02	3150	39.5	39	1	BM
29-Jun-02	3400	39.5	39	1	BM
29-Jun-02	3425	39.5	39	1	BM
01-Jul-02	3475	37.8	39	1	BM
01-Jul-02	3650	38.3	38	3	BM
01-Jul-02	3600	37.8	38	1	BM
01-Jul-02	3300	37.8	38	1	BM
01-Jul-02	3600	39.1	38	1	BM
01-Jul-02	3750	39.1	38	1	BM
08-Jul-02	2500	39.1	39	2	BM
08-Jul-02	2550	39.1	39	2	BM
08-Jul-02	2650	39.1	39	2	BM
08-Jul-02	2500	37.7	39	2	BM
09-Jul-02	2500	38.5	39	3	BM

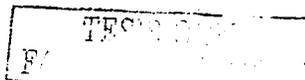
TESIS CON
FALLA DE ORIGINAL

09-Jul-02	2350	38.5	39	3	BM
09-Jul-02	2325	38.5	39	3	BM
09-Jul-02	2325	38.5	39	3	BM
09-Jul-02	2350	38.5	39	3	BM
10-Jul-02	2500	38.5	39	3	BM
10-Jul-02	2200	38.5	39	3	BM
10-Jul-02	2575	38.5	39	3	BM
10-Jul-02	2500	38.5	39	3	BM
11-Jul-02	2500	38.5	39	3	BM
11-Jul-02	2600	38.4	38	1	BM
11-Jul-02	2650	38.4	38	1	BM
11-Jul-02	2400	38.4	38	1	BM
12-Jul-02	2450	39.7	38	1	BM
12-Jul-02	2850	39.7	38	1	BM
12-Jul-02	2500	38.5	38	1	BM
12-Jul-02	2750	38.5	38	1	BM
13-Jul-02	2800	39.4	39	2	BM
13-Jul-02	2550	39.4	39	2	BM
13-Jul-02	2600	39.4	39	2	BM
14-Jul-02	2350	37.8	39	3	BM

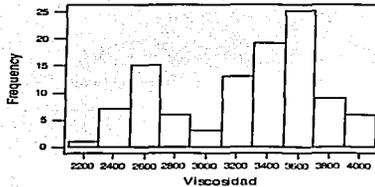
La prueba de normalidad para los datos anteriores es la siguiente:



Los datos se comportan de una manera normal sin embargo existen lotes de producto que salen de la linealidad.
Es importante realizar un histograma para ver la distribución de los datos.



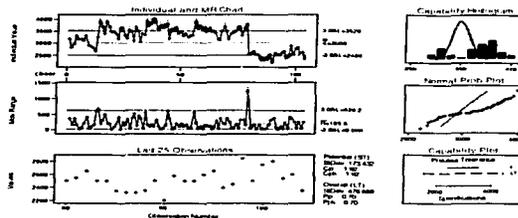
Histograma de la Cobertura de Chocolate



El histograma muestra que existe dos eventos que se están interponiendo, confirman los resultados de una desviación estándar grande y la linealidad la esta dando debido a los rangos tan amplios que tienen las especificaciones.

En el programa Minitab para Windows² se puede realizar reportes que incluyan las graficas que pueden ser importantes para tener una visión clara del problema y con la cual se pueden tomar acciones más certeras, es importante hacer notar que el programa no sustituye en nada el trabajo en equipo no es indispensable para la realización del proyecto es solo una herramienta.

Process Capability Sixpack for the Cobertura de Chocolate



La grafica anterior es un reporte de capacidad de proceso en el se muestran los resultados graficando los puntos en forma individual, los rangos y los subgrupos.

² Minitab para Windows es un software estadístico que emplea General Electric CO.

Paso 4.- Implementar el plan de contramedidas

En la esta etapa de análisis se identifica que es hay dos eventos que se están entrelazando realizando una inspección del proceso se identifica que el producto se realiza en dos equipos que tienen principios diferentes de proceso pero que están empleando la misma receta pro lo que se determina disponer un equipo para ese producto y realizar un ajuste en las especificaciones.

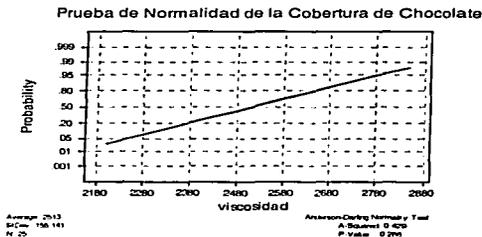
Los principios de los dos equipos son distintos a pesar de que emplean la misma receta y están automatizados, ya que la etapa de molienda en un equipo se lleva en seco la otra la hace en forma de pasta.

Se notifico al cliente sobre las condiciones en las que se procesaría documentando los resultados con los ajustes realizados desde la planta.

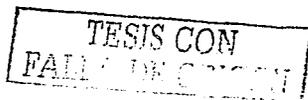
Se estuvieron realizando monitoreo los lotes enviados al cliente, en los diferentes turnos, en la apariencia del producto, el sabor, funcionalidad del producto.

Con los lotes enviados se acordó que el producto que presenta viscosidad menor a 3000 cPs y superior a 2000 no presentaba problemas en la línea y que la variación de peso era menor ya que los inyectores de la maquina no se tapaban.

Los resultados fueron determinantes:



Los datos de la nueva cobertura de chocolate se comportan de manera normal.



Paso 5.-Mantener el efecto de la mejora (control)

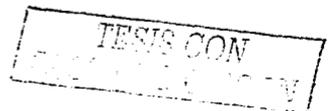
El impacto que tiene la aplicación de las técnicas estadísticas en una empresa es grande y no tiene límites ya que se pueden aplicar en todos los departamentos y en todos puede haber mejoras o áreas de aplicación.

Para el caso del problema de la reología de la cubierta de chocolate nos ayudo a especificar los límites de control (especificaciones) funcionales para el cliente. Además de conocer las necesidades de nuestros clientes ya que se les brinda apoyo en el proceso y se le muestra la capacidad de reacción de una compañía, con esto se logro bajar el índice de rechazos y mantener la confianza del cliente.

Como punto final se sigue monitoreando los parámetros de calidad y se establecieron cartas de control del proceso de depositado y un programa de servicio al cliente ya que no es el único producto que se vende y con esto se busca encontrar nuevas áreas de oportunidad.

Paso 6.- Revisión de los problemas pendientes e iniciar nuevos proyectos

Después de encontrar la fuente principal de variación es importante, hay que buscar nuevas áreas de mejora tales como la valoración de las recetas de trabajo de los productos ya que podría pasar que no estén actualizadas o que el cliente haya aprendido a vivir con los problemas.





CONDICIONES



sigma

105-A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES.

Un proyecto se debe a una necesidad de querer mejorar algo que sentimos que nos está afectando. Lo debemos de tomar como las molestias que sentimos cuando tenemos síntomas de una enfermedad y acudimos con un doctor para que analice la causa de nuestros males o síntomas de la misma manera lo tenemos que hacer con los procesos sentimos parte de ellos con el fin de fomentar la mejora continua o en lo que somos capaces de mejorar para mantener el margen de ganancia.

La metodología seis sigma aplicada en la presente tesis muestra las ventajas y sencillez con la que se pueden lograr resultados económicos para la empresa y personales a través del uso adecuado de las herramientas estadísticas aprendidas durante la carrera y el conocimiento de los equipos, balances de materia y energía, las operaciones unitarias y sobre todo la creatividad y la iniciativa de hacer mejor las cosas para satisfacción personal y beneficio económico para la compañía.

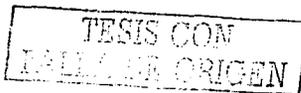
Y no solo es aplicable a los procesos industriales sino también en los servicios tal es el caso del presente diplomado de sistemas productivos que además de ser una opción para aumentar la eficacia terminal del número de titulados de la carrera, deja un beneficio económico a la institución, se podría ver como un proyecto de mejora y realizando un análisis estadístico se podría proyectar el beneficio que tiene la sociedad y la institución a través de medir el grado de satisfacción del cliente.

La propuesta de la metodología busca que las empresas abran los ojos ante las necesidades de los nuevos mercados, el cliente en la actualidad ya no se deja llevar por lo más barato solamente, ya que existe una gran diversidad de productos que pueden satisfacer la necesidad sin embargo existen algunos productos o servicios que contiene un valor agregado que puede ser un color que no tiene la competencia, biodegradabilidad, el empaque, un regalo, el trato, la reducción del tiempo de espera, etc. lo cual hace más atractivo al producto ganando terreno en el mercado y los clientes se vuelve más analítico para la toma de decisión de cambiar o seguir usando lo mismo.

La metodología proporciona ciertos beneficios y principios a la organización que la emplea tales como:

Compromiso:

que exista un compromiso con el cliente de mejorar un producto o servicio como un valor agregado de la organización que se debe de tomar como una filosofía.



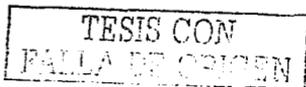
- Competitividad:** Realizar bien las cosas desde la primera vez y siempre, con ello se logra que el equipo crezca con necesidades de desarrollo.
- Calidad:** Conocer y cumplir con los requerimientos y especificaciones de los clientes.
- Participación:** Fomenta la unidad de las personas y la comunicación, cuando se sabe de la problemática se despierta el interés.
- Actitud de cambio:** No ignorarlo ni temerlo. Aprender a vivir con él.

En lo personal el presente trabajo me deja satisfecho debido a que plasma mi gusto por los procesos y el interés por mejorarlos, a veces los cambios no se dan en un abrir y cerrar de ojos se requiere una metodología para demostrar que es importante cambiar o rediseñar un proceso, etapa o producto para mantenerlo en el mercado.

En lo que se refiere al pensamiento estadístico se va desarrollando conforme se emplean las herramientas y se empiezan a cuantificar los beneficios del cambio sobre todo cuando los clientes notan la diferencia y lo informan ya que eso garantiza una recomendación como proveedor confiable.

El creer en lo que estas haciendo fomenta el interés por los proyectos y se crea un ambiente hostil lleno de sugerencias y donde todos los integrantes del equipo participan, hay que saber escucharlos ya que son ellos los que hacen que las cosas sucedan.

Las metodologías de proyecto no se encuentran separadas de las normas ISO9000 versión 2000, Buenas practicas de Manufactura NOM120, QS9000, HACCP, etc. Es mas fomentan que se emplee una metodología de proyecto para la mejora continua de los procesos.



GLOSARIO

EFECTO: Es todo comportamiento o acontecimiento del que puede razonablemente decirse que ha sido influido por algún aspecto del programa o proyecto.

EFICACIA: Razón última del proyecto es producir cambios. Es el grado en que se alcanzan los objetivos y metas del proyecto en la población beneficiaria, en un periodo determinado, independientemente de los costos que ello implique.

EFICIENCIA: Si la cantidad de producto esta predeterminada, se persigue minimizar el costo total con el medio que se requiere para generarlo.

EMPRESA: Acción y efecto de emprender proyectos social, comercial e industrial.

ESTRATEGIA: Son como llegar hasta lograr el objetivo, lo que usted debe hacer.

EVALUACIÓN: Consiste en utilizar una serie de procedimientos destinados a comprobar si se han conseguido o no las metas y objetivos propuestos y formular las recomendaciones pertinentes que permitan tomar decisiones con el fin de hacer reajustes o correcciones necesarios.

HACCP: Análisis de peligros y puntos críticos de control.

HONESTIDAD: Es hablar y actuar con rectitud, de acuerdo a la verdad.

IMAGEN INSTITUCIONAL: La presencia de la oferta y la demanda con un precio dado, un espacio, tiempo y bajo ciertas circunstancias, que permite la satisfacción de algunas necesidades mediante el pago de cantidades ciertas y en dinero.

IMPACTO: Resultado de los efectos de un proyecto, los cambios se observan en la población objetivo después de que el proyecto o programa ha estado funcionando durante un tiempo.

INSTITUCIÓN: Acción y efecto de instruir. Empresa con función de interés público.

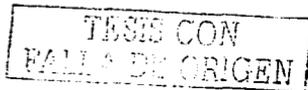
INSUMOS: Son flujos asociados a dichos stocks, que se utilizan en el proceso de implementación del proyecto. Constituyen los elementos necesarios para conseguir un resultado.

INVESTIGACIÓN DE MERCADOS: Cuya denominación original es marketing en inglés, resulta una deficiente traducción sugerida en 1959 por las asociaciones de ejecutivos de ventas de Latinoamérica. También se conoce como mercadeo, mercados, distribución, mercadología, comercialización.

ISO9000: Sistemas de Calidad-Modelo para aseguramiento de la calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.

MERCADO: Conjunto de compradores reales y potenciales de un producto o servicio.

MERCADOTECNIA : La mercadotecnia estudia todas las técnicas y actividades que permiten conocer qué satisfactor se debe producir y que sea costeable, y la forma de hacer llegar ese satisfactor en forma eficiente al consumidor. Es una actividad humana cuya finalidad consiste en satisfacer las necesidades y deseos del ser humano mediante procesos de intercambio. Trabajar con los mercados a efecto de propiciar intercambios



META: Expresa el grado de cumplimiento de los objetivos respecto a la población meta del proyecto. Son las formas clasificadas en orden cronológico de como se mide el grado de éxito que se va teniendo (cuantitativas y cualitativas).

MISIÓN: Es la razón de mi existencia, establece un objetivo, implica compromiso.

MOTIVAR: Es el proceso administrativo que consiste en influir en la conducta de las personas basado en el conocimiento.

NECESIDADES DEL CLIENTE: Definir el problema y objetivos de investigación. Investigación de mercado – demanda manufacturada – promoción – posicionamiento – canales de distribución – venta – satisfacción del cliente.

NEGOCIACIÓN: Tener acuerdos en cuanto al precio y la oferta, que permita la transferencia del dominio o la preferencia.

OBJETIVO: son lo que desea que se cumpla en la practica el resultado final.

ORGANIZACIÓN: Acción y efecto de organizar. Conjunto de personas que trabajan para lograr un fin.

PARTICIPACIÓN: Es tomar parte de los asuntos de un grupo de manera interesada y comprometida para alcanzar un objetivo común.

PERSPECTIVA DE GÉNERO: Es una herramienta que permite ver el mundo y las relaciones entre las personas, sirve para generar un cambio en la sociedad buscando relaciones armónicas entre hombres y mujeres.

POSICIONAMIENTO: Proceso social y administrativo mediante el cual las personas y los grupos obtienen aquello que necesitan y quieren, creando productos y valores e intercambiándolos con terceros.

PROCESOS: Constituidos por el conjunto de actividades que se realizan para tratar de alcanzar el objetivo buscado.

PRODUCTIVIDAD: Se deriva de la relación existente entre un producto y un insumo. Depende por lo tanto, de la tecnología, la organización, el comportamiento de los actores sociales involucrados. Se deriva de la relación existente entre un producto y un insumo. Depende por lo tanto, de la tecnología, la organización, el comportamiento de los actores sociales involucrados.

PRODUCTO: Se utiliza regularmente para nominar a un Bien o Producto Manufacturado, y un Servicio. Resultados concretos de las actividades desarrolladas a partir de los insumos disponibles según su carácter de materialidad pueden distinguirse bienes producidos (o resultados materiales) y servicios prestados.

PROMOCIÓN: Desarrollo y difundir comunicaciones persuasivas sobre una oferta. Es un enfoque sistemático y planeado hacia la obtención acceso a los medios de información a través del uso buenas ideas sobre artículos, periódicos, buenas relaciones, y capacidad para comunicar, es decir se trata de comunicar las palabras precisas a las personas idóneas sobre el tema adecuado en el tiempo oportuno.

Provocar cambio en las personas, Instituciones, es un proceso no un programa.

RECURSOS: Es el stock que se ha previsto para la realización de una actividad, con la que se espera obtener determinados productos y alcanzar objetivos.

RESPECTO: Es reconocer en las otras personas los mismos derechos que queremos para nosotros. Satisfacer las necesidades de los clientes.



SERVICIO: Es el conjunto de actividades que se relacionan entre si y de actitudes que se diseñan para satisfacer las necesidades de los usuarios.

TÁCTICAS: Son las acciones específicas basadas en la estrategia.

TOLERANCIA: Es aceptar que los demás sean, piensen y actúen de forma diferente a la nuestra.

TESIS CON
FECHA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

sigma

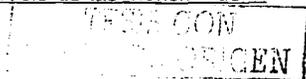
110

TESIS CON
FRASE DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

1. ARRONA Hernández, Felipe de Jesús, Círculos de Calidad Concepto, Operación Implantación, 2da edición Editorial ICASA México 1989 pag 217
2. BENNETT, Jeffrey W, Como Alinear la Estrategia con la Organización, Gestión de Negocios, Volumen 1, numero 3, mayo –junio 2001 México, Pág. 58- 70
3. BERNAL González, Zaimarelis, Conceptos básicos para la elaboración de productos de chocolatería, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Ciudad de la Habana 2001, Pág. 110
4. BOWKER, A.H. and Lieberman, G.J. Engineering Statics. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., U.S.A., 1972.
5. COLUNGA, Dávila Carlos, La Calidad en el Servicio, Editorial Panorama, México 2001
6. FORD MOTOR CO , Continuing Process Control and Process Capability Improvement., Statical Methods Office.Dearborn, Mich., U.S.A, 1985
7. COURTIS; John, Mercadeo de Servicios, una Guía Práctica ,Editorial. Ventura Primera publicación en 1987.
8. Dimitri Kececioglu, Reliability and life Testing Handbook, Vol I y II, Prentice Hall 1991
9. Directrices sobre Técnicas Estadísticas para la NMX-CC-003:1995 IMNC.
10. engineering statistics Handbook, capitulos 2 y 8 en:
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/main.htm>
11. GARCIA CANCLINI, Néstor, Consumidores y Ciudadanos. Conflictos Multiculturales de globalización Grijalbo, México 1995
12. GLENN, A. Eelsh. Presupuestos 'Planificación y Control de Utilidades Editorial. Unión Tipográfica. Editorial Hispano Americana.
13. GOMEZ; Ceja Guillermo, Planeación y Organización de Empresas, Editorial Edicol, México, 1999
14. GRANT, L. E. Y Leavenworth, R.S. Statical Quality Control. McGraw-Hill Company, U.S.A., 1980.
15. GUTIÉRREZ Garza, Gustavo. Aterrizando Seis Sigma. Ediciones Castillo. Primera edición, Monterrey México 2002 pag 181

16. HOROVITZ, Jaques La Satisfacción Total del Cliente McGraw-Hill 199
17. IRESON, Coombs, and Moss, Handbook of Reliability Engineering and Management, McGraw Hill, 1990
18. ISHIKAWA, Kaoru. Guide to Quality Control. Kraus International Publications, N. Y., Año 1987
19. JAMES Lucas, The essential six sigma, Editorial Quality Progress, Enero 2002
20. J.M. JURAN, Manual de Control de Calidad, cuarta edición, McGraw-Hill Madrid España 2000, Capítulos 22, 23
21. JOINER, Brian J. Gerencia de la Cuarta Generación, Editorial McGraw-Hill, México, 1995
22. KUME, Hitoshi. Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. Grupo Editorial Norma, Bogotá, Colombia, 1993.pag 236
23. Mabe GE Appliances, Herramientas Seis Sigma, Curso de Capacitación para Green Belts año 2001
24. Manual de Técnicas Estadísticas del Grupo Bimbo. Grupo Industrial Bimbo.
25. MEEKER and Escobar, Statistical Methods for Reliability Data, año 1998
26. Minitab 11.2 (Minitab Inc.) General Electric Software estadístico. Copyright 1996, Minitab Inc.
27. Revista de la Calidad Total, Contacto. 6 sigma, estadística al servicio de la calidad, Numero 150 año 2003
28. Revista Énfasis Alimentación. Seis Sigma: ¿Un nuevo Modelo para la calidad?. FLC año IX N°2 Abril-Mayo 2003.
29. SERRANO Jaramillo Ma. Eugenia, (2003) Propuesta de mejora del sistema productivo de una microempresa dedicada a la elaboración de paletas de caramelo macizo por medio de análisis DAFO y del método de los escenarios. Tesis de Ingeniería Industrial (Metodología) UNAM facultad de Ingeniería México
30. Thomas Pyzdek, The six sigma handbook, McGraw Hill, 1999
31. Wayne W., Daniel, Bioestadística, Base para el análisis de las ciencias de la salud, Editorial Limusa México 1985, pag. 485



Normas

- Sistemas de Calidad-Modelo para el aseguramiento de la calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio, NMX-CC-003: 1995 IMNC.

Mesografía.

- <http://www.satelicagestion.com/noticias/noticias.asp?codigo=058cro>
- <http://www.udl.es/usuarios/seio2003/treballs/Tort.pdf>
- <http://www.portalqualidade.com/repositorio/bibArq000315.ppt>
- <http://www.gesupplymexico.com/quienes.htm>
- <http://www.jhintl.net/Spanish/Instituciones/UsodeSeisSigma.asp>
- <http://www.seis-sigma.com>
- <http://www.juraninstitute.es/benchmarking.html>

TESIS CON
LIBRE ORIGEN

ANEXOS



TESIS CON
FALSA EVIDENCIA

113-A

Anexo I tablas estadísticas

Tabla 1

Prueba del signo para un Diagrama de Dispersión.

n	Límite		n	Límite		n	Límite.	
	Inf	Sup.		Inf	Sup		Inf	Sup
1	--	--	31	9	22	61	22	39
2	--	--	32	9	23	62	22	40
3	--	--	33	10	23	63	23	40
4	--	--	34	10	24	64	23	41
5	--	5	35	11	24	65	24	41
6	0	6	36	11	25	66	24	42
7	0	7	37	12	25	67	25	42
8	0	8	38	12	26	68	25	43
9	1	8	39	12	27	69	25	44
10	1	9	40	13	27	70	26	44
11	1	10	41	13	28	71	26	45
12	2	10	42	14	28	72	27	45
13	2	11	43	14	29	73	27	46
14	2	12	44	15	29	74	28	46
15	3	12	45	15	30	75	28	47
16	3	13	46	15	31	76	28	48
17	4	13	47	16	31	77	29	48
18	4	14	48	16	32	78	29	49
19	4	15	49	17	32	79	30	49
20	5	15	50	17	33	80	30	50
21	5	16	51	18	33	81	31	50
22	5	17	52	18	34	82	31	51
23	6	17	53	18	35	83	32	51
24	6	18	54	19	35	84	32	52
25	7	18	55	19	36	85	32	53
26	7	19	56	20	36	86	33	53
27	7	20	57	20	37	87	33	54
28	8	20	58	21	37	88	34	54
29	8	21	59	21	38	89	34	55
30	9	21	60	21	39	90	35	55

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 2Valores de los coeficientes A₂, D₃ y D₄ para elaborar una Gráfica de Control X-R.

n	A1	A2	B3	B4	D3	D4
2	3.759	1.880	0	3.267	0	3.268
3	2.394	1.023	0	2.568	0	2.574
4	1.880	0.729	0	2.266	0	2.282
5	1.596	0.577	0	2.089	0	2.114
6	1.410	0.483	0.030	1.970	0	2.004
7	1.277	0.419	0.118	1.882	0.076	1.924
8	1.175	0.373	0.185	1.815	0.136	1.864
9	1.094	0.337	0.239	1.761	0.184	1.816
10	1.028	0.308	0.284	1.716	0.223	1.777

Tabla 3

Factores para determinar los Límites de Control de las Gráficas X - R y X - S.

Número de Observaciones En el lote o Subgrupo (n)	Factores para La Gráfica X		Factores para la Gráfica R		Factores para la Gráfica S	
	A ₂	A ₁	Límite de Control Inferior D ₃	Límite de Control Superior D ₄	Límite de Control Inferior B ₃	Límite de Control Superior B ₄
2	1.88	3.76	0.00	3.27	0.00	3.27
3	1.02	2.39	0.00	2.57	0.00	2.57
4	0.73	1.88	0.00	2.28	0.00	2.27
5	0.58	1.60	0.00	2.11	0.00	2.09
6	0.48	1.41	0.00	2.00	0.03	1.97
7	0.42	1.28	0.05	1.92	0.12	1.88
8	0.37	1.17	0.14	1.86	0.19	1.81
9	0.34	1.09	0.18	1.82	0.24	1.76
10	0.31	1.03	0.22	1.78	0.28	1.72
11	0.29	0.97	0.26	1.74	0.32	1.68
12	0.27	0.93	0.28	1.72	0.35	1.65
13	0.25	0.88	0.31	1.69	0.38	1.62
14	0.24	0.85	0.33	1.67	0.41	1.59
15	0.22	0.82	0.35	1.65	0.43	1.57

TESIS CON
FALLA EN EL CONTROL

Tabla 4

Tabla de código de letras de la MIL-STD-105D para obtener el tamaño muestral.

Tamaño del lote	Niveles de inspección generales		
	I	II	III
2-8	A	A	B
9-15	A	B	C
16-25	B	C	D
26-50	C	D	E
51-90	C	E	F
91-150	D	F	G
151-280	R	G	H
281-500	F	H	J
501-1200	G	J	K
1201-3200	H	K	L
3201-10000	J	L	M
10001-35000	K	M	N
35001-150000	L	N	P
150001-500000	M	P	Q
500001-Mayores	N	O	R

TESIS CON
FALLA DE REVISIÓN

Tabla 5

Tabla para la Inspección Normal de la MIL-STD-105D.

LETRA DEL CÓDIGO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	TAMAÑO DE LA MUESTRA	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE PARA INSPECCIÓN NORMAL																															
		0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1.0		1.5		2.5		4.0		6.5		10	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2																																
B	3																																
C	5																																
D	6																																
E	13																																
F	20																																
G	32																																
H	50																																
J	80																																
K	125																																
L	200																																
M	315																																
N	500																																
P	800																																
O	1250																																
R	2000																																



 Emplear el plan de muestreo inmediato debajo de la fecha


 Emplear el plan de muestreo inmediato superior a la fecha.

Ac Número de aceptación.
 Re Número de rechazo

SI EL TAMAÑO DE LA MUESTRA ES IGUAL O SUPERIOR AL LOTE, HACER LA INSPECCIÓN AL 100%

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 6

Tabla para la inspección Estricta de la MIL-STD-105D.

LETRA DEL CÓDIGO DEL TAMAÑO MUESTRAL	TAMAÑO DE LA MUESTRA	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE PARA INSPECCION RIGUROSA																	
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10		
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
O	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	2000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
S	3150	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

↓ ▼ Emplear el plan de muestreo inmediato debajo de la flecha

▲ ↑ Emplear el plan de muestreo inmediato superior a la flecha.

Ac Número de aceptación.

Re Número de rechazo.

SI EL TAMAÑO DE LA MUESTRA ES IGUAL O SUPERIOR AL LOTE, HACER LA INSPECCIÓN AL 100%.

Tabla 7

Tabla para la Inspección Reducida de la MIL-STD-105D.

LETRA DEL CÓDIGO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	TAMAÑO DE LA MUESTRA	NIVELES DE CALIDAD ACEPTABLE PARA INSPECCION NORMAL																															
		0.010		0.015		0.025		0.040		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1.0		1.5		2.5		4.0		6.5		10	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2																																
B	2																																
C	2																																
D	3																																
E	5																																
F	8																																
G	13																																
H	20																																
J	32																																
K	50																																
L	80																																
M	125																																
N	200																																
P	315																																
O	500																																
R	800																																

 Emplear el plan de muestreo inmediato debajo de la flecha
 Emplear el plan de muestreo inmediato superior a la flecha

Ac Número de aceptación.
 Re Número de rechazo.

SI EL TAMAÑO DE LA MUESTRA ES IGUAL O SUPERIOR AL LOTE, HACER LA INSPECCIÓN AL 100%

TESIS CON
 PARTA DE OTCEN

Anexo II. Softwares Estadísticos.

SuperCEP.

Características.

a. Variables.

- Gráficos de Control: X-R, X-S e individuales y de rango móvil.
- Histograma de frecuencias.
- Capacidad y habilidad de proceso.
- Diagrama de Pareto.
- Muestreo 414.
- Gráficas arco iris.
- Gráficas de máximos y mínimos.
- Aceptación de contenido en base a la norma de SECOFI 1993.
- Prueba de normalidad.
- Histograma de frecuencias colectivo.

b. Atributos.

- Gráficos de Control: p, np, c y u.
- Diagrama de Pareto.
- Muestreo 105D.

c. Reportes.

- Bitácoras.
- Habilidad del proceso.
- Certificados de Calidad.

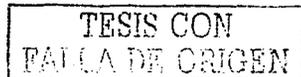
Datos del proveedor.

Teléfono: 53-68-12-64

Página de internet:

Correo electrónico:

supercep@prodiqv.net.mx



a) Statgraphics Plus 5.

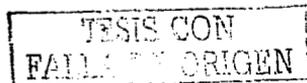
Características.

- a. Control de la Calidad.
 - b. Análisis de Pareto.
 - c. Capacidad del proceso.
 - d. Gráficos de Control por Variables.
 - Gráficas X - R.
 - Gráficas X - S.
 - Gráficas X - S².
 - Gráficas individuales.
 - e. Gráficos de Control por Atributos.
 - Gráficas np, p, c, u.
 - Gráficas de tiempo - Peso.
 - f. Diagrama causa y efecto.
 - g. Muestreo de Aceptación por variables.
 - h. Muestreo de Aceptación por atributos.
 - i. Elaboración de reportes.
 - j. Presentaciones incluyendo envío de información vía internet.
-

Datos del proveedor.

Prima Consultores S.A de C.V.
Teléfono: 52-54-82-35, 52-03-11-98

Correo electrónico:
jmnoriega@compuserve.com



b) SPSS.

Características.

Este programa es capaz de hacer que los consumidores interactúen con sus consumidores de forma confiable, el programa integra las siguientes actividades:

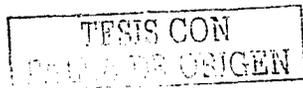
- a. Análisis de mercado.
- b. Datos operacionales y del cliente.
- c. Herramientas de contacto con las ventas del mundo
 - Telecomunicaciones, cuidado de la salud
 - Bancos.
 - Finanzas.
 - Seguros.
 - Manufactura.
 - Investigación de mercado.
 - Productos finales entregables al consumidor.
 - Ventas por menudeo.
 - Sector público.

Datos del proveedor.

Dirección.
233 S. Wacker Drive, 11th floor, Chicago, Illinois 60606.

Correo electrónico.
Spss@work

Página de internet.
www.spss.com/corpinfo/



d) Minitab.

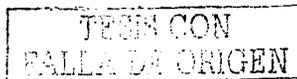
Este programa es empleado por la empresa General Electric Co, es ideal para realizar informes directivos sobre los procesos y tiene una gran variedad de graficas y herramientas compatibles con el Excel, PowerPoint y Word

Características.

- a. Estadística básica y avanzada.
- b. Regresión y ANOVA.
- c. Series temporales.
- d. Presentación de gráficos de calidad.
- e. Simulaciones y distribuciones.
- f. Importación, exportación y manipulación flexible de datos
- g. Control estadístico de procesos (CEP).
- h. Diseño de experimentos (DOE).
- i. Análisis de fiabilidad.
- j. Análisis multivariado.
- k. Tamaño de muestra y cálculos de potencia.
- l. Potente lenguaje de macros.

Datos del proveedor.

Página de internet.
www.minitab.com



e) Statistica.

Características. Stastica Quality Control Charts.

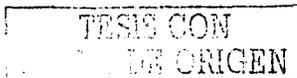
- a. Gráficos múltiples (estilo seis Sigma) reportes y realización de gráficos X-barra y/o R :s, np, p, u y c.
 - b. Gráficos de Pareto.
 - c. Capacidad del proceso e índices de comportamiento.
 - d. Gráficos de rango/promedio movibles, gráficos EWMA.
 - e. Gráficos de corrida corta (incluyendo la nominal y la tarjeta).
 - f. CuSum (suma acumulada).
 - g. Gráficos de S cuadrada.
 - h. Pruebas de corrida.
-

Datos del proveedor.

Dirección.
2300 East 14th Street, Tulsa, OK 74104
Teléfono.
(918) 749-1119.
Fax (918) 749-2217.

Correo electrónico.
Info@statsoft.com

Página de internet.
www.statsoft.com



Anexo III El Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige.

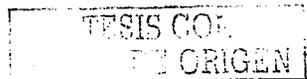
Al aceptar que la productividad estadounidense estaba en declive, el presidente Reagan firmó la ley para citar a un estudio y conferencia nacional de productividad en octubre de 1982. El American Productivity and Quality Center (Centro Americano de Productividad y Calidad) antes American Productivity Center (Centro Americano de Productividad) organizó siete consultas sobre conexión de computadoras en red en 1983 para prepararse para la conferencia de productividad de la Casa Blanca. El informe final de esas conferencias recomendó que un "Premio Nacional de Calidad, semejante al Premio Deming en Japón, se asigne anualmente a aquellas empresas que se establecen y cumplen con éxito los requisitos del premio. Estos requisitos y el proceso de calificación adjunto deben ser muy semejantes al sistema del Premio Deming para que sea eficaz". El Premio Baldrige, en honor al secretario de comercio Malcolm Baldrige, muerto en un accidente poco antes de que el Senado aprobara la ley, se legalizó el 20 de agosto de 1987. Sus objetivos son:

1. Ayudar a estimular a las empresas estadounidenses mejorar calidad y productividad, por el orgullo del reconocimiento al mismo tiempo que se logra un margen competitivo por lograr mayores ganancias.
2. Reconocer los logros de aquellas empresas que mejoran la calidad de sus bienes y servicios, con lo que dan un ejemplo a otras.
3. Establecer lineamientos y criterios que puedan usar empresas, organizaciones industriales, gubernamentales y demás, para evaluar sus propios esfuerzos de mejoramiento de calidad.

Dar una guía específica a otras empresas estadounidenses que deseen conocer cómo administrar la alta calidad, poniendo a disposición la información detallada acerca de cómo pudieron, las empresas ganadoras, lograr sus culturas y alcanzar eminencia.

El jurado del premio se basa en criterios diseñados para definir una norma de excelencia de calidad para las organizaciones que traten de alcanzar los más altos niveles de calidad, funcionalidad y competitividad generales. El examen tiene en cuenta todos los requisitos clave para alcanzar la excelencia en la calidad, al igual que las interrelaciones importantes entre esos requisitos clave. El examen gira alrededor de varios conceptos clave que apoyan todos los requisitos del examen:

1. La calidad la define el cliente
2. El alto liderazgo de los negocios necesita crear valores en el camino en el que opera la compañía
3. La excelencia de calidad se deriva de sistemas y procesos bien diseñados y bien ejecutados
4. El mejoramiento continuo debe ser parte de la administración de todos los sistemas y procesos



5. Las empresas necesitan fijar metas, al igual que planes estratégicos y de operación para alcanzar liderazgo en la calidad
6. El acortar el tiempo de respuesta de todas las operaciones y procesos en la empresa ser parte del esfuerzo para mejorar la calidad
7. Las operaciones y decisiones de la empresa se deben basar en hechos y datos.
8. Todos los empleados deben tener una capacitación y desarrollo adecuados y participar en actividades de calidad
9. El diseño de calidad y la prevención de errores y defectos deben ser elementos principales del sistema de calidad.
10. Las empresas deben comunicar las necesidades de calidad a sus proveedores y trabajar juntos para elevar el nivel de calidad del proveedor.

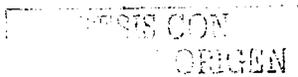
Los criterios de asignación del premio comprenden planificación, implantación, medición y retroalimentación relacionados con la calidad. Las empresas deben sobresalir en las siete áreas siguientes:

Liderazgo. La categoría de liderazgo examina cómo crean y sostienen los altos ejecutivos valores claros y visibles de calidad, junto con un sistema de administración que guíe a todas las actividades de la compañía hacia la excelencia en calidad. La alta administración debe establecer metas y planes para integrar principios y prácticas de calidad en su organización. Se deben comprometer a hacer participar a todos los empleados en el mejoramiento de la organización adiestrándolos en forma adecuada y recompensando sus esfuerzos por mejorar la calidad. La administración debe asegurar que todos entiendan claramente su ambiente competitivo. El liderazgo necesita comunicar los valores de calidad por toda la organización y establecer un sistema de medición para determinar qué tan bien se han adoptado esos valores de calidad.

La empresa también tiene la responsabilidad de compartir con el público su esfuerzo hacia la calidad, incluyendo organizaciones en el vecindario, los negocios, sindicatos, escolares y gubernamentales. El liderazgo en calidad debe comprender ética de negocios, salud y seguridad pública, protección ambiental, tratamiento de desechos y otros requisitos reglamentarios.

Información y análisis. Esta categoría examina el objeto, validez, uso y administración de los datos y la información que respaldan al sistema general de administración de calidad de la compañía. Los criterios de selección de datos que se emplean para respaldar los programas de calidad deben ser sensatos. También se toman en cuenta la adecuación de los datos, la información y el análisis para respaldar algún método responsable, enfocado en la prevención, la calidad y la satisfacción del cliente, que se forme mediante la "administración por hecho". Los procesos deben ser correctos para asegurar la consistencia, normalización, revisión, actualización y acceso a tiempo a los datos.

Planificación estratégica de la calidad. Esta categoría tiene en cuenta el proceso de planificación de la empresa para alcanzar o retener el liderazgo en calidad, y el modo en que la compañía integra la planificación del mejoramiento de calidad en

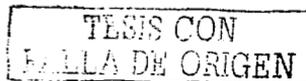


la planificación general del negocio Este proceso define cómo se implantará el plan y cómo se comprometerán los recursos con los elementos clave del plan. Se deben definir medios de referencia de tal modo que la organización pueda ubicar su posición en comparación de la industria en su totalidad y sus competidores en particular. Debe existir un plan para mejorar esas marcas Se deben examinar los planes a corto y largo plazo de la empresa para lograr una posición líder en calidad, sostenerla, o lograrla y sostenerla Esto comprende las medidas para determinar si los proveedores pueden cumplir con los requisitos de calidad y el impacto que esos requisitos tendrá sobre la organización. Utilización de recursos humanos. Las áreas que se examinan en esta categoría son la eficacia de los esfuerzos de la empresa para desarrollar y alcanzar el potencial completo de la fuerza de trabajo, incluyendo la administración, y para mantener un ambiente que conduzca a la participación plena, liderazgo de calidad y progreso personal y organizacional. La organización debe alentar la participación del empleado, facultar al trabajo en equipo ya la innovación. Es necesario un programa de educación y capacitación en calidad y se debe medir la efectividad de esos programas. Debe haber un sistema de medición de desempeño para los empleados. Los empleados deben recibir reconocimientos por sus logros y participar en la formación de medidas de desempeño por las que serán evaluados. La empresa debe ser capaz de evaluar si las medidas de desempeño alcanzan los resultados deseados.

El bienestar y la moral de los empleados son importantes para la calidad. La salud, seguridad, satisfacción y ergonomía son fundamentales en las condiciones de trabajo, porque conducen a la calidad. Ingredientes importantes del bienestar son programas de asesoría, ayuda, recreativos, culturales y otros especiales. Por último, la organización debe determinar el nivel de satisfacción del empleado y usar esa información para alcanzar mejoras en la calidad.

Garantía de la calidad de productos y servicios. Esta categoría tiene en cuenta los métodos sistemáticos que aplique la empresa para garantizar y asegurar la calidad de bienes y servicios, basados principalmente en el diseño y control de procesos, incluyendo el control de materiales, partes y servicios comprados. Las necesidades de los clientes se deben convertir en los requisitos adecuados de producto y procesos. La empresa debe crear métodos para diseñar, desarrollar y validar, puntualmente los productos, procesos y servicios. También se consideran la integración del control de procesos con mejoramiento continuo de calidad. Cuando un producto, proceso o servicio no cumpla con las especificaciones, se deben determinar las causas fundamentales y corregir para evitar problemas futuros. Se deben aplicar métodos de control de proceso para tener un mejoramiento continuo.

Se debe mantener y compartir en toda la organización la documentación que respalde al sistema de calidad. Además se debe asegurar, evaluar y mejorar la calidad de los servicios de apoyo. Esto incluye a los proveedores externos y también al respaldo interno.



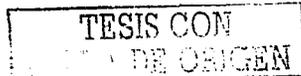
Resultados de la calidad. Esta categoría examina los niveles de calidad y su mejoramiento con base en mediciones objetivas derivadas del análisis de requisitos y expectativas por parte del cliente, así como del análisis de las operaciones de la empresa. También se examinan los niveles actuales en comparación con los de empresas de la competencia.

Satisfacción del cliente. La categoría final examina lo que sabe la compañía del cliente, los sistemas generales de servicio al cliente, capacidad de respuesta y su capacidad de cumplir con condiciones y expectativas. Se deben resolver los problemas del cliente. Se debe analizar el alcance de las quejas para determinar su efecto sobre la base de consumidores, y usarlo para mejorar los productos y servicios de la organización. El compromiso se ejemplifica mediante garantías del producto y servicio. También se examinan los niveles actuales y tendencias de satisfacción del cliente. La organización debe medir dónde se encuentra en comparación con la competencia para determinar si, se han perdido o ganado clientes y si ha cambiado su parte del mercado.

A cada categoría principal se le asigna un número máximo de puntos que se pueden ganar en el proceso de evaluación. Esos puntos se distribuyen entre varias subcategorías, como se ve en la Tabla siguiente. Un sistema de calificaciones para los puntos examinados se basa en tres dimensiones de evaluación: método, difusión y resultados. El método se refiere a los sistemas que usa la empresa para alcanzar los objetivos que se mencionan en cada categoría.

Categorías y puntos a tomar en cuenta para el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige de 1991

1.0 Liderazgo	100
1.1 Liderazgo de altos ejecutivos	40
1.2 Valores de calidad	15
1.3 Administración para la calidad	25
1.4 Responsabilidad ante el público	20
2.0 Información y análisis	70
2.1 Alcance y administración de datos e información sobre calidad	20
2.2 Comparaciones y puntos de referencia competitivos	30
2.3 Análisis de datos e información sobre calidad	20
3.0 Planificación estratégica de la calidad	60
3.1 Proceso de planificación estratégica de la calidad	35
3.2 Metas y planes de calidad	25
4.0 Utilización de recursos humanos	150
4.1 Administración de recursos humanos	20
4.2 Participación del empleado	40
4.3 Educación y capacitación en calidad	40
4.4 Reconocimiento y medición del desempeño del empleado	25
4.5 Bienestar y moral del empleado	25
5.0 Garantía de calidad de productos y servicios	140



5.1	Diseño e introducción de productos v servicios de calidad	35
5.2	Control de calidad del proceso	20
5.3	Mejoramiento continuo de procesos	20
5.4	Evaluación de la calidad	15
5.5	Documentación	10
5.6	Calidad del proceso de negociación y del servicio de apoyo	20
5.7	Calidad de los proveedores	20
6.0	Resultados de calidad	180
6.1	Resultados de calidad de productos y servicios	90
6.2	Resultados de calidad de proceso del negocio, operativos y servicios de soporte	50
6.3	Resultados de calidad del proveedor	40
7.0	Satisfacción del cliente	300
7.1	Determinación de requisitos y expectativas del cliente	30
7.2	Administración de las relaciones con el cliente	50
7.3	Normas de servicio a clientes	20
7.4	Compromiso con los clientes	15
7.5	Resolución de quejas para mejorar la calidad	25
7.6	Determinación de la satisfacción del cliente	20
7.7	Resultados por la satisfacción del cliente	70
7.8	Comparación de satisfacción del cliente	70
PUNTOS TOTALES		1000

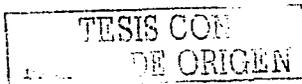
La difusión se refiere al grado en que se aplican los métodos a todas las áreas y actividades pertinentes mencionadas y que están implícitas en cada categoría. Los resultados se refiere a consecuencias y efectos al alcanzar los objetivos mencionados e implícitos en los criterios.

Cada año se publica un folleto con los lineamientos para la solicitud, que explica en forma detallada la información que se debe documentar Al igual que la calidad misma, los criterios específicos de premiación se mejoran año con año para reflejar mejor el proceso cambiante de la administración de calidad total.

Según los lineamientos de premiación, pueden ganar el Premio Baldrige hasta dos empresas de cada categoría de manufactura, empresas pequeñas y servicios La Tabla siguiente muestra los ganadores hasta 1991. De los 24 premios posibles, sólo se otorgaron 12.

TABLA Ganadores del Premio Malcolm Baldrige hasta 1991.

Año	Manufactura	Empresa pequeña	Servicios
1988	Motorola Inc. Westinghouse Commercial Nuclear Fuel Division	Globe Metallurgical Inc	----



1989	Milliken & Company	-----	-----
1990	Cadillac Motor Car Div. IBM Rochester	Wallace Co., Inc.	Federal Express
1991	Solelectron Corporation Zytec Corporation	Marlow Industries	-----

Los ganadores del Premio Baldrige alcanzaron logros asombrosos en pocos años. Con respecto a la calidad, el tiempo de respuesta de servicio al cliente y los niveles de defectos se han reducido en un orden de magnitud; la productividad se ha duplicado y los costos se han reducido a la mitad. Se han llevado a cabo mejoras en la diversidad completa de las organizaciones: satisfacción del cliente, funcionalidad de los productos, calidad del proceso de manufactura, calidad de proveedores, puntualidad del servicio a clientes, calidad del proceso del negocio y seguridad del empleado. Lo más importante es que los empleados adquieren experiencia y el hábito de hacer mejoras.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN