



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA
EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD SIGUIENDO
LAS NORMAS DE LA SERIE ISO 9000.

CASO PRÁCTICO: PEMEX-REFINACIÓN

ANÁLISIS DEL POLIDUCTO GUAYMAS - HERMOSILLO Y
DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CICLOHEXANO
(REFINERÍA "GRAL. LÁZARO CÁRDENAS")

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA MECANICA ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

ARACELI IRMA LEGARIA MENDEZ
ANA CECILIA IBARRA CARRILLO

ASESOR : ING. JUAN RAFAEL GARIBAY BERMUDEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

26/5/98



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Aplicación de herramientas estadísticas para el aseguramiento de la Calidad
siguiendo las normas de la serie ISO 9000.
Caso Práctico: PEMEX-REFINACIÓN. Análisis del Poliducto Guaymas-Hermosillo y del
Proceso de Producción de Ciclohexano (Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas").
que presenta la pasante: Araceli Irma Legaria Méndez
con número de cuenta: 9038117-7 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniera Mecánica Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 13 de Mayo de 1998

PRESIDENTE	<u>Ing. Juan Rafael Caribay Bermúdez</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>Ing. José Juan Contreras Espinosa</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Soledad Alvarado Martínez</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Antonio Trejo Lugo</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Jorge Altamira Ibarra</u>	<u>[Firma]</u>



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS: "Aplicación de herramientas estadísticas para el aseguramiento de la calidad, siguiendo las normas de la serie ISO 9000. Caso práctico: PULPERÍA-REFINACIÓN
Análisis del Poliducto Guaymas, Hermosillo, y del proceso de producción de cicloneo (Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas")"
que presenta la pasante: Ana Cecilia Ibarra Carrillo
con número de cuenta: 892 7554-6 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniera Mecánica Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENCIAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 13 de Mayo de 199 2

PRESIDENTE	<u>Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez</u>
VOCAL	<u>Ing. José Juan Contreras Espinosa</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Ricardo Alvarado Martínez</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Antonio Trogo Lugo</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Jorge Alvarado Ibarra</u>

Agradezco:

**A Dios por permitirme lograr esta hermosa
realidad.**

**Gracias por tener tan poco que pedirle y tanto que
agradecerle.**

**A mi Madre por ser mi más grande ejemplo de
valor y lucha constante, por su apoyo y estímulo
durante toda mi formación profesional.**

Por quererme tanto como yo a ella.

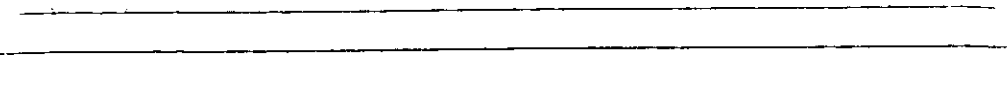
**A mi Padre por educarme con rectitud y
honestidad, alentandome en todo momento a
seguir adelante por muy difícil que el camino
fuera. Gracias a su apoyo incondicional pude
lograr uno de mis principales objetivos.**

¡Lo logramos Papá!

**A mi hermano Gustavo por ayudarme siempre
Te Quiero mucho.**

Con Admiración, Cariño y Respeto

Ara



Agradezco:

**A mis Padres por haberme ayudado a alcanzar
mis metas y porque ya es tiempo de retribuir
tantos años de esfuerzo.**

**A mis hermanos por estar siempre conmigo....
aunque solo sea para molestar.**

**A mis compañeros, en especial a Reyna y
Araceli por compartir conmigo
su peculiar forma de ver la vida.**

**A todas las personas que me animaron a seguir
siempre adelante.**

**Con Cariño:
Cecilia**

Agradecemos:

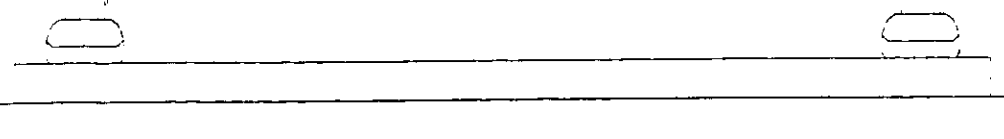
Al Ing. Jorge O. Valdés Alejandro
Superintendente de Sistemas de Calidad de
Pémex-Refinación y a todos sus colaboradores
por brindarnos la oportunidad de desarrollarnos
profesionalmente y por su invaluable ayuda a la
realización de esta tesis, ya que contribuyeron con
su experiencia y sobretodo con su paciencia para
escucharnos y guiarnos por el camino correcto.

Al Ing. Juan Caribay Bermúdez
por su excelente asesoría pues gracias a ella pudimos
concluir esta Tesis.

Agradecemos también su dedicación y apoyo
incondicional que nos brindo siempre.

Al Equipo de Informática de Pémex-Refinación
en especial a Willy Garnica, Rocio Rangel,
Marilú y Martitha por apoyarnos
en todo momento.

Con Cariño y Respeto
Ana y Araceli



Índice

RESUMEN	9
---------------	---

OBJETIVOS	11
-----------------	----

CAPITULO 1

CONCEPTOS BASICOS, DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

1. Introducción al Término de Calidad	13
1.1 Definición de Calidad	13
1.1.1 Diversas Definiciones de Calidad	14
1.2 Concepto Moderno de Calidad	15
1.2.1 Fases de la Calidad	15
1.3 Control y Control de la Calidad	16
1.3.1 Principios del Control de Calidad	16
1.3.2 Control Estadístico de Calidad	17
1.4 Pioneros de la Calidad	18
1.5 El Despertar del occidente a la Importancia de la Calidad	36
1.5.1 Calidad en México	37
1.6 La Mano de Obra y la Calidad	39
1.6.1 Herramientas Estadísticas: Ayuda para tomar Decisiones	44
1.6.1.1 Herramientas Estadísticas: Cuáles y Por qué	44

CAPITULO 2

SERIE DE NORMAS ISO 9000

2. Introducción	4/
2.1 Orígenes del Estándar	47
2.2 ISO 900 Normas para la Gestión y el Aseguramiento de la Calidad	48
2.2.1 Norma ISO 9001	49
2.2.2 Norma ISO 9002	49
2.2.3 Norma ISO 9003	49
2.2.4 Norma ISO 9004-1	49
2.2.5 Norma ISO 9004-2	49
2.3 Requerimiento de la Norma ISO 9000	50
2.4 Puntos Relacionados con la implantación de la Norma de Calidad ISO 9000	54
2.5 Beneficios y Problemas asociados con la Implantación de la Norma ISO 9000	55
2.6 Registros y Acreditamientos en los Sistemas de Calidad	56

2.7 Percepción de la Calidad en los Países en Desarrollo	59
2.7.1 Los mercados en los Países en Desarrollo	59
2.7.2 Satisfacer las Exigencias de Calidad para la Exportación	61
2.7.2.1 El Costo de la baja Calidad de las Exportaciones en los Países en Desarrollo	62
2.7.3 Sistema Integral de Calidad	64
2.7.3.1 Planificación e Ingeniería de la Calidad	65
2.7.3.2 Control dentro de los Planes de Calidad	65

CAPITULO 3

HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

3. Introducción a la Estadística	69
3.1 La Importancia de los Datos	70
3.1.1 Puntos Clave para la Obtención de Datos	71
3.2 Concepto de Análisis Estadístico	73
3.3 Principales Herramientas Estadísticas y Administrativas utilizadas dentro de las Empresas	74
3.4 Herramientas y Técnicas Estadísticas para el Mejoramiento de la Calidad	76
3.4.1 Técnicas Estadísticas Elementales	77
3.4.1.1 Análisis de Pareto	77
3.4.1.2 Diagrama de Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa)	80
3.4.1.3 Estratificación	82
3.4.1.4 Histograma	86
3.4.1.5 Listas de Comprobación	91
3.4.1.6 Hojas de Verificación y Chequeo	92
3.4.1.7 Hojas de Localización de Defectos	94
3.4.1.8 Diagramas de Dispersión	95
3.4.1.9 Gráficas de Control	98
3.5 Capacidad del Proceso	104
3.5.1 Índice de Capacidad y Control del Proceso	106
3.5.2 Seguimiento de la Mejora del Proceso	107

CAPITULO 4

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD, SIGUIENDO LAS NORMAS DE LA SERIE ISO 9000

CASO PRACTICO: PEMEX-REFINACIÓN

ANÁLISIS DEL POLIDUCTO GUAYMAS - HERMOSILLO Y DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CICLOHEXANO (REFINERÍA "GRAL. LÁZARO CÁRDENAS").

4. Introducción	112
4.1 ¿Qué es el Petróleo?	115
4.1.1 Clasificación del Aceite Crudo	115
4.1.2 Características de las Principales Clases de Aceites Crudos	117
4.1.2.1 Características de los Tipos de Crudo en México	119
4.1.3 Componentes Indeseables en el Aceite Crudo	123
4.1.3.1 Métodos de Separación de Agua y Gas del Aceite Crudo	125
4.2 Del Pozo a las Líneas de Transporte	127
4.3 Clasificación de los Ductos	128
4.3.1 Gasoducto	128
4.3.2 Oleoducto	128
4.3.3 Poliducto	129
4.4 Reglamentos y Especificaciones aplicados al diseño, operación, mantenimiento e inspección de la tubería de transporte	129
4.4.1 Clasificación	129
4.4.2 Pruebas a las que se somete la Tubería de Transporte de Hidrocarburos	130
4.4.3 Diseño de Tuberías de Transporte	131
4.4.4 Criterios de Inspección	132
4.5 Operación de Líneas de Transporte de Hidrocarburos	134
4.6 Limpieza de un Ducto	135
4.7 Maniobras de Limpieza	138
4.7.1 Maniobras de Envío del Diablo	138
4.7.2 Maniobras que se llevan a cabo en la Trampa de Envío	139
4.7.3 Maniobras que se llevan a cabo en la Trampa de Recibo	139
4.7.4 Maniobras de Recuperación del Diablo	140
4.7.5 Habilitación de las Trampas de Envío	140
4.8 Control del Proceso	142
4.8.1 Registros de Inspección y Prueba	142
4.8.2 Procedimientos de Control de Inspección y Prueba	142
4.9 Características Físicas y Químicas del Fluido transportado	146
4.10 Aplicación de Herramientas Estadísticas al Poliducto Guaymas - Hermosillo	147
4.11 Presentación de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" Minatitlán, Veracruz	167
4.11.1 Plantas Petroquímicas	169
4.11.2 Manual de Calidad de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas"	173
4.12 Planta de Producción de Ciclohexano (Proceso HYDRAR)	182
4.12.1 ¿Qué es Ciclohexano?	182
4.12.1.1 ¿En que consiste el Proceso de Hidrogenación Catalítica Total?	184
4.12.1.2 Usos del Ciclohexano	185

4.12.1.3 Consumo Aparente del Ciclohexano	186
4.12.1.4 Productos Derivados del Ciclohexano	187
4.13 Descripción del Proceso de obtención del Ciclohexano	189
4.13.1 Sección Preparadora de Gas (Hidrógeno)	190
4.13.2 Sección de Reacción o Hidrogenación	191
4.13.2.1 Variables de Operación	191
4.13.3 Sección de Estabilización	193
4.14 Preparación de la Planta para el Arranque	194
4.14.1 Verificación de los Instrumentos	194
4.14.2 Ejecución de Pruebas	195
4.15 Buscar las Condiciones de Operación	195
4.16 Paro de la Sección de Hidrogenación	198
4.16.1 Paro Parcial (Recarga del Catalizador)	198
4.16.1.1 Enfriamiento	199
4.16.1.2 Vaciado del Catalizador	199
4.17 Paro Total	200
4.18 Paro de Emergencia	201
4.19 Descripción Detallada de las Principales Materias Primas para producir Ciclohexano	201
4.19.1 Catalizador Níquel de Raney	201
4.19.1.1 Descripción Somera de la Sección de Preparación del Catalizador Níquel de R...	204
4.19.1.2 Carga de la Aleación	204
4.19.1.3 Lavado del Catalizador	205
4.19.1.4 Uso de Níquel Pasivo	206
4.19.2 Benceno	206
4.19.3 Hidrógeno	207
4.20 Aplicación de las Herramientas Estadísticas al Proceso de Ciclohexano	210
 CONCLUSIONES	 231
 BIBLIOGRAFÍA	 233
 GLOSARIO	 239

Resumen

Debido a que las Herramientas Estadísticas, están jugando un papel más y más importante en casi todas las facetas del comportamiento humano y que representan una arma esencial no solamente para la correcta toma de decisiones sino también para seleccionar o comprender los factores críticos que repercuten en el proceso, además de traer por consecuencia un aumento en la productividad y la calidad que se refleja en el crecimiento de la empresa dentro del mercado, es por ello que el propósito de este trabajo de tesis es demostrar la correcta aplicación de estas Herramientas.

Sin embargo no podemos introducirnos directamente a los casos prácticos sin antes dar a conocer los conceptos y las bases que se deben tomar en cuenta antes de la aplicación de dichas Herramientas ya que existen ciertos criterios de aplicación, pues no solo se trata de tener una colección de datos o gráficas; sino de que estos nos arrojen resultados que podamos interpretar de manera óptima para reconocer los problemas y su variación.

Tenemos que tener perfectamente planteados cuales son nuestros objetivos antes de iniciar cualquier estudio, es decir que es lo que queremos obtener y para que lo queremos, algo que suena muy sencillo pero en la realidad son muchos los factores que influyen para la recopilación eficaz de información que se requiere para la aplicación de estas herramientas.

Puesto que las Herramientas Estadísticas forman parte esencial del concepto de Calidad, el CAPITULO 1 contiene una introducción a los conceptos que se manejan alrededor del termino de calidad, dando énfasis a la evolución del pensamiento con que se han concebido los productos y servicios, desde el interés de solo producir por volumen y vender todo lo que se pueda, sin pensar si el cliente necesitaba el producto o no hasta el interés porque lo producido en verdad sirva y como consecuencia el cliente adquiera el producto.

La introducción a los conceptos y definiciones de la calidad comprende también las ideas y las bases sobre las que se fundamenta su aplicación que no solo se extiende a las empresas sino también a la forma de vida de las personas que laboran en ellas. Este es el caso de los países asiáticos en donde la practica de las ideas de

calidad ha sido un gran éxito, por ello hemos incluido una breve explicación de los factores que han logrado tal éxito, se explica también porque en otros países que cuentan con todos los elementos necesarios como lo son la mentalidad abierta y positiva hacia el trabajo y lo bien hecho, tecnología, recursos económicos, etc., estas ideas no acaban de prender la mecha hacia la calidad y la excelencia.

El CAPITULO 2 comprende un aspecto muy importante en la actualidad: La implantación de los sistemas de calidad principalmente se da una breve explicación de en que consiste la serie de normas ISO 9000. Como sabemos la aplicación de estas normas tiene una transcendencia a nivel mundial, pues una certificación de este tipo da una garantía al cliente de que la función para la que fue diseñado el producto, se puede esperar que la cumpla casi al 100%, es decir, que el producto que se ha adquirido vale el precio que se pagó por el.

El CAPITULO 3 comienza con enunciados claros de las definiciones pertinentes sobre las Herramientas Estadísticas, seguido de problemas resueltos mismos que tienen como objetivo ilustrar y ampliar la Teoría, proporcionando así la oportunidad de repetir los principios fundamentales, vital para un aprendizaje eficaz.

También se incluye una sección especial sobre capacidad del proceso, que es el paso siguiente una vez que se ha logrado que el proceso este bajo control, es decir la obtención de un indicador sobre si proceso será capaz de mantenerse bajo ese control.

Tal vez cuando se empiecen a usar las Herramientas Estadísticas lleguen a parecer difíciles y tediosas. Sin embargo, pronto se descubre la utilidad y la urgencia de aplicarlas en diversas áreas, ya que gracias a ellas se pueden obtener muchos beneficios.

El CAPITULO 4 representa la parte medular de esta investigación, pues corresponde al estudio de los dos casos prácticos; es decir la demostración de que las decisiones tomadas con ayuda de las Herramientas Estadísticas son más adecuadas y que la inversión en tiempo, recursos humanos e incluso económica para su aplicación vale la pena pues se compensa al obtener mejores resultados de los que se hubieran tenido tomando otra decisión basada solo en opiniones personales.

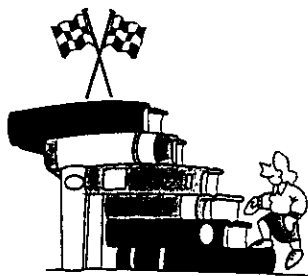
El tratamiento a fondo de cada uno de los temas mencionados es muy extenso sin embargo esta investigación servirá para introducir al lector en un aspecto que cada día adquiere más importancia si se quiere que las empresas representen una competencia fuerte en el mercado ante las demás, incluso a nivel mundial, por la preferencia del cliente. Al final de cuenta esta preferencia se traduce en términos monetarios, que en la mayoría de los casos es lo que realmente le interesa al empresario.

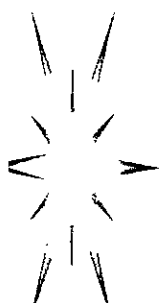
Objetivos

 El objetivo principal del presente trabajo de investigación es demostrar que la aplicación de las Herramientas Estadísticas en cualquier área proporcionan un medio eficaz para desarrollar una nueva tecnología que de lugar a un sistema de trabajo cuya infraestructura permita un desarrollo en el control de calidad y productividad sin olvidar al factor humano.

Como aplicación de estas Herramientas Estadísticas se tomarán dos procesos importantes; el primero corresponde al Poliducto Guaymas-Hermosillo y el segundo al Proceso de producción de Ciclohexano. Teniendo como finalidad no solamente inspeccionar o ejecutar pruebas, sino suministrar informes útiles relativos a la calidad con se llevan a cabo los procesos antes mencionados, así como detectar puntos susceptibles para ser mejorados y sugerir acciones correctivas con el objetivo de eliminar en lo posible las causas especiales de variación y causas comunes que se presenten dentro de estos procesos.

 Pretendemos también que esta tesis despierte el interés de los estudiantes de Ingeniería Industrial en las áreas de Estadística y Calidad, ya que el conocimiento de estas, sea convertido hoy en día en parte fundamental de la capacitación de un Ingeniero, pero es necesario hacer hincapié que el conocimiento por si sólo de los métodos estadísticos no proporciona inmediatamente la habilidad para usarlos. La habilidad para analizar las cosas se adquiere al ser francos para reconocer los problemas y la variación, y recoger información sobre ellos punto vital en cualquier análisis estadístico.





CAPITULO 1

CONCEPTOS BASICOS, DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

La esencia del concepto de Calidad es:

PIENSE EN LOS DEMAS

1. Introducción Al Término De Calidad

La calidad es un término que existe desde hace mucho tiempo y que ha evolucionado a partir de seis etapas de función basadas en la inspección, hasta llegar a ocupar en la vida moderna actual un eje primordial en la estrategia competitiva de las empresas.

Se asegura que la calidad surgió en la era de la producción en masa, como parte de las enseñanzas de la administración científica de Frederick Taylor. Sin embargo, fue W. A. Shewhart el hombre que constituyó la vanguardia del movimiento de calidad pues en el año de 1931 dio una definición precisa sobre el control de calidad total, además de como medir y regular este.

Shewhart sostenía que la variabilidad que se representaba tenía que aceptarse pues formaba parte de la vida industrial y que la diferencia entre partes, parámetros de procesos y habilidades humanas, llevaban a diferencias entre los bienes producidos.

En base a su experiencia y estudios realizados Shewhart afirmó que el uso de las técnicas estadísticas y de probabilidad ayudaba a comprender, detectar y controlar la variabilidad de manera más fácil.

Después, la calidad pasó por diversas etapas de transición que consistían en un muestreo cuyo objetivo era determinar el desempeño y calidad general.

Se continúa con la época del Aseguramiento de la Calidad misma que se inició con los trabajos de Juran, Feigenbaum; surge también la ingeniería de confiabilidad la cual tiene como finalidad comprobar el desempeño del producto o servicio con el tiempo; a esto se integra el concepto de cero defectos promovido por investigadores como Crosby, quien piensa que la obtención de una calidad perfecta no es solo técnicamente posible, sino también deseable desde el punto de vista económico.

En la actualidad el movimiento de calidad ha seguido evolucionando y adquiriendo más importancia sobre la determinación de los objetivos de las organizaciones y los índices de competitividad. Por todo lo anterior podemos afirmar que la necesidad urgente de actualizarse sobre todos los beneficios potenciales de la calidad se adopta como política principal de la conducción de un negocio.

1.1. Definición De Calidad

Se define como la propiedad inherente de un producto de ser adecuado para su uso. Se puede afirmar que la calidad esta determinada por el cliente, no por el ingeniero, ni mercadotecnia, ni por la gerencia general. Se basa en las necesidades reales del cliente con el producto o servicio, medida contra sus requisitos mismos que representan un objetivo que se mueve en el mercado competitivo. Podemos afirmar que la calidad de un producto o servicio es: La resultante total de las características que presenta el producto y/o servicio en las áreas de mercadotecnia, ingeniería,

fabricación y mantenimiento a través, de los cuales el producto o servicio en uso tendrá la finalidad de satisfacer las esperanzas del cliente o usuario del servicio. Es importante hacer hincapié a que la meta de una industria competitiva, es proporcionar un producto o servicio en el cual su calidad haya sido diseñada, producida y conservada, a un costo económico aceptable y que satisfaga al consumidor. Un requisito clave para establecer a la calidad exige un equilibrio económico entre las características individuales antes mencionadas. Definiremos a estas características individuales como sigue:

- ☛ **Confiable:** Debe desempeñar sus funciones tantas veces como se le pida, además de ofrecer seguridad.
- ☛ **Servicio:** Rapidez y cortesía.
- ☛ **Durable:** Medida de la vida de un producto que tiene dimensiones tanto económicas como técnicas.

1.1.1. Diversas Definiciones De Calidad

- ☛ **Definición trascendente:** La calidad no es espíritu ni materia, sino una tercera entidad independiente de ambas... aunque la calidad no puede definirse, todo mundo sabe qué es.
- ☛ **Definición basada en el producto:** Las diferencias de calidad representan diferencias de la calidad de alguno de los ingredientes o atributos deseados.
- ☛ **Definición basada en el usuario:** La calidad consiste en la capacidad para satisfacer las expectativas.
- ☛ **Definición basada en la fabricación:** La calidad significa la conformidad del producto con los requerimientos.
- ☛ **Definición basada en su valor:** La calidad es el grado de excelencia con un precio aceptable y un control de variabilidad a un costo aceptable.

1.2. Concepto Moderno de Calidad

Este concepto define la calidad como el grado en el que un producto o servicio satisface las necesidades del consumidor.

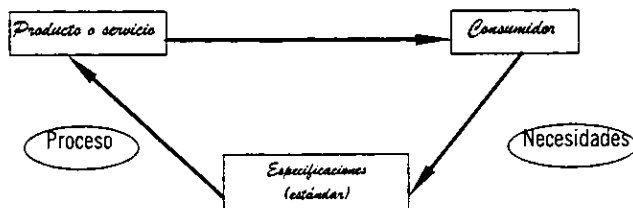


Figura 1.1.

Este concepto no está limitado al producto, sino se extiende a calidad de Servicio y Precio.

En realidad la calidad del producto o servicio no tiene significado, excepto en la referencia de las necesidades del consumidor. Y el precio no tiene significado, excepto en la referencia de la calidad del producto o servicio.

Calidad es la meta de cualquier actividad humana:

Individuos, grupos, empresas e instituciones.

La esencia del concepto de calidad es PIENSE EN LOS DEMAS

1.2.1. Fases de la Calidad

- ☛ **Calidad de diseño:** Se inicia con una investigación de mercado y análisis de datos comerciales, y continua con el desarrollo de un concepto producto o servicio que debe satisfacer al cliente.
- ☛ **Calidad de conformidad:** Toma como base los estándares previamente establecidos para llevar a cabo la medición y el control. Por consiguiente, indica el grado en que cumple el producto las especificaciones y tolerancias requeridas por el diseño.
- ☛ **Calidad de desempeño:** Constituye la relación entre el proceso y la información generada misma que se basa en datos se estudios de mercados, opiniones del cliente, retroalimentación de los representantes de ventas, reportes de servicio, servicios de apoyo y soporte, llamadas de emergencia para mantenimiento y reparaciones, quejas de garantía, etc.; esta información debe retroalimentarse para volver a analizar las dos etapas anteriormente descritas.

1.3. Control y Control de la Calidad

Control en la terminología industrial se define como: El proceso para delegar responsabilidad y autoridad para la actividad administrativa mientras se definen los medios para asegurar los resultados satisfactorios.

El control efectivo hoy en día es un requisito central para la administración exitosa. Sin embargo, para el campo de la calidad el control es el proceso empleado para satisfacer estándares o normas. Consiste en:

1. Obtener el comportamiento real de un sistema.
2. Valuación del desempeño del producto o servicio y conformación de resultados mismos que serán comparados con algún estándar.
3. Si el comportamiento observado difiere del estándar se debe asegurar entonces las acciones necesarias de ajuste a través de todo el ciclo de mercadotecnia, ingeniería de diseño, producción y mantenimiento.

1.3.1. Principios del Control de Calidad

- ☞ No debe existir fabricación sin medición.
- ☞ No debe haber medición sin registro.
- ☞ No debe haber registros sin análisis.
- ☞ No debe procederse al análisis sin contar con retroalimentación y acciones correctivas.

1.3.2. Control Estadístico de Calidad

El control estadístico de calidad es utilizado para medir el grado de conformidad de materias primas, procesos y productos en base a las especificaciones previamente establecidas.

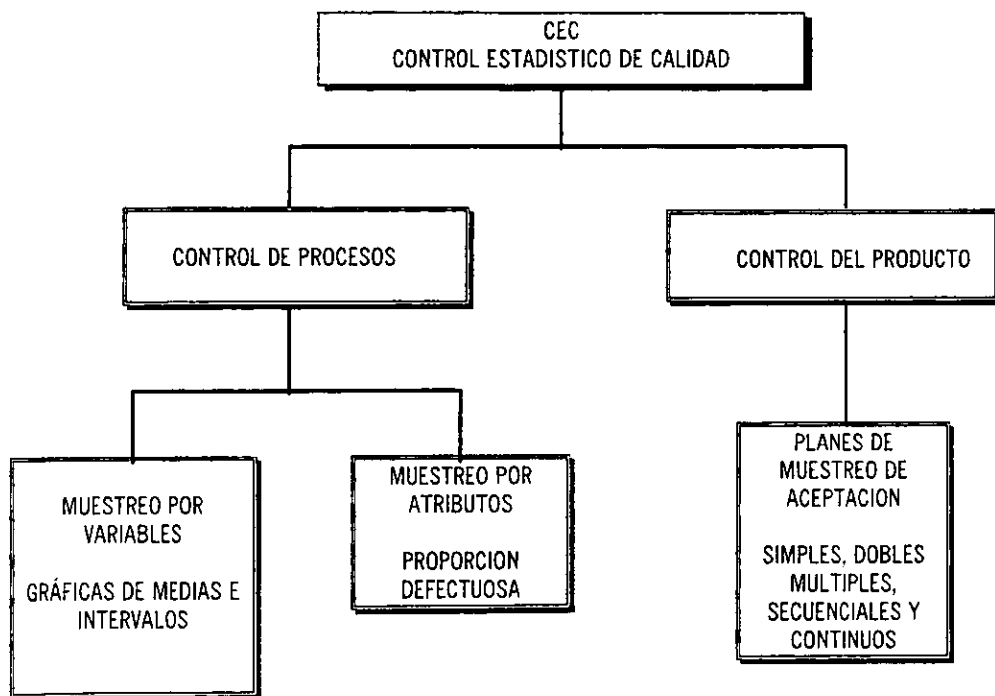


Figura 1.2. Control Estadístico de la Calidad

1.4. Pioneros de la Calidad

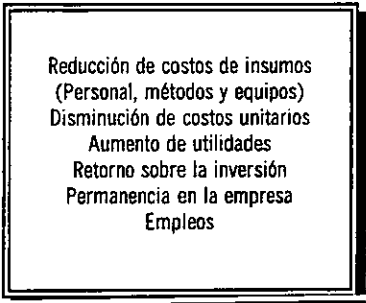
W. E. Deming

W. E. DEMING nació el 14 de octubre de 1900. Su principal interés fue la aplicación de las técnicas estadísticas. Recibió influencia directa de Walter Shewhart, mismo que dio a conocer los métodos de control estadístico de proceso.

Deming fue el primer occidental en ser invitado por los japoneses para conducir una serie de seminarios para los trabajadores y gerentes, con respeto al uso de gráficas de control y técnicas estadísticas, orientadas al control de la calidad. Fue invitado a formar parte de la Unión Japonesa de científicos e ingenieros en 1950, y utilizó este foro para estimular a los japoneses en el uso de las técnicas estadísticas para el análisis de los problemas de variabilidad y sus causas.

También fomentó la idea de ir más allá de las estadísticas para luchar por mejoras continuas, usando lo que después se conoció como el ciclo Deming (Planear, ejecutar, comprobar y actuar PECA).

Deming convenció a los directivos japoneses de que el propósito de la aplicación de las técnicas de administración de la calidad era el de ayudar a las compañías a continuar operando:



- Reducción de costos de insumos
(Personal, métodos y equipos)
- Disminución de costos unitarios
- Aumento de utilidades
- Retorno sobre la inversión
- Permanencia en la empresa
- Empleos

Hace hincapié en la necesidad que existe de contar con investigaciones modernas sobre el consumidor, llevando a cabo encuestas periódicas y evaluaciones en detalle de los desarrollos y cambios del mercado, para poder planear y actuar positivamente.

Deming afirmaba que el uso frecuente de las técnicas estadísticas garantizaba una competitividad positiva en el mercado y la obtención de los retornos deseados.

Además aseguraba con vehemencia que las mejoras de calidad tienen que ser motivadas por la dirección por lo que conceptualiza la responsabilidad gerencial en dos grandes áreas:

1. Creación de un clima positivo para las mejoras de calidad. Es responsabilidad directa de la alta gerencia asegurarse de que el trabajo realizado sea interesante y que los empleados y obreros lo disfruten. Deming destaca la importancia de lo que él llama motivación intrínseca (autoestima y responsabilidad individual por el trabajo realizado) en lugar de una motivación extrínseca (aceptación de recompensas materiales por el trabajo realizado).

En una entrevista Deming señaló que: "El individuo debe adquirir su autoestima disfrutando el trabajo. Este debe comunicarle una sensación de que está haciendo algo útil con posibilidades de mejorarlo; de otra manera, el trabajo se convierte en una motivación extrínseca que resulta humillante".

2. Énfasis en los trabajadores con conocimientos en lugar de sistemas rígidos. Deming afirma que muchos de los errores en las organizaciones no son causados por los errores del personal, sino por los sistemas imperantes, que son imprácticos, demasiado rígidos y poco precisos. Durante mucho tiempo, occidente ha enfatizado la eficiencia exigiéndole al personal que desarrolle su mejor esfuerzo sin detenerse a analizar su grado de conocimientos para desarrollar sus tareas. Deming concluye que: "... estaríamos en mejor posición si las personas dejaran de hacer su mejor esfuerzo. Las personas que hacen las cosas lo mejor posible nos han arruinado. No existe sustituto del conocimiento".

Resumen de los Catorce puntos de Deming

1. Crear consistencia de propósitos de los productos y servicios, con el objeto de volverse competitivos y sostener el negocio creando empleos.
2. Adoptar una nueva filosofía. "Estamos en una nueva era económica. Ya no necesitamos vivir con excusas de retrasos, errores, materiales defectuosos y mano de obra deficiente".
3. Para lograr calidad, debe cesar la dependencia en la inspección en masa. Debe eliminarse la necesidad de inspecciones, incorporando la calidad al producto desde la primera operación.
4. Se debe suspender la costumbre de recompensar a las empresas en base a la etiqueta del precio. En lugar de ello, el costo total debe reducirse al mínimo. Cambie a un solo proveedor para un solo material, estableciendo una relación de lealtad y confianza a largo plazo.
5. Mejore constantemente y para siempre el sistema de producción y servicio, para mejorar la calidad y la productividad, con lo que los costos también disminuirán de manera constante.
6. Instituya métodos modernos de entrenamiento y capacitación al trabajo incluyendo al nivel directivo.
7. Instituya liderazgo. El objetivo de la supervisión debe ser ayudar a las personas, las máquinas y los instrumentos a realizar un trabajo mejor.
8. Elimine el temor, para que todo el mundo pueda trabajar de manera efectiva en su compañía.

9. Rompa las barreras entre departamentos. El personal de investigación, diseño y producción debe trabajar como equipo, para prevenir los problemas en la producción y en el uso del producto o servicio.
10. Elimine las frases, exhortaciones y los objetivos numéricos para la fuerza de trabajo, que demandan cero defectos y nuevos niveles de productividad. Estas exhortaciones sólo crean relaciones de adversarios, pues la mayor parte de las causas de la baja calidad y productividad recaen en el sistema y están fuera del alcance de la fuerza de trabajo.
11. Elimine los estándares de trabajo (cuotas) de la fábrica, sustituyéndolos por liderazgo. Elimine la administración por objetivos. Elimine la administración basada en números.
12. Rompa las barreras que impiden al trabajador estar orgulloso de su trabajo. La responsabilidad debe cambiar de los números fríos a la calidad. Rompa las barreras que impiden a los directivos e ingenieros estar orgullosos de su trabajo. Esto implica, por ende, abolir las evaluaciones anuales o de méritos y de la administración por objetivos.
13. Instituya un programa vigoroso de educación y autodesarrollo.
14. Promueva que todo el personal de la compañía esté motivado para lograr esta transformación. Esta transformación es responsabilidad de todos (a través de mejorar de calidad en todos los niveles).

Estos catorce puntos pueden considerarse como los ingredientes que se requieren para llevar a cabo la transformación total de las organizaciones, apoyada en una filosofía de mejora de la calidad. Deming advierte también las dificultades que pueden obstruir la implantación de los catorce principios. A éstos se les llama "enfermedades mortales", las cuales describiremos a continuación.

Las enfermedades mortales.

Falta de consistencia: Falta de consistencia en los propósitos de permanencia del negocio, al no planear los productos y servicios del futuro, apuntando a mercados específicos para que la compañía progrese y sea una fuente de empleos.

Utilidades a corto plazo: Las estrategias a corto plazo derrotan a la constancia de propósitos para sobrevivir con crecimiento a largo plazo.

Evaluaciones de desempeño: Los efectos de las evaluaciones de desempeño (sistemas de revisión de personal, calificación de méritos, revisiones anuales, etc.) son devastadores.

Cambios de empleo: La movilidad de los directivos causa inestabilidad, y conduce a la toma de decisiones por parte de personas que tienen pocos conocimientos y comprensión de las actividades empresariales y que se alimentan de experiencias en situaciones diferentes.

Uso exclusivo de cifras visibles: Los directivos no deben referirse únicamente a las cifras visibles. Aunque éstas son importantes, la gerencia debe aprender a manejar el negocio con un enfoque más amplio y global (las cifras desconocidas también son muy importantes).

Por todo lo anterior podemos decir que Deming es el precursor de la Administración de la Calidad Total más respetado por su incansable dedicación y empeño en ayudar a las empresas mundiales a implantar técnicas y conceptos de mejoras de calidad. Estaba convencido de que su misión era promover la idea de disfrutar el trabajo y gozar con el aprendizaje. Existen en todo el mundo Asociaciones Deming que predicán las enseñanzas de la filosofía de administración de Calidad de Deming a los altos ejecutivos de todo el mundo.

Se considera universalmente que los catorce principios de dirección son de enorme importancia para la competitividad moderna.

Por último su filosofía de la administración corporativa de la calidad puede caracterizarse como sigue:

- ☞ Debe iniciarse en la alta gerencia;
- ☞ Todo el personal de la organización debe participar;
- ☞ Está basada en un proceso continuo de mejoras;
- ☞ Es de bases científicas;
- ☞ Tiene por objeto servir siempre mejor al cliente.

Joseph M. Juran

Juran ha cooperado tanto como Deming a la calidad total. En su libro "Manual de control de Calidad", publicado en 1951, el cual se convirtió en un libro de referencia muy importante, puesto que Juran analiza la contribución de la calidad de costos y la mejora de los estándares.

Juran, al mismo tiempo que Deming, fue invitado a Japón en el año de 1954, para instruir a la alta gerencia de la industria japonesa sobre la importancia de la planeación, organización y administración de los programas de calidad.

Asimismo, Juran fue el fundador y principal directivo del instituto que lleva su nombre, y fue también autor de cientos de artículos. Recibió más de treinta medallas, títulos honorarios y honores en más de doce países. El emperador del Japón le otorgó la Orden del Tesoro Sagrado, en segundo grado, que es la condecoración más alta que puede recibir un ciudadano extranjero por su contribución al desarrollo del control de calidad en Japón. El enfoque de Juran al control de calidad y su administración está constituido por dos partes:

1. La misión de las compañías en términos del suministro de productos y servicios adecuados a las especificaciones del cliente, incluyendo los aspectos de confiabilidad, disponibilidad, continuidad, servicio, etc.
2. La función de la alta gerencia, en cuanto a liderazgo para proporcionar los recursos requeridos, alentar la participación y el desarrollo de sistemas de políticas, metas, planes medición y control de la Calidad.

La implantación de una misión apropiada se logra a través de un proceso que refleja la interrelación entre las diferentes etapas de las actividades organizacionales antes de satisfacer las demandas de los clientes. Este proceso al que Juran llamo "*la espiral del progreso*" constituye la cadena de las relaciones usuario-proveedor de las diferentes etapas del proceso.

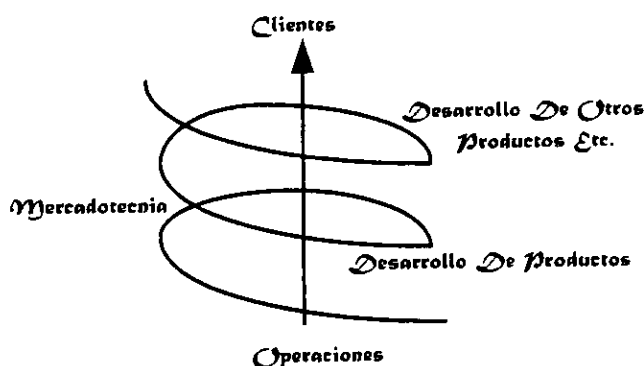


Figura 1.3. La espiral del Progreso

De acuerdo con Juran, la calidad debe controlarse en cada una de las etapas del proceso, aunque no debe implantarse como un sistema mecánico. Sus objetivos deben ser:

- ☞ Controlar los problemas esporádicos o los costos eliminables (defectos de falta de productos, desperdicios, mano de obra desperdiciada en reprocesos, atención a las quejas de clientes, etc.).
- ☞ Controlar los costos inevitables atacando los problemas crónicos (prevención y control).

Juran propuso tres procesos gerenciales para la implantación estructurada de un programa de calidad total: Planeación, Control y Mejoras, tal como se muestra en la Tabla 1.1.

PLANEACIÓN DE LA CALIDAD	CONTROL DE CALIDAD	MEJORAS DE CALIDAD
Identificación de los clientes.	Selección de los objetivos de control (qué debe controlarse).	Demostración de la necesidad de las mejoras.
Determinación de las necesidades de los clientes.	Selección de las unidades de medición.	Identificación de los proyectos específicos para las mejoras.
Desarrollo de las características del producto.	Fijación de las mediciones.	Organización para el diagnóstico descubrimiento de las causas.
Establecimiento de las metas de calidad.	Establecimiento de los estándares de desempeño.	Diagnóstico para determinar las causas.
Desarrollo del proceso.	Medición del desempeño real.	Definición de las correcciones.
Comprobación de las virtudes del proceso.	Interpretación de las diferencias (Realidad contra estándar).	Comprobación de las correcciones.
	Corrección de las diferencias.	Implantación de los controles para conservar lo ganado.
		Desarrollo de sistemas políticas, metas, planes, medición y control de la calidad.

Tabla 1.1.

Juran sostiene que el proceso de planeación es vital para que las mejoras se conviertan en una actividad continua. En conclusión, la planeación debe llevarse a cabo con una visión a largo plazo y no con un criterio de proyecto por proyecto.

Philip B. Crosby

Crosby desempeñó las funciones de vicepresidente corporativo de calidad en ITT y es el fundador del colegio Crosby de calidad, que ha impartido cursos y seminarios para más de 15000 directivos.

La idea esencial del movimiento de calidad de Crosby es la prevención. Sostiene que la calidad es gratis. Sus costos sólo están relacionados con los diversos obstáculos que impiden que los operarios la obtengan desde la primera vez.

El principal objetivo de las empresas al implantar un sistema de calidad total debe ser, de acuerdo con Crosby, cero defectos (CD).

Existen dos grandes problemas causantes de la mala calidad en la industria: los que se deben a la falta de conocimientos de los empleados y los que se originan en los descuidos y faltas de atención. Los primeros pueden identificarse con gran facilidad, medirse y resolverse, pero los segundos requieren de un esfuerzo esencial a largo plazo para modificar la cultura y las actitudes. Crosby asegura que, si la alta gerencia está convencida de las virtudes de cero defectos, deben también aplicar la prevención.

Propone varios lineamientos para los gerentes, a los que les llama “cuatro principios absolutos para la determinación de la calidad”.

1. La calidad implica cumplir con los requerimientos: Crosby afirma que, si los directivos quieren que el personal “haga las cosas bien desde la primera vez”, deben informar claramente a todo el mundo en qué consiste hacerlo bien.
2. La calidad proviene de la prevención. El primer principio absoluto fue la comprensión del proceso por medio del cual intervienen varios procesos para la producción de bienes y servicios. El segundo se refiere a identificar y eliminar las posibilidades de que ocurran errores.
3. El estándar de calidad es cero defectos: Se trata de que el producto o servicio se conforme a los requerimientos y, de acuerdo con Crosby, éste debe ser también el estándar de desempeño personal de todos los miembros de la organización que proviene de un cambio de actitud.
4. La medición de la calidad es el precio de la inconformidad: De manera similar a las afirmaciones de Deming y Juran, Crosby piensa que el desempeño de las compañías es el reflejo de la actitud gerencial con respecto a la calidad.

El enfoque de Crosby a la calidad total consiste en modificar la cultura y sus actitudes dentro de las organizaciones, para implantar mejoras continuas. Por consiguiente, este enfoque depende más de la gerencia que de las herramientas, pues no se refiere en lo absoluto al control de calidad con el uso de técnicas estadísticas.

Crosby propone una lista de catorce puntos, que deben facilitar la introducción de programas de mejoras continuas, mismos que se describen a continuación:

Diagrama de Crosby de Catorce puntos para la mejora de Calidad.

1. Compromiso gerencial: La gerencia debe reconocer que se debe comprometer a participar personalmente en el programa de mejoras de calidad.
2. Equipo de mejoras de calidad: Para formar este equipo deben conjuntarse participantes de cada departamento.
3. Medición de la calidad: Es necesario determinar el estado de calidad en toda la compañía.
4. Costo de la evaluación de calidad: Se establece el costo de calidad para indicar donde se deben aplicar acciones correctivas que sean rentables para la compañía.
5. Percepción de la calidad: Compartir con todos los empleados la medición de lo que la falta de calidad está costando, a través del material de entrenamiento y comunicación.

6. Acciones correctivas: Sacar los problemas a la luz para que todos los vean y se resuelvan periódicamente.
7. Formación de un comité adecuado para el programa de cero defectos: Después de un año, la celebración del día de cero defectos reafirmará el compromiso de la gerencia, tanto al concepto como a la idea de que todo el mundo debe hacer las cosas bien desde la primera vez.
8. Entrenamiento de supervisores: Debe implantarse un programa formal de orientación para cero defectos, que debe desarrollarse antes de poner en acción las medidas pertinentes.
9. Día de cero defectos: Se selecciona un día del año como el estándar de desempeño de la compañía para enfatizar el programa y crear una impresión duradera.
10. Establecimiento de metas: Se deben realizar reuniones periódicas entre supervisores y empleados para desarrollar tareas específicas en equipo para alcanzar las metas establecidas.
11. Eliminación de las causas de errores: Se les pide a todos que describan cualquier problema que les impida realizar un trabajo libre de errores. Un grupo funcional apropiado obtendrá las soluciones de estos problemas.
12. Reconocimientos: Se establecen programas de recompensas para premiar a los que cumplen con sus metas o desarrollan labores extraordinarias.
13. Consejos de calidad: El consejo de calidad, constituido por profesionales de la calidad y los representantes de equipos, deben reunirse con regularidad para determinar las acciones a tomar y mejorar los programas de calidad.
14. Hacerlo nuevamente: Se establece un nuevo equipo de representantes para contrarrestar los cambios de personal y las situaciones cambiantes que pueden presentarse entre los 12 y 18 meses después de haber instituido el programa original.

Armand V. Feigenbaum

Feigenbaum comenzó a ser conocido por los japoneses casi al mismo tiempo que Deming y Juran. Como jefe de calidad de la General Electric, tuvo muchos contactos con compañías japonesas tales como Hitachi y Toshiba. Sin embargo, fueron sus libros sobre control de calidad total los que lo hicieron famoso. Fue el primero en afirmar que la calidad debe considerarse en todas las diferentes etapas del proceso y no sólo en la función de manufactura.

Feigenbaum expresó sus conclusiones como:

“El principio fundamental del concepto de calidad total, así como su diferencia con otros conceptos, es que, para que sea una efectividad genuina, el control debe empezar por la identificación de los

requerimientos de calidad del cliente y termina solamente cuando al llegar el producto a sus manos se produzca un cliente satisfecho. El control de calidad total guía las acciones coordinadas de personas, máquinas e información, para alcanzar este objetivo. El primer principio que debe tomarse en cuenta es que la calidad es responsabilidad de todos".

Desde el punto de vista de la calidad, Feigenbaum sostiene que el curso de los nuevos productos en una fábrica pasa por etapas similares a las de lo que él llama el ciclo industrial. Considera tres categorías de etapas:

1. Control de nuevos diseños.
2. Control de materiales de insumo.
3. Control de producto o proceso.

También introdujo grandes avances al estudiar los costos de la calidad. Identifica a los diversos costos como una "fábrica oculta"; esto es, la proporción de la capacidad total que se dedica de manera específica a los reprocesos y correcciones.

Bill Conway

A Conway se le conoce como el "Discípulo de Deming" considera que la administración de calidad se enfoca en las diversas etapas de los procesos de desarrollo, manufactura, compras y distribución, tomando en cuenta la factibilidad económica y el deseo de mejorar las diferentes actividades, para reducir las mermas materiales y el desperdicio de tiempo. Conway asegura que los problemas de calidad suelen ser causados por la falta de convicción y deseos de comprometerse por parte de la gerencia. De acuerdo con Conway, la mejora de calidad tiene que provenir de una nueva manera de pensar por parte de la gerencia, así como el uso de herramientas estadísticas. Por tal motivo propone una lista de seis lineamientos, la cual se muestra a continuación:

Lista de Conway de Herramientas para mejorar la Calidad

1. Habilidades en relaciones humanas: Es responsabilidad de la gerencia crear un clima de armonía en el trabajo basado en confianza, respeto mutuo y objetivos comunes.
2. Análisis estadísticos: Usar el poder de los análisis para identificar las áreas de mejora y estar mejor informados sobre el avance de los programas.
3. Técnicas estadísticas simples: Uso de gráfico y diagramas simples para destacar problemas, analizarlos y proponer las posibles soluciones.

4. Control estadístico del proceso: Reducir al mínimo las variaciones de los diferentes procesos, por medio de gráficas de control.
5. Imaginación: Aplicación de técnicas de resolución de problemas visualizando tanto los problemas como la eliminación de desperdicios.
6. Ingeniería Industrial: Uso de diversas técnicas para rediseñar el trabajo, los métodos y la distribución del equipo, con el propósito de lograr grandes mejoras.

Kauro Ishikawa

Ishikawa está considerado en el Japón como el principal precursor de la administración de la calidad total. Se inspiró en los trabajos de Deming y Juran, y en menor grado de Feigenbaum. Es muy admirado por las siguientes contribuciones:

1. Círculos de control de calidad: Fue el primero en introducir este concepto y en ponerlo en práctica con éxito.
2. Fue el originador de los diagramas de hueso de pescado o diagramas de Ishikawa, que se usan actualmente en todo el mundo en las mejoras continuas, para representar los análisis de causa y efecto.
3. Ishikawa sostiene que el control calidad en toda la compañía tiene que basarse en el uso generalizado de técnicas estadísticas, además piensa que el 90-95% de los problemas pueden resolverse usando técnicas estadísticas elementales, que no requieren conocimientos especializados.

Ishikawa clasifica las técnicas estadísticas en tres categorías, tal como se muestra en la tabla 1.2.

TECNICAS ESTADISTICAS ELEMENTALES
Análisis de Pareto (lo poco vital contra lo mucho trivial)
Diagrama de causa y efecto (no es realmente una técnica estadística)
Estratificación
Lista de comprobación (bitácora)
Histograma
Diagrama de dispersión
Controles de gráficas y de Shewhart
METODO ESTADISTICO INTERMEDIO
Análisis teóricos y de muestreo
Técnicas estadísticas de muestreo
Diversos métodos de estimación estadística y comprobación de hipótesis
Métodos basados en pruebas sensoras
Métodos de diseño experimental
METODOS ESTADISTICOS AVANZADOS (CON COMPUTADORAS)
Diseño experimental avanzado
Análisis multivariados
Métodos de investigación de operaciones

Tabla 1.2

Genichi Taguchi

Taguchi trabajó como director de la Academia Japonesa de Calidad entre 1978 y 1982. Ha desarrollado métodos para el control de calidad en línea y fuera de línea que constituyen la base de su enfoque al aseguramiento del control de calidad total.

Los métodos de Taguchi incorporan el uso de técnicas estadísticas. Estas técnicas están planeadas para que los diseñadores e ingenieros optimicen las bases de productos más duraderos, a su vez estas técnicas constituyen una herramienta de eliminación de impedimentos y resolución de problemas en las primeras etapas del ciclo de desarrollo de un producto. Taguchi define la calidad de un producto como la pérdida que dicho producto imparte a la sociedad desde el momento que se despacha. La pérdida puede incluir varias cosas tales como quejas del cliente, costos adicionales de garantías, deterioro de la reputación de la compañía y pérdida de penetración de mercado.

Shigeo Shingo

Shingo es uno de los pioneros en el control de calidad con cero defectos, fundamentado en principios similares a los de Taguchi. Contrariamente a la creencia generalizada el estrechamiento de las tolerancias no siempre aumenta los costos de producción de manera significativa.

Shingo afirma que la calidad debe controlarse en la fuente de los problemas y no después de que éstos se han manifestado. Por otro lado, considera que el control estadístico de calidad (CEC) tiende a centrarse en el efecto (errores relacionados con los operadores) en vez de hacerlo en la causa, que se origina en las imperfecciones y anomalías del proceso.

Shingo desarrolló un concepto que llamó POKA-YOKE (sin fallos). Poka-yoke implica contar con listas detalladas de los puntos críticos de cada operación de tal forma que se elimine totalmente el error humano. Es similar al concepto de automatización (jikhoda) basado en procesos automáticos de bajos costo, que suspenden la operación en cuanto ésta se ha completado o cuando surgen errores/anomalías. Shingo recomienda los puntos descritos a continuación para la aplicación del Poka-Yoke.

Aplicación del Poka-Yoke

1. Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, incorporando monitores que adviertan los defectos de los materiales.

2. Establecimiento de mecanismos de control que ataquen diferentes problemas de tal manera que el operador sepa con certeza qué problema debe eliminarse y cómo hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.
3. Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica.
4. No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de casi todos los fabricantes es la coincidencia de parámetros de diseño y los de producción, muchas de las ideas del Poka-Yoke pueden aplicarse tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía. El Poka-Yoke enfatiza la cooperación interdepartamental y es la principal arma para las mejoras continuas, pues motiva las actividades de resolución de problemas.

W. G. Ouchi

Ouchi es reconocido por sus trabajos de la teoría Z, además ha investigado en detalle el impacto de la filosofía gerencial japonesa sobre las empresas norteamericanas. Ouchi llegó a la conclusión de que el éxito de los negocios japoneses se debe primordialmente a su compromiso de calidad y su estilo participativo.

Ouchi sostiene que las grandes deficiencias de las empresas norteamericanas se deben en buena parte a un agudo problema de especialización. Sus conclusiones son las siguientes:

“En los E.U.A., la carrera de un profesional se desarrolla en diferentes empresas pero con la misma especialización. En el Japón se combinan las especializaciones en una misma organización.”

Ouchi propone los lineamientos que se muestra a continuación, para aplicar la filosofía gerencial japonesa basada en compromisos de calidad muy firmes y de un estilo participativo.

Los trece pasos de la Teoría Z de Ouchi

1. Comprender el tipo de organización y el papel de cada quien.
2. Auditar la filosofía de la compañía.
3. Definir la filosofía gerencial deseada e involucrar a su líder.
4. Aplicar la filosofía creando tanto estructuras como los incentivos necesarios.
5. Desarrollar habilidades interpersonales.
6. El personal debe probarse a sí mismo y a la compañía.
7. El sindicato debe involucrarse.
8. El empleo debe ser estable. Evite despidos y comparta las desgracias.

9. Decídase por un sistemas de evaluaciones y promociones lentas.
10. Ensanche los horizontes del desarrollo del personal.
11. Prepare la aplicación en el primer nivel.
12. Seleccione las áreas para implantar la participación.
13. Permita el desarrollo de relaciones, promoviendo las buenas comunicaciones.

Los Japoneses Y El Campo De La Calidad

En la actualidad los japoneses ocupan el nivel de líderes mundiales en la industria manufacturera, pues han demostrado la forma óptima en que se deben manejar los negocios. Sin embargo hay que mencionar que existen varios factores que han llevado a los Japoneses a ocupar este lugar, por ejemplo los pioneros más destacados dentro del movimiento de calidad (Deming y Juran) empezaron a promover sus ideas en los últimos años de la década de 1940-50 y al principio de 1950-60, época que fue muy importante para los japoneses, quienes después de sufrir la terrible derrota en la Segunda Guerra Mundial, necesitaban con desesperación volver a sus vidas normales y reconstruir un nuevo Japón mil veces mejor que el anterior para que fuese respetado por todo el mundo.

Por todo lo anterior quizá el factor más importante de cambio fue el nivel de entusiasmo, capacidad de respuesta y deseos de comprometerse, para lograr altos estándares de calidad.

En cuanto a los países occidentales estos han tenido las mismas oportunidades para promover la calidad, pero desafortunadamente han ignorado la poderosa influencia que pudo haber tenido en la competitividad futura. De hecho Deming comenzó a predicar su concepto de calidad en 1941 y, aunque sus ideas fueron bien recibidas por los ingenieros y los encargados de la producción, los directivos les prestaron poca atención, ya que lamentablemente la gerencia no comprendía la necesidad de apoyar las mejoras de calidad para que las obligaciones se cumplieran de arriba hacia abajo, ya que cualquier inestabilidad ayuda a determinar los momentos o lugares específicos de los problemas localizados, una vez que son eliminados estos problemas, se genera un proceso que continuará hasta que alguien lo modifique cuando así se requiera y mismas modificaciones que son responsabilidad de la gerencia.

Podemos decir que el milagro japonés se debió a la gran motivación de triunfar, el liderazgo decidido, al compromiso total y al convencimiento de las mejoras continuas.

Sucede algo curioso, ya que a pesar de que la mayor parte de los pioneros del movimiento de calidad fueron norteamericanos, los japoneses están recolectando los frutos de las ideas norteamericanas. Es importante mencionar que en un segmento de la prensa Occidental llegó a la conclusión de que el milagro japonés no fue japonés, ya que siguieron las ideas de los norteamericanos Deming y Juran, quienes actuaron como instructores de los japoneses después de la Segunda Guerra Mundial.

Por lo anterior Juran comentó:

"Me siento halagado, pero considero que la conclusión es absurda. Por supuesto que si promoví mis ideas en Japón tal como se reporta, y les enseñe algo nuevo -un enfoque estructural de la calidad-. Hice lo mismo en muchos otros países y ninguno de ellos alcanzó los resultados obtenidos por los japoneses, ¿De quién fue entonces el milagro?"....

Es importante conocer que la primacía del factor humano, propia del modelo japonés en virtud de las bases filósofo-sociales de su contexto histórico y su cultura no se basa en principios éticos de desarrollo sociopolítico, sino que expresa una solución pragmática orientada a conseguir el máximo resultado posible en la explotación de la empresa.

La postura que adopta la empresa japonesa corresponde a las técnicas del judo o jiu-jitsu, en los que el "principio de la no resistencia" permite oponerse y ganar al contrincante utilizando su misma fuerza. En efecto, lo que debe tener quien practica estos deportes no es fuerza, sino agilidad, flexibilidad, sentido de la oportunidad y velocidad de realización. Asimismo es importante tener presente que detrás del "milagro económico japonés" hay una gran inteligencia estratégica y operativa, que ha sabido dirigir con decisión y firmeza el enorme potencial humano de este pueblo hacia sus metas y objetivos.

No podemos dejar de mencionar y reconocer las capacidades de un pueblo que, con humildad y constancia, ha construido, en menos de medio siglo, una nación moderna que ocupa los lugares de segunda potencia industrial y primera financiera del mundo, partiendo de la más completa destrucción bélica.

En la actualidad Japón es sinónimo de tecnología innovadora y de potencia económica y su revolucionario sistema productivo ha dado inicio a la Civilización Tecnológica.

Para hacer aún más explícito el fenómeno nipón, diremos que Japón en el año cero era un país al borde del desastre, pues no disponía de productos agrícolas para alimentarse, ni de materias primas para producir, ni de medios industriales e infraestructuras, pues todo esto fue arrasado por la guerra. Por todo lo anterior solo les quedaba un solo camino que consistía en importar materias, transformarlas y exportarlas para obtener medios suficientes para sobrevivir.

Es entonces cuando el empresario japonés, se basa en la siguiente filosofía:

"Necesitamos producir y vender productos a países que no los quieren comprar, por tanto la única solución es convencerlos ofreciéndoles buenos negocios. Asimismo para proponer un buen negocio es preciso conocer los objetivos y necesidades de la parte contraria y los mecanismos de convicción, a fin de conseguir los máximos resultados".

Las relaciones básicas del negocio-cliente, colaborador-proveedor, analizadas bajo esta filosofía, la podemos resumir como sigue:

Cliente:

El principal objetivo de una empresa debe ser el tener un cliente que compre sus productos y asegurar su fidelidad.

Por lo que el camino más fácil y menos costoso para vender es dar al cliente todo lo que pide, de forma que este tan satisfecho del producto adquirido, como para dirigirse a nuestra marca cada vez que necesite algo que nosotros produzcamos.

Trabajador:

Para la empresa en orden de importancia, después del cliente viene el trabajador ya que sin él no se puede realizar el proceso productivo. En Japón, al finalizar la guerra, había un exceso de mano de obra que, además de hambrienta era barata, disciplinada y hábil y representaba un enorme patrimonio para explotar, pero se tenía en contra, los medios de producción y los recursos financieros pues estos eran escasos.

Analizando la situación el empresario japonés se hizo la siguiente pregunta: ¿Cuál es el trabajador ideal y qué método se puede utilizar para dirigirlo eficazmente?

La contestación fue sencilla y lógica: el trabajador ideal es el que, sin necesidad de controles, utiliza de forma espontánea todas sus capacidades para realizar su tarea de manera óptima y consigue excelentes resultados de calidad y productividad.

Por consiguiente se tenía que plantear el problema de como alcanzar esta condición óptima, lo que llevaba a una segunda pregunta: ¿Qué pedía el trabajador para ser motivado?

Primeramente la seguridad de tener medios para subsistir en un mundo donde no había certidumbres, ni puntos de referencias que le permitieran recuperar sus tradiciones, valores éticos y culturales, trastornados por la derrota; y, luego seguridad de su puesto de trabajo que, en efecto representaba una garantía de vida. Los empresarios japoneses aprovecharon perfectamente este enorme potencial, ofreciéndoles las cosas que pedían y la relación de trabajo se ha convertido para el obrero japonés en el factor más importante de su vida.

Hoy en día los trabajadores japoneses cobran, en empresas comparables un 15 - 20% más que sus homólogos europeos. Un obrero japonés trabaja "oficialmente" 2200 horas anuales (tres meses más que un alemán) pero, en realidad, las horas trabajadas son 2600. Otra característica peculiar, es que el trabajador japonés acostumbra a quedarse fuera del horario y sin retribución para desarrollar las actividades inherentes a los círculos de calidad.

Proveedor:

Toda empresa requiere de proveedores para abastecerse de materias primas, tecnologías, servicios externos, etc. Se ha aplicado con éxito la técnica del judo al proveedor para conseguir los máximos resultados con el mismo esfuerzo. En esencia podemos decir que el proveedor quiere hacer negocios y

ganar dinero con la empresa, la cual a su vez necesita de él para realizar su proceso productivo, para lograr esto se requiere de un sistema para gestionar esta relación de la forma más conveniente.

La solución se da al crear un sistema que comparta el negocio para que la empresa haga de puente hacia el cliente final:

El único que realmente compra y paga, con el producto adquirido es el proveedor.

Es necesario hacer hincapié que las posibilidades de la empresa de ofrecer al cliente algo que le de más satisfacción que el producto de la competencia depende en gran parte del proveedor.

Por último señalaremos que el proveedor tiene la opción de escoger que negocio quiere hacer, sabiendo que sus condiciones de abastecimiento influyen directamente sobre el nivel de competitividad de la empresa: Sólo proporcionando el mejor producto y un servicio óptimo a la empresa cliente puede vender más.

Para finalizar diremos que la presente síntesis de las características del modelo nipón no pretende de ninguna manera explicar "El milagro japonés", ni mucho menos reflejar su realidad. Sin embargo; es importante conocer y entender las principales bases del sistema japonés para tenerlas presentes en el proceso de búsqueda de una solución para los problemas de competitividad que presentan las empresas mexicanas en la actualidad.

Estados Unidos Y La Calidad

Los Estados Unidos son un país que aprovechó de manera inteligente las circunstancias que se le presentaron a raíz de su triunfo durante la segunda guerra mundial ya que su hábitat no sufrió daños y su enorme industria de guerra estaba intacta y lista para convertirse en el proveedor mundial único de la postguerra fabricando todos los bienes que los exhaustos y necesitados excombatientes requerían con suma urgencia.

Es un país cuya economía continúa expandiéndose poderosamente en nuestros días fabricando con el 5% de la población mundial el 25% de la producción industrial del mundo.

A pesar de que Estados Unidos es la primera potencia mundial, presenta un problema que se refiere a la mezcla de principios Taylorianos con técnicas para la calidad, ya que los principios administrativos de Taylor están tan arraigados, que no es raro encontrarlos interfiriendo con los intentos de modernización administrativa, independientemente que esta siga con el modelo del desarrollo organizacional, de la administración para la calidad o de la administración para la excelencia.

Ahora bien, para ser más explícita esta situación es importante mencionar que los principios de administración científica de Taylor sostienen que el principal objetivo de la administración es asegurar la máxima prosperidad para el patrón y al mismo tiempo para los obreros y los empleados.

Por consecuencia, la mejor manera para trabajar consiste en incrementar la producción haciendo un análisis completo de la función, dividirla y subdividirla hasta llegar a los movimientos necesarios para cada operación, racionalizando la labor de cada máquina y de cada persona mediante el control de los tiempos y de los movimientos, los cuales se deberán cronometrar estableciendo los patrones y los tiempos de ejecución hasta obtener el mayor rendimiento con el menor esfuerzo y la máxima remuneración.

Según Taylor como los operarios no tienen la capacidad ni los medios para analizar científicamente su trabajo y seleccionar el proceso más efectivo, se debe adjudicar a la gerencia las funciones de planeación y control y a los operarios y supervisores la de ejecución.

Además para que una organización sea exitosa se requiere crear, aprender y dominar un conjunto de normas y técnicas acerca de la división del trabajo, de los logros máximos del control y de la combinación de la autoridad y de la responsabilidad.

Por todo lo anterior, se comprende mejor el problema que se presenta con la mezcla de principios Taylorianos con técnicas para la calidad, pues estos principios están limitando fuertemente la eficacia de estas técnicas, pues como ya se mencionó los principios Taylorianos promueven el logro del éxito de las empresas a través de la implementación y el control de los límites funcionales de las personas, mientras que la administración para la calidad lo sustentan en el desarrollo y en el control de la variabilidad del proceso.

En general la productividad estadounidense actual es de un 10 a un 15% más alta que la de Japón y está creciendo más que la de otros países europeos; pero no tanto como la japonesa.

Estados Unidos está logrando esta productividad gracias, por un lado, al desarrollo de su tecnología de vanguardia y, por otro lado, a la aplicación general de medidas como lo es el abandono de los productos con poco margen de utilidad, la computarización de la maquinaria y el control de las operaciones de mano de obra intensiva.

Sin embargo a pesar de este incremento en la productividad en general los Estados Unidos, la presión de los países Asiáticos continúa creciendo día con día, basados principalmente en su capacidad administrativa.

Para comprender esta situación es importante remontarnos al pasado, pues se comenta que desde el año de 1979 y principios de la década de los 80's, los Estados Unidos ya estaban preocupados por la precaria situación de su industria ante la amenaza del Japón.

Debido a esto diferentes consultores y empresarios estadounidenses visitaron el Japón intentando copiar los sistemas administrativos para la calidad; pero desdeñaron la filosofía que los soporta, creyendo que dicha filosofía es propia del pueblo japonés y no de la administración de la calidad.

Durante su visita al Japón encontraron lo siguiente:

☛ *Sistemas importantes para la calidad como:*

- Los inventarios justo a tiempo
- Los círculos de calidad
- El control estadístico del proceso
- Las operaciones a prueba de errores
- El proceso de la mejora continua
- Las huelgas trabajando

☛ *Acciones poco importantes para la calidad:*

- El cantar el himno a la calidad
- El cantar el himno a la compañía
- El izar la bandera de la calidad
- El izar la bandera de la compañía
- El hacer gimnasia en el lugar de trabajo

☛ *Abandonos de importantes técnicas Taylorianas como:*

- Se está abandonando la evaluación de desempeño
- Se están abandonando los aumentos basados en el desempeño personal
- Se están abandonando las metas numéricas para los trabajadores de línea
- Se están abandonando las campañas motivacionales

☛ *Acciones culturales japonesas*

- El trabajo gregario
- La disciplina
- La paciencia
- El harakiri sagrado

Desafortunadamente los estadounidenses confundieron la importancia de unos y de otros, creyendo que todas eran características culturales japonesas, desdénando los principios postaylorianos del modelo administrativo para la calidad y pretendiendo corregirlos con el fin de mejorar su efectividad.

- ☛ Imitaron los cómo y desdeñaron los por qué, al grado de pretender modificarlos taylorizándolos.
- ☛ Copiaron los sistemas importantes para la calidad enfatizando la importancia de los sistemas y relegando los procesos y las personas. Exactamente lo contrario a lo hecho por los japoneses.
- ☛ Algunos intentaron copiar las acciones producto de los sistemas administrativos para la calidad; pero poco importantes para la obtención de los resultados.

Además sorprendidos por la ausencia de algunas de las técnicas Taylorianas más arraigadas en el occidente como son: La evaluación del desempeño personal, los aumentos salariales basados en dicha evaluación y las metas numéricas para los trabajadores de línea, intentaron una mezcla de las técnicas postaylorianas para la calidad, como la mejora continua con las tradicionales técnicas Taylorianas, sin importarles que la implementación de las más antiguas y limitadas anulara el efecto de las modernas y eficientes.

Por todo lo anterior se concluye que los japoneses son mejores en la administración lo que les permite que sus empresas y su economía crezcan consistentemente más que las de los estadounidenses.

1.5. El Despertar de Occidente a la Importancia de la Calidad

Las economías occidentales han defendido durante muchos años la posición de hacer negocios de acuerdo a la rentabilidad, tomando como base el balance contable. Esta cultura empresarial ha resultado muy preponderante debido a su dominio de la contabilidad en la determinación de metas y en su gran influencia sobre el curso de los negocios. Pero posteriormente se señala a este enfoque como una de las grandes causas de las deficiencias y desventajas que llevaron a la desprotección de los intereses a largo plazo de las empresas.

De hecho lo que los japoneses han logrado con gran efectividad es una mezcla de dos corrientes. Una basada en el enfoque de la ingeniería del trabajo, de acuerdo a los conceptos de Frederick Taylor, y la otra se origina en la enseñanzas de los movimientos precursores de las relaciones humanas, mismas que indican la importancia de los conocimientos individuales, el respeto a su orgullo y la motivación permitirles controlar su propio ambiente de trabajo, haciéndolos de sus propios estándares de calidad. Ahora bien no podemos omitir que el control estadístico de calidad es la herramienta más poderosa para relacionar los aspectos humanos en la fijación de los niveles de calidad y productividad y en la motivación de responsabilidades de abajo hacia arriba.

En conclusión diremos que el éxito de las empresas de occidente depende de nuestra capacidad para adaptar tales descubrimientos a nuestra cultura y forma de ser en un contexto de nuevo contenido moral.

1.5.1. Calidad en México

A pesar de que el doctor William Deming y el profesor Kauro Ishikawa comenzaron a difundir sus ideas sobre calidad a principios de años 50's pero tuvo que transcurrir mucho tiempo para que las empresas mexicanas comenzaran a aceptarlas debido a que hasta hace algunos años existía un fuerte proteccionismo que impedía que se introdujeran productos extranjeros al país y compitieran con los productos ya existentes. Ante la situación anterior muchos empresarios mexicanos se dieron el lujo de no preocuparse de que sus productos cubrieran las necesidades de sus clientes por que al no existir muchas opciones, los consumidores seguirían adquiriendo sus productos aunque no estuvieran conformes con ellos.

Actualmente a raíz de la celebración del tratado de libre comercio el mercado nacional se ha abierto y muchas empresas mexicanas quedaron en desventaja al presentar productos de menor calidad y, lo peor de todo, de mayor precio, además de que el rezago tecnológico y la falta de recursos económicos para invertir en el desarrollo de la industria nacional agravaron la situación.

Como respuesta los empresarios mexicanos han iniciado la implantación de las metodologías que sirven como herramientas para mejorar la calidad de los productos; estas metodologías se han aplicado exitosamente en países tales como Estados Unidos y Japón sin embargo se han topado con una serie de problemas que han retrasado o frustrado su adopción y que no son atribuibles a esas metodologías sino a las condiciones existentes en la empresa sobre las que se quieren aplicar.

Se ha caído en el error de querer adoptar metodologías que han tenido éxito en otras empresas sin asegurarse que las condiciones existentes sean las más apropiadas. El problema principal consiste en lograr la adopción de un modelo extranjero sin olvidar que estamos en México, no se puede empezar con lo que no se tiene pero si se puede mejorar lo que se tiene es decir que se debe empezar por tratar de tener una mentalidad distinta con la que se pueda aceptar que el hecho de cumplir con nuestras obligaciones puede ser motivo de orgullo y no nada más como algo que tenemos que hacer a cambio de una remuneración económica.

También se debe comenzar por comprometer a todos aquellos involucrados con la empresa desde la gerencia hasta los trabajadores, convencerlos de que al hacer lo que hacen, lo hagan de la manera correcta, algo muy simple pero que al parecer es muy difícil de lograr.

Lo anterior se logra por medio de procedimientos, que prescriben el orden y la disciplina con que se debería hacer lo que por años se ha hecho pero se debe tener cuidado de que esos procedimientos no se conviertan en letra muerta, así cuando se intente adoptar una metodología para mejorar la calidad las personas involucradas lo aceptarán con más facilidad y sin inconvenientes.

Cuando las personas hayan adquirido cierto orden y disciplina para realizar las rutinas de trabajo según

los procedimientos es más factible que se sensibilicen sobre su papel dentro de la empresa y mostrarán mayor disposición para participar en la elaboración, ahora sí, de procedimientos mejorados y la aplicación de estos y a dar su opinión en una retroalimentación al superior encargado de modificarlos según las experiencias de las personas involucradas. Una vez que han sido aprobados los procedimientos estos se formalizan, se aplican y se les da seguimiento.

Puede decirse que cierto criterio para saber si una mejora es efectiva es tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ☛ ¿Satisface la mejora las políticas de la empresa?
- ☛ ¿Tiende la mejora a satisfacer al cliente a un costo razonable?
- ☛ ¿El cambio arrojó resultados visibles a corto plazo?
- ☛ ¿Es compatible la mejora con los recursos humanos?
- ☛ ¿Están dispuestos los que laboran en la empresa a participar en el cambio?

Este criterio es con el fin de que no se hagan esfuerzos en vano y no se desperdicien recursos ni tiempo. Sin embargo nada de lo anteriormente dicho servirá si el compromiso no viene desde la gerencia, tiene que ser el gerente el que se comprometa a involucrar a todo el personal de tal manera que todos los involucrados se sientan apoyados en cualquier acción que sea necesaria. Es fundamental que haya comunicación entre el gerente y aquellos involucrados que son los que ponen en práctica los procedimientos y reconocen antes que nadie las fallas que estos tengan, así el gerente tomará las acciones necesarias para que las fallas se corrijan.

Los beneficios que trae consigo trabajar con procedimientos son los siguientes:

- ☛ No hay duda de quien hace que;
- ☛ La experiencia de uno enriquece a todos;
- ☛ Valiosos todos indispensables ninguno;
- ☛ La Estandarización disminuye la variación estadística del proceso;
- ☛ Liberan la creatividad.

Es de nuestra opinión que el orden y disciplina en el trabajo que son características de las culturas japonesa y norteamericana es el principal factor que ha hecho que los sistemas de calidad implantados tengan tanto éxito, por eso se ha estado recalando con tanta insistencia que una vez que se alcance cierto grado se estará listo para implantar los sistemas de calidad pero sin dejar de tener siempre en cuenta de que cada recomendación que hacen las filosofías de la calidad debe ser analizada y adaptada a nuestra situación y realidad.

1.6. La Mano de Obra y la Calidad

¿Quién es la mano de obra?

El término mano de obra designa a todos los empleados, a excepción de la jerarquía directiva, y los especialistas (profesionales).

La relación global entre la mano de obra y la calidad va más allá de las aportaciones potenciales y la infraestructura necesaria. También abarca:

- (a) La motivación para hacer aportaciones;
- (b) La formación necesaria para ser capaz de hacer las mismas.

La necesidad de ser concreto.

Cualquier esfuerzo por introducir cambios en las prácticas de la mano de obra exige que se proporcione a cada uno de sus miembros una respuesta clara a la pregunta ¿Qué es lo que tengo que hacer diferente a lo que he estado haciendo?.

Aplicándola a los esfuerzos por incrementar la participación de la mano de obra en asuntos relacionados con la calidad, la respuesta a esa lógica pregunta tiene que hacerse en términos concretos relacionados con el trabajo:

- ◆ ¿Cuáles son las acciones y decisiones relativas a la calidad implicadas en el proceso del operario?
- ◆ ¿De qué manera puede el operario participar en esas acciones y decisiones?

La pirámide de Control.

Si analizáramos a cualquier empresa encontraríamos que tiene un número elevado de cosas que controlar: las miríadas de características de los diversos productos y las miríadas de características de los diversos procesos.

No es posible que los gerentes y especialistas profesionales hagan todo ese trabajo de control. En su lugar la empresa diseña un plan de delegación semejante al esquematizado en la figura 1.4.

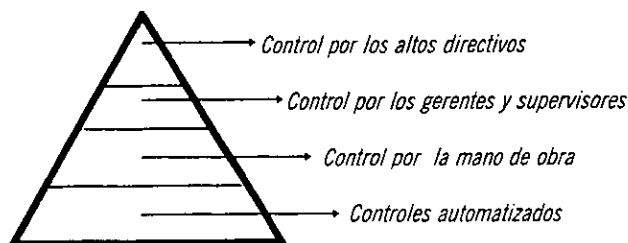


Figura 1.4 Pirámide de control

El ideal: Máxima delegación en la mano de obra.

Idealmente, el control de calidad se debería delegar en la mano de obra en el máximo grado posible. Con esta disposición ideal, la mano de obra lleva a cabo todos los papeles repetitivos del bucle de retroalimentación en el cual, el flujo de acontecimientos avanza de la siguiente manera:

1. El sensor (que está enchufado al proceso) evalúa el comportamiento real.
2. El sensor informa de este comportamiento a un árbitro.
3. El árbitro también recibe información sobre cuál es el objetivo o la norma.
4. El árbitro compara el comportamiento real con el objetivo. Si la diferencia exige una acción, el árbitro estimula un accionador.
5. El accionador hace los cambios necesarios para acomodar el comportamiento con los objetivos.

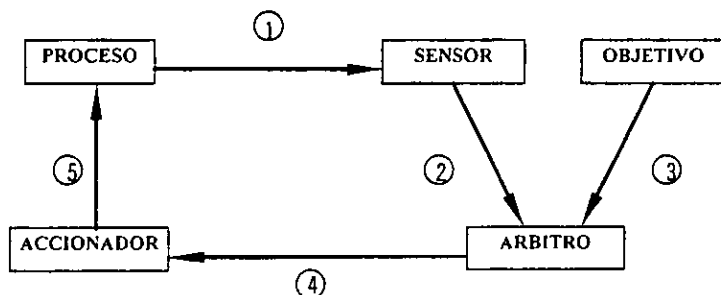


Figura 1.5. Bucle de retroalimentación

Esta delegación proporciona ciertas ventajas tanto a gerentes como a los miembros de la mano de obra:

1. Un bucle de retroalimentación más corto y, por tanto, una respuesta más rápida a los problemas de calidad.
2. Un mayor sentido de participación y propiedad de la mano de obra.
3. Liberar a los gerentes de mucho trabajo que se puede delegar.

¿Quién hace qué?

La responsabilidad de la calidad debería ser clara, pero nunca se consigue con pronunciamientos tales como "La calidad es tarea de todos". A niveles de mano de obra, la responsabilidad queda clara por medio del proceso de identificar las decisiones y acciones que son críticas para la calidad y asignar luego una responsabilidad clara para cada una.

Una metodología comprobada consiste en preparar una hoja de análisis tal como el de la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Hoja de análisis para quién hace qué.

Decisiones, Acciones	PRODUCCION		INSPECCION	
	Persona preparada Operario	Supervisor	Banco Patrulla	Otros
Decisiones proceso preparación verificación preparación funcionamiento verificación funcionamiento				
Decisiones producto conformidad adecuación al uso				

En esta hoja, las decisiones y acciones críticas se indican en las filas horizontales. Las columnas verticales registran las personas que pueden ser candidatas a tomar decisiones y realizar las acciones: los operarios que hacen funcionar los procesos, especialistas de preparación, personal de mantenimiento de equipo, inspectores, ingenieros y supervisores de todas las personas anteriores.

Cómo alcanzar un consenso.

Una vez que se ha creado la hoja de análisis, el problema consiste en alcanzar un consenso sobre quién debería tomar qué decisiones y quién debería realizar qué acciones.

El proceso para alcanzar un consenso es el siguiente:

1. Convocar a aquellos que están interesados en "quién hace qué".
2. Por medio de la discusión, identificar cuáles son las decisiones y acciones clave necesarias para conseguir la calidad para el producto y proceso en cuestión.
3. Identificar también quién está disponible para tomar estas decisiones y realizar estas acciones.
4. Anotar la información de los pasos 2 y 3 en las filas y columnas de la hoja de análisis.
5. Dar a cada persona una copia de la hoja de análisis resultante.
6. Pedir a cada persona que rellene la hoja de análisis basándose en "En su opinión, ¿Quién debería tomar qué decisiones y realizar qué acciones?".
7. Recoger todas las hojas de análisis, hacer un recuento de todas las opiniones individuales, con objeto de crear una hoja de análisis que resuma todas las opiniones. Se encontrará que, con respecto a algunos asuntos, hay unanimidad; con respecto a otros, hay diferencias de opinión.
8. Discutir las diferencias con objeto de llegar a un consenso.

Autocontrol a nivel de la mano de obra.

El concepto de autocontrol tiene completa aplicación al nivel de la mano de obra. Idealmente, la mano de obra debería estar en estado de dominio completo con respecto a la calidad; debería de estar provista de todos los elementos esenciales necesarios para producir productos que cumplan los objetivos de calidad. Estos elementos esenciales consisten en lo siguiente, que son los criterios que hay que cumplir:

1. Los medios para conocer cuáles son los objetivos de calidad. Este criterio se cumple proporcionando a la mano de obra las especificaciones y procedimientos.
2. Los medios para conocer cuál es el comportamiento real. Este criterio se cumple proporcionando a la mano de obra un sistema de medidas.
3. Los medios para cambiar el comportamiento en el caso de no conformidad. Este criterio se cumple proporcionando a la mano de obra un proceso que (a) sea intrínsecamente capaz de cumplir los objetivos de calidad y (b) que posea características que capaciten a la mano de obra para registrar el proceso cuando sea necesario para llevarlo a la conformidad.

Si todos los criterios anteriores se han cumplido, la mano de obra está en estado de autocontrol.

Autoinspección.

El concepto de autoinspección es completamente diferente del de autocontrol. El autocontrol se refiere al papel del operario haciendo funcionar el proceso y produciendo el producto. La autoinspección se refiere al papel del operario al tomar decisiones sobre la conformidad del producto, esto es, juzgar si el producto es conforme con los objetivos del mismo. Esta es una decisión crítica, debido a la política muy extendida de que los productos que son conformes con los objetivos de calidad se suponen adecuados para remitirlos al siguiente destino. Según esta política, un operario que toma decisiones sobre la conformidad del producto también decide si el producto debería remitirse al siguiente destino.

Idealmente, las fuerzas operativas de los niveles inferiores de la organización deberían tomar la decisión sobre la conformidad del producto. Sin embargo, primero se tienen que cumplir ciertos requisitos previos:

1. La calidad es el número uno. La calidad tiene que tener una prioridad máxima incuestionada.
2. Confianza mutua. Los gerentes tienen que confiar en la mano de obra lo suficiente para estar dispuestos a delegar, y la mano de obra tiene que tener suficiente confianza en los gerentes para estar dispuesta a aceptar la responsabilidad.
3. Autocontrol. Deberían darse las condiciones para el autocontrol, de modo que la mano de obra disponga de todos los medios necesarios para hacer un buen trabajo.
4. Formación. Los trabajadores tienen que prepararse para tomar las decisiones sobre la conformidad del producto y también deberían ser examinados para garantizar que toman decisiones correctas.

En relación con la autoinspección, es bueno tener presente que el componente humano de la percepción y toma de decisiones está sujeto a errores considerables. Los principales tipos de error y sus remedios están tabulados en la Tabla 1.4.

TIPOS DE ERROR	REMEDIOS
Interpretación errónea	Definición precisa; glosario; listas de comprobación; Ejemplos.
Errores inadvertidos	Pruebas de aptitud. Reorganización del trabajo para reducir la fatiga y monotonía. Diseño a prueba de fallos. Redundancia. Aprueba de error. Automatización; robótica.
Falta de técnica	Descubrir la habilidad especial de los buenos operarios; revisión de la tecnología para incluir la habilidad especial. Reciclaje.
Errores conscientes: prejuicios apatía indiferencia	Revisión del diseño del plan de recogida de datos. Eliminar la atmósfera de reproche. Actuar según los informes, o explicar por qué no. Despersonalizar las órdenes. Establecer grado de responsabilidad. Proporcionar énfasis equilibrado en los objetivos. Realizar auditorías de calidad. Crear una buena competencia, incentivos. Reasignar el trabajo.

Tabla 1.4. Tipos de errores humanos y sus remedios

1.6.1. Herramientas Estadísticas : Ayuda Para Tomar Decisiones.

Los años 80's dieron paso a un surgimiento del interés y de la formación en herramientas estadísticas, especialmente a nivel superior y de mano de obra. Este interés y formación tienen que ver con el control de calidad por la mano de obra.

1.6.1.1. Herramientas Estadísticas: Cuáles Y Por Qué.

Al referirnos a las herramientas estadísticas, es importante no confundir el medio con el fin. El objetivo final consiste en mejorar la toma de decisiones. Las decisiones basadas en los hechos siempre han resultado mucho mejor que las decisiones basadas en presentimientos o juicios empíricos.

Por ejemplo, los artesanos producían productos de alta calidad antes de que se desarrollaran las herramientas estadísticas.

Lo conseguían dedicando mucha atención a cosas tales como las propiedades de los materiales y los efectos de los procesos. La proliferación de instrumentos de medida proporcionó luego los hechos con más precisión.

La aportación de las herramientas estadísticas a esta marcha de acontecimientos ha sido la sistematización de la recogida y análisis de datos.

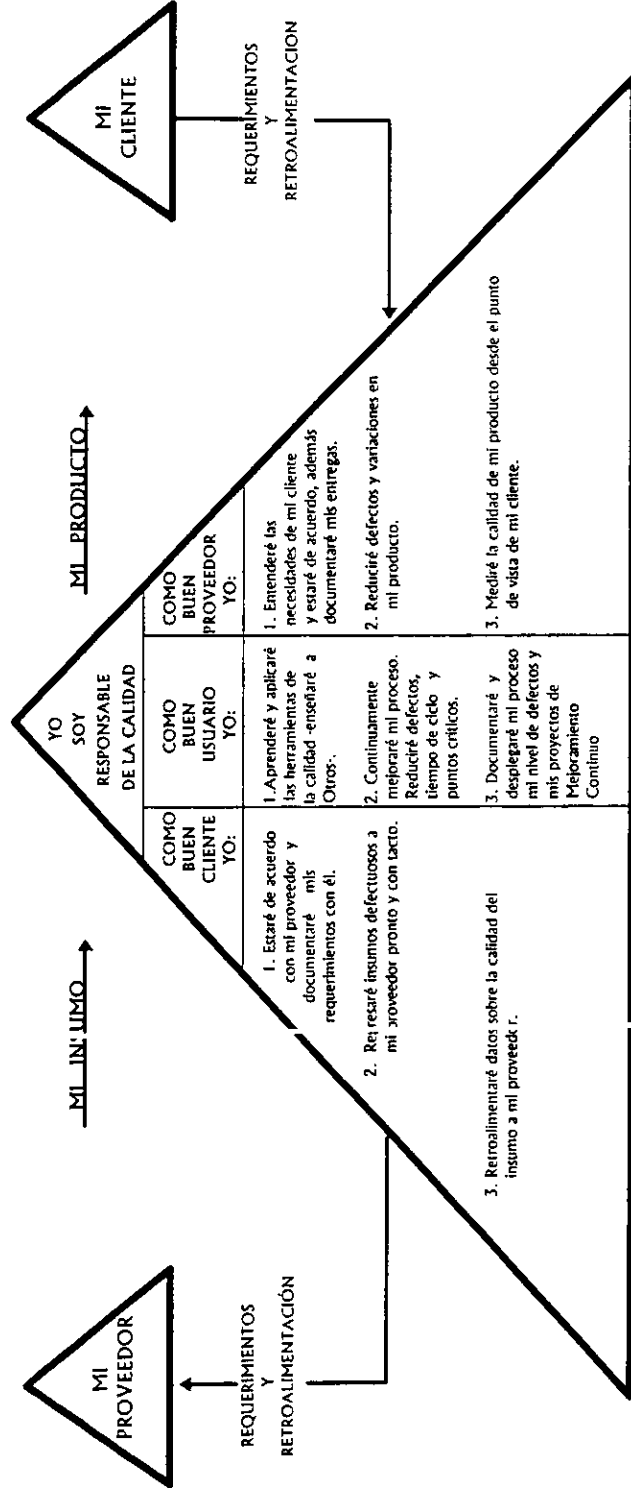
Este enfoque sistemático proporciona unas orientaciones útiles para recoger, analizar e interpretar datos.

Las herramientas estadísticas se aplican cada vez más para mejorar la toma de decisiones en el lugar de trabajo. Las áreas más importantes de aplicación involucran dos tipos de decisiones que se han de tomar en el lugar de trabajo, una y otra vez:

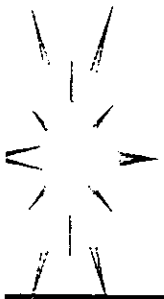
1. ¿Debería seguir el proceso o pararse?
2. ¿Es conforme el producto con los objetivos de calidad?

A modo de conclusión del presente capítulo mostraremos la figura 1.6, la cual sugiere que se practique una mejora continua; además de enfatizar que cada uno de nosotros es responsable de la calidad independientemente del puesto que ocupemos en la vida diaria.

FIGURA 1.6. AT & T PIRAMIDE: PRACTICAS DE MEJORAMIENTO CONTINUO. ¹



¹ Tomado de AT & T Paradyne Continuous Improvement Leadership Team.



CAPITULO 2

SERIE DE NORMAS ISO 9000

"La Calidad es un compromiso permanente."

que requiere del compromiso, voluntad y

participación de todo el personal"

2. Introducción

El estándar de la serie ISO 9000 fue desarrollado por el comité técnico 176 de la International Standards Organisation (ISO) en 1987. La serie ISO 9000 contiene cinco estándares, ISO 9000; ISO 9001; ISO 9002; ISO 9003 e ISO 9004.

El ISO 9000 describe lineamientos generales, el ISO 9001 y el ISO 9002 son estándares de aseguramiento de calidad, para informar a los clientes y otras entidades relacionadas, que una empresa opera de acuerdo a los requerimientos especificados. El ISO 9003 y el ISO 9004 conducen a la implantación de un sistema de calidad total basado en la cadena cliente-proveedor, con el objetivo de lograr competitividad a nivel mundial.

El ISO 9000 se está aplicando cada vez más, tanto así que el American National Standards Institute (ANSI) y la American Society for Quality Control (ASQC), ha desarrollado un sistema basado en la serie ISO 9000, llamado serie Q90 (Q90, Q91, Q92, Q93, Q94). Se puede apreciar que la mayor parte de los países basan sus sistemas de calidad en la serie ISO 9000.

La comunidad europea fomenta el uso de la serie ISO 9000, como parte de sus planes de integración.

Al Comité Europeo de Normalización (CEN), se le asignó la tarea de desarrollar un estándar común basado en la serie ISO 9000. Esto dio como resultado la serie EN 29000, que se está imponiendo en todos los países de la comunidad europea, aunque los diferentes miembros se encuentran en diferentes etapas de implantación.

Un ejemplo claro es el Reino Unido ya que está mucho más adelantado que los demás, debido a que se han reportado más de 10000 empresas registradas con el ISO 9000.

La mayor parte de las empresas que están solicitando el registro del estándar ISO 9000, lo están haciendo para cumplir con los requerimientos de clientes y entidades relacionadas. Sin embargo, para lograr un clima de competitividad con una administración de calidad total, las empresas deben aplicar los lineamientos totales del estándar ISO 9000.

2.1. Orígenes del Estándar

El BS 5750 (1979) se originó a partir de los estándares AQAP (Allied Quality Assurance Publication) para los suministros de la defensa y también a partir de las subsiguientes modificaciones de los estándares MOD 05-21 y 05-29. Sin embargo, el BS 5750 tenía algunos inconvenientes y, como resultado de las presiones de la Society of Motor Manufacturers and Traders, liderados por la Ford Motor Company, se formó una International Standards Organisation (ISO) que dio como resultado la introducción de la serie ISO 9000 en

1983-84. Las razones para ello eran que la competitividad a nivel mundial exigía la existencia de un estándar internacional. El BS5750/ISO 9000 fue introducido en julio de 1987.

Las disciplinas establecidas por la norma de administración de calidad (ISO 9000) poseen una importancia clara, ya que obligan a las organizaciones a reflexionar en la forma de operar y mantener bajo control lo que hacen. Sin embargo puede existir limitaciones en la norma ISO 9000, en particular si se utiliza de manera prescriptiva, al igual que los esquemas del sector en particular, y con los esquemas prescriptivos de administración de la calidad en general, es que limitan los conceptos de calidad a verificar el cumplimiento, o el control de calidad. Esto no supone el aseguramiento de la calidad.

2.2. ISO 9000 Normas para la Gestión y el Aseguramiento de la Calidad.

Pautas para la selección y utilización.

Son tres los objetivos de esta norma:

1. Clasificar las diferencias e interrelaciones entre los principales conceptos de calidad.
2. Suministrar los criterios para la elección y utilización de uno de los niveles de requerimientos establecidos en las normas 9001, 9002 y 9003 sobre Sistemas de Calidad cuando existe una relación contractual, o 9004 cuando en ausencia de requerimientos contractuales, la empresa decide instrumentar un sistema de calidad.
3. Establecer la necesidad de evaluar la capacidad de los proveedores para brindar la confianza necesaria de que habrán de suministrar productos o servicios con el nivel de calidad requerido.

Si bien la norma ISO 9000 enumera los conceptos a tener en cuenta en la selección del nivel, no establece un método a aplicar.

De acuerdo con el alcance que se le quiera dar al sistema, se podría elegir la ISO 9001 para aquellas empresas que aseguran sus productos desde la etapa de diseño, hasta la 9003 que sólo asegura la inspección final de los productos.

2.2.1. NORMA ISO 9001 Sistemas de Calidad.

Modelo para el aseguramiento de la calidad en diseño/desarrollo, producción, instalación y servicio.

Esta norma se emitió para ser utilizada cuando la conformidad a los requisitos especificados debe ser asegurada por el proveedor desde la verificación de su propia capacidad para cumplir con las condiciones del contrato a la orden de compra, y hasta el asesoramiento de posventa, pasando por el diseño o desarrollo, la producción, transporte e instalación.

Deberá ser aplicada por toda la empresa que diseñe sus productos.

2.2.2. NORMA ISO 9002 Sistemas de Calidad.

Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción e instalación.

Esta norma se emitió para ser utilizada cuando la conformidad a los requisitos especificados debe ser asegurada por el proveedor durante la producción e instalación, y en el caso en que la empresa no desarrolla ni modifica diseño alguno.

2.2.3. NORMA ISO 9003 Sistemas de Calidad.

Modelo para el aseguramiento de la calidad en inspección final y ensayos.

Esta norma se emitió para ser utilizada cuando la conformidad a los requisitos especificados debe ser asegurada por el proveedor únicamente durante el control y los ensayos finales.

2.2.4. NORMA ISO 9004-1 Gestión de la calidad y elementos del Sistema de Calidad (Parte 1-Guías).

Esta norma describe una serie de elementos básicos con los cuales se pueden desarrollar e instrumentar sistemas de calidad a ser aplicados a los productos. Está concebida para situaciones no contractuales y para el caso de que una empresa requiera orientaciones para instrumentar y mantener un sistema de calidad se torne a la empresa más competitiva y le permita obtener la calidad deseada en una forma económica.

2.2.5. NORMA ISO 9004-2 Gestión de calidad y elementos del Sistema de Calidad (Parte 2-Guía para los servicios).

Esta norma tiene el mismo objetivo que la ISO 9004-1, pero para ser aplicada por aquellas empresas que prestan servicios, como los de salud, transporte, turismo, educación, etc.

2.3. Requerimientos De La Norma ISO 9000

Responsabilidad de la Gerencia (4.1)

- Definir y documentar la política y los objetivos;
- La política debe ser comprendida, aplicada y mantenida a todos los niveles;
- Organización: responsabilidades, autoridad e interrelaciones;
- Identificar y verificar recursos y personal;
- Asignar un representante gerencial;
- Revisar el sistema en forma periódica.

Sistema de Calidad (4.2)

- Preparación del Sistema de Calidad por escrito;
- Implantación efectiva del documento del sistema de calidad.

Revisión del Contrato (4.3)

- Revisar todos los contratos para asegurarse de que:
 - a) los requerimientos estén bien definidos por escrito;
 - b) se resuelven las diferencias entre los requerimientos;
 - c) el proveedor tiene la capacidad para cumplir con los requerimientos contractuales;
- Mantener registros de todas las revisiones.

Control del Diseño (4.4)

- Planeación de diseño y desarrollo;
- Insumos del diseño;
- Resultados del diseño;
- Verificación del diseño;
- Cambios del diseño.

Control de Documentos (4.5)

- Aprobación y publicación del documento;
- Documentar cambios/modificaciones.

Compras (4.6)

- Evaluación de subcontratistas;
- Datos de compras;
- Verificación del producto comprado.

Producto Suministrado por el Cliente (4.7)

- Producto proporcionado por el cliente para incorporarlo como suministro, se requieren procedimientos de verificación, almacenamiento y mantenimiento.

Identificación y Seguimiento de Productos (4.8)

- Identificar el producto a partir de dibujos, especificaciones, etc., durante todas las etapas de producción, entrega y mantenimiento.

Control de los Procesos (4.9)

General

- Instrucciones de trabajo;
- Equipo y medio ambiente adecuados para la producción;
- Conformidad con los estándares de referencia/código y planes de calidad;
- Supervisión durante la producción;
- Aprobación de procesos y equipo;
- Criterio de calidad de trabajo.

Procesos especiales

- Evaluación continua

Inspección y Pruebas (4.10)

Inspección y pruebas de recepción.

- Inspección del producto de entrada con procedimientos/instrucciones por escrito;
- Si se libera para producción por urgencias, asegurarse de que se identifica bien para reprocesos en caso necesario.

En proceso.

- Inspeccionar, probar o identificar, tal como lo requieran los procedimientos;

- Usar métodos de inspección y control del proceso;
- Retener el producto hasta completar la inspección/pruebas (o reprocesado);

Inspección final y prueba.

- Asegurarse de que se han efectuado todas las inspecciones y pruebas.

Equipo de inspección, medición y pruebas (4.11)

- Selección del equipo apropiado;
- Identificación, calibración y ajuste a intervalos predeterminados;
- Documentación de los procedimientos de calibración;
- Garantizar que el equipo es capaz de proporcionar la exactitud y precisión necesarias;
- Identificar el equipo para mostrar su estado (indicador o registro);
- Preservar los registros de calibraciones.
- Asegurarse de que las condiciones ambientales son adecuadas;
- Manejo, preservación y almacenamiento;
- Impedir que el equipo de inspección y pruebas, incluyendo las herramientas y programas, sufran ajustes o desviaciones que invaliden la calibración;
- Los accesorios, plantillas y modelos deben quedar incluidos en el punto anterior.

Estado de Inspección y Pruebas (4.12)

- Identificar si hay aprobación, rechazo o pendiente de inspección;
- Se usan marcadores, sellos, etiquetas, tarjetas, registros de inspección y localización y otros medios.

Control de Productos No-Conformes (4.13)

- Identificarlos;
- Segregarlos (cuando sea práctico);
- Disponer de ellos;
- Notificar a las otras funciones relacionadas;
- Documentar;
- Revisión de la inconformidad y disposición.

Acciones Correctivas (4.14)

- Investigar las causas;
- Analizar todos los procesos, operaciones de trabajo, concesiones, registros de calidad, reportes de servicio y quejas de clientes;
- Iniciar acciones preventivas;
- Asegurarse de que las acciones correctivas son efectivas;
- Instrumentar y registrar los cambios que resulten de las acciones correctivas.

Manejo, Almacenamiento, Empaque y Entrega (4.15)

Manejo

- Evitar daños.

Almacenamiento

- Evitar daños y deterioro;
- Autorizar la recepción y el despacho en y desde los almacenes;
- Inspeccionar el producto almacenado a intervalos regulares.

Empaque

- Controlar los procesos de empaque, preservación y etiquetación.

Entregas

- Proteger después de la inspección y pruebas finales;
- Proteger durante la entrega al cliente (cuando se especifica contractualmente)

Registros de Calidad (4.16)

- Procedimientos para: identificación, recolección, indexación, archivo, almacenamiento, mantenimiento y destrucción de registros;
- Incluir los registros pertinentes de proveedores/subcontratistas;
- Deben ser: legibles e identificables
recuperables;
- Especificar las retenciones.

Auditorías Internas de Calidad (4.17)

- Planeadas y documentadas;

- Programas (de acuerdo al nivel e importancia de la actividad auditada);
- Efectuadas de acuerdo a los procedimientos previamente establecidos;
- Documentar los resultados y notificar al personal responsable;
- El personal administrativo de las áreas/deficiencias de tomar acciones correctivas.

Entrenamiento (4.18)

- Identificar, proporcionar y registrar;
- El personal que lleva a cabo las tareas asignadas debe ser calificado (formación académica entrenamiento o experiencia).

Servicio (4.19)

- Cuando el contrato lo especifica;
- Verificar si el servicio cumple con los requerimientos.

Cuando sea apropiado

- Identificar;
- Verificar la capacidad del proceso y las características del producto.

Técnicas Estadísticas (4.20)

- Se establecen Técnicas Estadísticas con la finalidad de controlar el proceso.

2.4. Puntos Relacionados Con La Implantación De La Norma De Calidad ISO 9000.

- Se espera que las fuerzas del mercado se identifiquen en este final de siglo y que la norma ISO 9000 se convierta en un prerrequisito para poder operar;
- El valor de la implantación de la ISO 9000 sólo puede apreciarse cuando se usa como un sistema de calidad total, en vez de considerarla como los requerimientos mínimos de productos y/o servicios;
- La ISO 9000 está motivada por los clientes. Por consiguiente, es importante involucrarla en todas las etapas del proceso de desarrollo del producto y/o servicio. Los estándares son los que se establecen de común acuerdo desde el principio;

- La ISO 9000 se inicia con una planeación precisa y con una política empresarial de implantar estándares de calidad. También debe diseminarse a todas las áreas de la empresa;
- La ISO 9000 depende en alto grado del compromiso gerencial y del cambio de actitudes de los trabajadores, ya que el personal debe estar involucrado permanentemente en todas las etapas, pues de lo contrario, dejará de haber conformidad con las especificaciones;
- La ISO 9000 es un sistema general, debido a que se adapta con facilidad a cualquier situación y a diferentes tipos de empresas. Es flexible y permite que cada empresa lo interprete de acuerdo a sus necesidades;
- La auditoría es un aspecto importante de la implantación de un estándar y se requiere continuidad en las tareas de vigilancia, revisión y acciones correctivas, para mantener una competitividad positiva;
- La ISO 9000 tiene que aplicarse con una actitud de efectividad de costos. Las empresas tienen que buscar las soluciones más económicas y los cambios que cumplan los requerimientos sin afectar su fortaleza económica. Cabe aclarar que después de la aprobación de certificación, se puede llevar a cabo otras modificaciones o refuerzos;
- La ISO 9000 pone énfasis en los aspectos humanos como en el caso del entrenamiento. La continuidad de la conformación sólo puede tener éxito cuando las habilidades personales se incrementan cada vez que hay un cambio en su trabajo o en algún aspecto de sus tareas.

2.5. Beneficios Y Problemas Asociados Con La Implantación De La Norma ISO 9000

Beneficios

- Garantiza la satisfacción del cliente al incorporar la calidad en cada una de las etapas del sistema productivo de la empresa;
- Produce varias reducciones de costos al contar con métodos de trabajo uniformes y usar la auditoría en su aspecto proactivo, las mejoras continuas pueden desembocar en ahorros substanciales;
- Se consigue la reducción/eliminación de desperdicios al aplicar trabajos con conocimientos y simplificación de los procesos;
- Se incrementa la velocidad de respuesta, pues el ciclo de producción se reduce al hacer las cosas bien desde la primera vez;

- Los problemas se detectan y resuelven en cuanto surgen, antes de que los productos y/o servicios lleguen al cliente;
- Las decisiones de calidad son más numerosas y precisas, pues la ISO 9000 enfatiza la disponibilidad de la información;
- El sistema administrativo identifica las fortalezas y debilidades de tal manera que se puedan lograr las mejoras;
- Como resultado de la implantación de la ISO 9000, los clientes y proveedores se sienten motivados a aplicarlo y contar con objetivos comunes. Se requiere de buenas comunicaciones y claridad de conceptos y las expectativas pueden conducir a relaciones duraderas.

Problemas

- La ISO 9000 es costosa en su aplicación, además de que no se perciben ventajas económicas inmediatas para la empresa;
- En muchos casos la ISO 9000 no conduce a una reducción de las auditorías e inspecciones como es su intención, sino que ha llevado al planteamiento de más y más interrogantes sin soluciones claras;
- En algunos casos, el sistema ISO 9000 ha sido aplicado sin convencimiento, por temor a perder clientes y contratos. Esto se debe casi siempre a que los clientes exigen una certificación por parte de la ISO 9000;
- Con frecuencia, la ISO 9000 se ha aplicado sin un compromiso gerencial debido a que la alta dirección todavía percibe la calidad como responsabilidad de otros;
- En ocasiones, la norma ISO 9000 se ensambla a las culturas existentes basadas en conflictos entre gerencia y trabajadores. Esto ha conducido en muchos casos a una falta de interés por parte de los empleados, que piensan que esta norma es otro ejercicio para tenerlos más controlados.

2.6. Registros Y Acreditamientos En Los Sistemas De Calidad

¿Qué es una certificación?

- Certificación = conformación con un estándar;
- Los estándares son parámetros nacionales y/o internacionales para aspectos específicos de los productos o servicios;
- La inclusión en el registro sólo puede lograrse con una certificación de un instituto independiente y sólo cuando se comprueba la conformación con estándares como la ISO 9000.

- Los institutos de certificación deben cumplir con ciertos criterios tales como:
 - a) Reconocimiento nacional/internacional;
 - b) Equilibran los intereses del cliente y proveedor;
 - c) Cuentan con documentación completa;
 - d) Proporcionan un procedimiento claro de apelación.
- Los esquemas de certificación suelen ser voluntarios;
- La norma ISO 9000 lleva a cabo certificaciones de sistemas de calidad y su evaluación produce los tres siguientes resultados:
 - Registro descalificado;
 - Registro calificado;
 - Negación de registro.
- Un ejemplo de un Instituto de certificación bajo la norma ISO 9000 es BRITISH STANDARDS INSTITUTION'S QUALITY ASSURANCE SCHEMES (BSI).

¿En qué consiste la aprobación?

- La certificación sólo considera la conformidad con los estándares y, por tanto, no dictamina si los productos son adecuados para el uso planeado;
- Existen todavía acciones y agencias que emiten sus propias aprobaciones, usando criterios particulares o estándares de aceptación regional cuando existen.

EL INSTITUTO NACIONAL DE ACREDITACION DE CERTIFICACION (NACCB)

- El NACCB fue instituido en 1984 en la Gran Bretaña para llevar a cabo las acreditaciones a nombre del Ministerio de Comercio e Industria;
- El NACCB nació como resultado del énfasis del gobierno británico para fomentar una competitividad más positiva en las empresas (en 1982 se publicó un reporte que evalúa los estándares, la calidad y la competitividad internacional);
- La acreditación de Institutos de certificación como el BSI, se otorga en base a los siguientes criterios:
 1. Integridad
 2. Competencia técnica
 3. Imparcialidad
- Existen cuatro categorías de certificación:

1. Sistemas de administración de calidad
 2. Conformidad de productos
 3. Aprobación de productos
 4. Personal dedicado a verificación de calidad
- El proceso de registro se lleva a cabo como sigue:
 - I) El NACCB acredita agencias como el BSI;
 - II) Los proveedores solicitan la certificación del BSI;
 - III) El BSI hace la apropiación de gastos y selecciona a los asesores adecuados;
 - IV) Los asesores llevan a cabo una auditoría en el lugar;
 - V) El reporte incluye recomendaciones basadas en el resultado de la evaluación;
 - VI) Se otorga/se niega el registro;
 - VII) Se hacen auditorías dos veces por año para garantizar que se mantiene la conformidad.

La Figura 2.1. muestra el Proceso de acreditación.

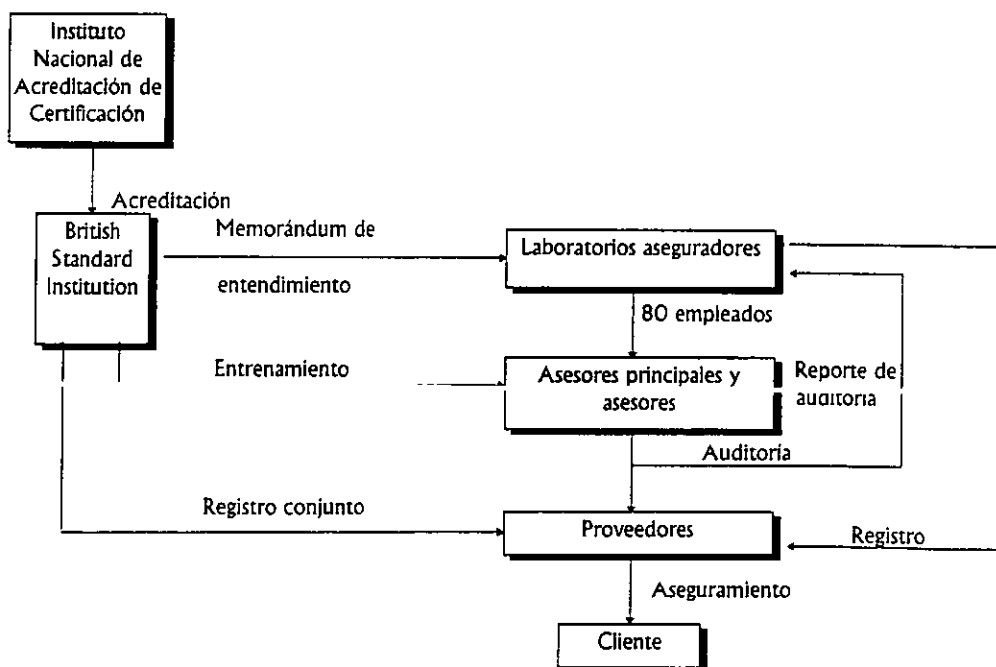


Figura 2.1 El Proceso De Acreditación.

2.7. Percepción De La Calidad En Los Países En Desarrollo.

Las normas de la serie ISO 9000 se desarrollaron como respuesta a los retos que se presentan a raíz de la creciente globalización de los mercados, a su vez estas normas gozan de plena aceptación.

En la actualidad tanto los gobiernos como las empresas están asignando una gran cantidad de recursos al desarrollo de infraestructuras con la finalidad de hacer cumplir estas normas tanto para los proveedores comerciales como para los proveedores de la Administración del Estado.

Es importante mencionar que incluso grandes compañías del Japón y los Estados Unidos que cuentan con excelentes programas de Control de Calidad, están tratando de lograr el registro de conformidad con normas ISO 9000 con el fin de obtener credibilidad a escala mundial.

A consecuencia de este proceso, el establecimiento de sistemas de la calidad por parte de las industrias de los países en desarrollo se ha convertido en absolutamente esencial para lograr una participación significativa en los mercados europeo y norteamericano.

Antes de introducir en las empresas de los países en desarrollo, los sistemas de la calidad, es de vital importancia entender la naturaleza de los mercados, la cultura industrial y la percepción de la calidad de estos países, ya que es evidente que estos no constituyen un grupo totalmente homogéneo, debido a que difieren considerablemente en el nivel de desarrollo en sus sistemas políticos y económicos, en sus características culturales y en los elementos que difieren sus mercados. Pero a pesar de esta diversidad, comparten un número considerable de características comunes, mismas que describiremos a continuación.

2.7.1. Los Mercados En Los Países En Desarrollo.

La economía de la mayoría de los países en desarrollo se basa en la agricultura, misma que corresponde del 60% al 80% de su producto nacional bruto.

La mayoría de las empresas productoras ignoran los beneficios que traen consigo los sistemas de la calidad y de la influencia que ejercen sobre la rentabilidad y el crecimiento a largo plazo.

En cuanto a la población de estos países, incluyendo el nuestro, la inmensa mayoría es pobre y una gran parte de sus decisiones de compra se basa en consideraciones relativas al precio y no a la calidad del producto. Con frecuencia existe una gran demanda de bienes baratos que carecen de calidad. Esto es debido a que los bienes de calidad superior se obtienen únicamente a precios claramente superiores lo que trae por consecuencia que no estén al alcance de la mayoría de la población.

La demanda de bienes de consumo supera en general a la oferta debido a que la industria está muy poco desarrollada a que la población crece muy rápidamente, más aún debido a los bajos niveles de alfabetización, se puede considerar despreciable el conocimiento que el consumidor presenta con respecto a la calidad y sus implicaciones.

Debido a que los consumidores carecen de los medios adecuados para evaluar la calidad y demandar la conformidad de las normas tienden a aceptar prácticamente cualquier cosa que se halla disponible en el mercado.

Los productos nacionales en la mayoría de los países en desarrollo presentan una pobre imagen de calidad, lo que trae por consecuencia que los bienes importados sean enormemente apreciados, particularmente entre los sectores acaudalados de la sociedad que pueden permitirse esos lujos. Se llevan a cabo también poderosas campañas de publicidad por parte de empresas multinacionales con la finalidad de desarrollar una fe ciega en la calidad de los productos de importación.

Podemos decir sin temor a equivocarnos que los compradores industriales comparten esta misma percepción y a consecuencia de esta situación algunas multinacionales y empresas comerciales se aprovechan de esta actitud y de la falta de una adecuada infraestructura para los ensayos, así como de especificaciones bien definidas respecto a las compras, para inundar de materiales y productos de baja calidad a los países en desarrollo. Además de todo lo anterior, las empresas de los países en desarrollo presentan otra serie de problemas como los bajos niveles de capital circulante, la incertidumbre respecto al suministro de materiales de buena calidad y las dificultades para negociar la devolución de materiales defectuosos, todo lo cual les hace todavía más vulnerables frente a los proveedores poco escrupulosos.

El mayor impedimento para elevar el nivel de calidad de las industrias de los países en desarrollo es la falta de convencimiento de sus beneficios económicos por parte de los propios fabricantes.

La frase de *una calidad más alta es más costosa* es una creencia relacionada con la calidad que se halla más extendida.

Sin embargo. Los últimos estudios sobre los mecanismos de cómo se genera la calidad y de los procesos de fabricación han demostrado que una calidad más elevada no siempre resulta más costosa. Es importante recalcar que el hecho de invertir más recursos en investigación y desarrollo puede lograr una considerable elevación de la calidad del producto. A su vez, la mejora de los procesos de fabricación puede conducir a unas reducciones substanciales de los costos totales del producto.

Esto ha sido probado plenamente tanto en el Japón como en los países occidentales, en una extensa gama de bienes industriales producidos en grandes cantidades, por ejemplo aparatos electrodomésticos, electrónica de

consumo, computadoras, etc. Cabe señalar que a lo largo de las dos últimas décadas la calidad de estos artículos ha mejorado progresivamente y los costos en términos reales han descendido.

Ahora bien existe una falsa concepción muy extendida entre el personal de producción respecto a que la calidad puede lograrse únicamente a costa de la cantidad.

Analizando este punto de vista veremos que es una herencia de un período en el que el control de la calidad consistía únicamente en la inspección física del producto acabado; por lo tanto cuando se realizaba una rígida inspección esta daba como resultado el rechazo de una proporción mayor de la producción. A pesar de lo anterior, el control de la calidad se ha convertido desde entonces en algo mucho más elaborado, ya que han puesto mayor énfasis al diseño y a la fabricación, de forma que los artículos defectuosos no lleguen a producirse.

Por tanto, los esfuerzos para aumentar la calidad y mantener la cantidad, han llegado a ser complementarios de modo que las mejoras en la calidad conducen generalmente a una mayor productividad.

Es importante hacer énfasis que el control de calidad no es una actividad aislada que puede llevarse a cabo en el departamento de inspección, sino que es una actividad que debe estar relacionada con las operaciones de todos los departamentos incluyendo aquéllos que son responsables de marketing, diseño, ingeniería, compras, producción, envase y embalaje, expedición y transporte, para lograr su eficacia. De hecho, el Control de Calidad debe cubrir a la vez a los proveedores de los materiales y a los clientes.

Es de vital importancia comprender adecuadamente las exigencias del cliente y obtener una información exacta de la percepción de los productos que dicho cliente recibe.

2.7.2. Satisfacer Las Exigencias De Calidad Para La Exportación.

Los bienes fabricados para la exportación por las empresas situadas en países en desarrollo pueden agruparse en dos grandes categorías:

- Bienes de baja calidad destinados a otros países en desarrollo.
- Bienes de alta calidad para los países desarrollados.

Dado que las compras que realizan los consumidores en los países en desarrollo se hacen principalmente en consideración a su precio, es comparativamente más fácil para los empresarios exportar bienes baratos de baja calidad a otros países en desarrollo por las mismas razones que ellos logran venderlos en sus propios países. Sin embargo este enfoque no puede aplicarse a las exportaciones a los mercados europeos y norteamericanos donde la calidad de los productos debe ser mucho más alta para lograr la aceptación de los

clientes. Las empresas exportadoras deben, por tanto, contar con modernas instalaciones manufactureras capaces de satisfacer las especificaciones internacionales.

En este punto es necesario advertir que mientras que es comparativamente fácil instalar nuevas plantas y equipo, es en cambio muy difícil cambiar la cultura laboral y las actitudes del personal hacia la calidad, particularmente cuando una buena parte de la producción de la compañía se destina al mercado nacional.

Existen empresas, con maquinaria capaz de fabricar productos con especificaciones internacionales pero con una fuerza laboral que actúa a un nivel muy bajo. El resultado es una elevada proporción de productos que no cumplen las especificaciones. Dichas compañías consecuentemente se dedican a elaborar procedimientos de inspección pensados para separar los productos que no cumplen las especificaciones (los cuales se venden con pérdidas en el mercado nacional) de aquellos que se destinan a la exportación. Este sistema operativo provoca problemas financieros debido a unos menores ingresos de los materiales no conformes.

Las empresas que siguen este sistema acabarán siendo desplazadas de los mercados de exportación que cada vez son más competitivos.

Otro aspecto negativo de confiar en las técnicas de inspección para elegir los productos susceptibles de ser exportados es que nunca se puede estar seguro de lograr una calidad exportable en una tanda de producción. Consecuentemente se pueden producir fallos en los compromisos de entrega, los cuales pueden producir consecuencias graves para la credibilidad de una empresa y sus perspectivas de negocios a futuro.

Para tener éxito en los mercados de exportación es por tanto esencial contar con un sistema de gestión de la calidad bien planificado, cuyo objetivo sea lograr un nivel de cero defectos en la producción, sin tener en cuenta si el producto se destina a la exportación o al mercado nacional. Con unos niveles de vida cada vez mayores en los países en desarrollo, se incrementa el número de consumidores que exigen una mejor calidad y están dispuestos a pagar por ella, de modo que la sensibilidad respecto al precio se irá haciendo un elemento cada vez menos importante en los próximos años.

2.7.2.1. El Costo De La Baja Calidad De Las Exportaciones En Los Países En Desarrollo

Las estructuras de los costos de fabricación varían considerablemente con la naturaleza del producto y el grado de procesamiento que se lleva a cabo. Si se parte de un caso común en el que el costo de los materiales es 45% y los costos fijos de 25%, el valor añadido en el proceso alcanza el 30%. Suponiendo un

beneficio del 10% antes de impuestos, y una reutilización del material igual a cero, el rechazo de una unidad ocasiona una pérdida directa igual a la contribución al beneficio de siete unidades sin defectos.

Esto implica que la función de gestión de la calidad debe ser considerada como una prioridad máxima por las empresas que desean establecerse en mercados de exportación altamente competitivos.

Tradicionalmente, los costos asociados con la baja calidad se relacionan con los desechos, tener que rehacer los trabajos y un esfuerzo excesivo dedicado a la inspección y a los ensayos. La existencia de estos costos se comprende fácilmente, pero se cuenta con muy pocas referencias a los mismos en los libros de contabilidad de la mayoría de las empresas. Además una pobre gestión de la calidad ocasiona otros costos evitables tales como:

- Desperdicio de materiales debido a un diseño inadecuado y a unos ineficaces procesos de fabricación.
- Elevada acumulación de existencias debido a la mala elección de los proveedores y al ineficaz control de la calidad de los productos comprados.
- Daños y deterioros causados durante un transporte y almacenamiento, a consecuencia de un mal empaquetado, almacenaje y mantenimiento.
- Desajustes de las tareas y de las máquinas como resultado de unos datos inadecuados respecto a la capacidad del proceso, a la mala planificación del trabajo y a un defectuoso mantenimiento preventivo.
- Pérdida de tiempo y dinero en viajes de los directores, efectuados para resolver problemas en la calidad con los suministradores y clientes, generalmente con consecuencias negativas para las restantes responsabilidades de estos directores.
- Penalizaciones debidas al retraso en las entregas y a los fallos en satisfacer los requisitos.

Debido a que los costos anteriormente mencionados no se contabilizan generalmente, la dirección muy escasamente es consciente de ellos y por tanto no busca medios para controlarlos. En los países desarrollados, los costos evitables debido a la baja calidad varían del 15% al 25%. Es muy probable que en los países en desarrollo, estos costos superen el 30%. Por este motivo, los empresarios de los países en desarrollo pueden lograr reducciones substanciales en los costos de producción mediante la mejora de la gestión de la calidad. Dichas reducciones pueden darles una ventaja competitiva en los mercados de exportación.

2.7.3. Sistema Integral de Calidad

La mayoría de los fabricantes y suministradores desean lograr calidad y son muchos los que dedican esfuerzos para conseguir estos objetivos. Buena parte de estos esfuerzos se emplean en actividades de inspección y rectificación de defectos y fallos producidos durante la fabricación.

Pero la inspección por sí sola no puede hacer que un producto tenga calidad. La calidad debe ser concebida y fabricada en el producto. La preocupación por la calidad debe comenzar con la concepción misma de la idea del producto cuando los requisitos del cliente estén identificados. Este esfuerzo consciente para el logro de la calidad debe continuar a lo largo de las distintas fases del desarrollo y la fabricación incluso después de la entrega del producto al consumidor siendo el objetivo de esta última obtener una respuesta por parte del consumidor (realimentación).

Las áreas y actividades funcionales englobadas en el enfoque integrado del sistema de calidad se muestra en el bucle de la calidad de la figura 2.2.

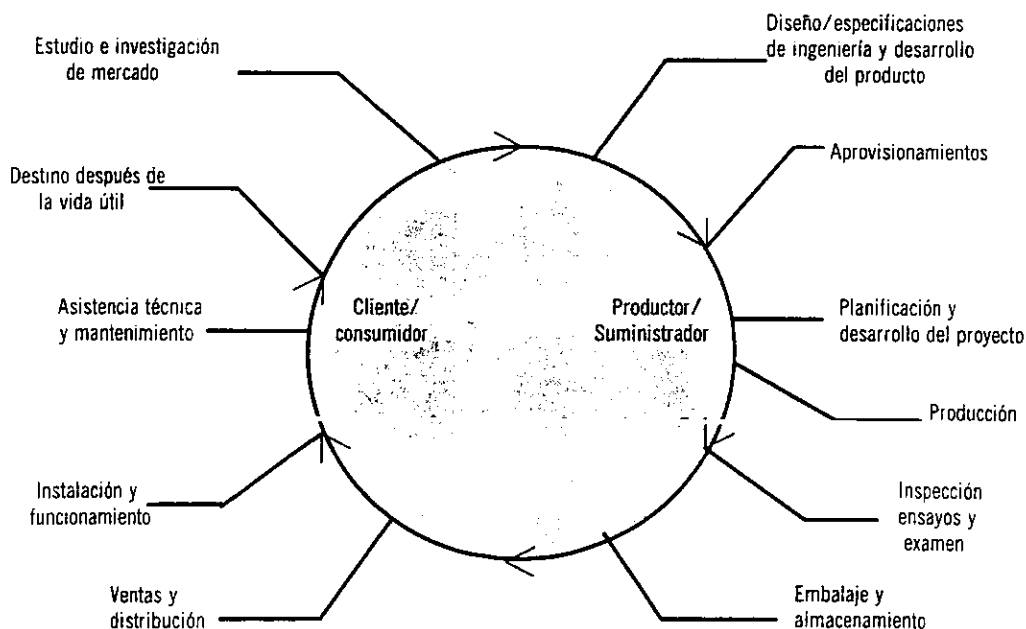


Figura 2.2. Bucle de la calidad (Sistema Integral de Calidad)
Fuente: ISO 9004

Todas las funciones relacionadas con la calidad en una organización pueden agruparse en un sentido amplio en las categorías de planificación e ingeniería de la calidad, y en el control de la calidad. Estas principales funciones se describen a continuación.

2.7.3.1. Planificación E Ingeniería De La Calidad.

Consiste en las funciones del personal especializado, así como en actividades conectadas con el desarrollo, definición y planificación de la calidad durante las fases de preproducción. Sus principales elementos de trabajo son los siguientes:

- Asesorar a la dirección sobre la política de la calidad de la empresa y la fijación de objetivos realistas de la calidad.
- Análisis de los requisitos de la calidad de los clientes y la formulación de especificaciones del diseño.
- Revisión y evaluación de los diseños del producto con miras a una mejora de calidad y a una reducción de los costes de dicha calidad.
- Definición de las normas de calidad y preparación de las especificaciones del producto.
- Planificación de los controles del proceso y formulación de procedimientos para asegurar la conformidad de la calidad.
- Desarrollo de técnicas de control de calidad y métodos de inspección, incluyendo el diseño de equipo especial para ensayos.
- Realización de estudios sobre la capacidad de los procesos.
- Análisis de los costos de calidad.
- Planificación y/o preparación previa del control de calidad de ellos suministros requeridos, incluyendo la evaluación de los suministradores.
- Auditoría de la calidad de la empresa.
- Organización de programas de motivación y formación para la mejora de calidad.

2.7.3.2. Control Dentro De Los Planes De Calidad

Este punto se refiere a la interpretación e implantación de los planes de calidad. Consiste en realizar ensayos en el curso del proceso y una vez concluida la producción, con la finalidad de asegurar la conformidad del producto con los requisitos de calidad. Los principales elementos de trabajo se enumeran a continuación:

- Asistencia en la planificación de controles de calidad en diversos puntos del proceso de producción.
- Mantenimiento y calibración del material utilizando para el control del proceso.
- Detección de los defectos y asistencia para resolver los problemas de calidad durante la producción.
- Someter los materiales adquiridos a las medidas de control de calidad.
- Funcionamiento de un laboratorio que lleve a cabo los análisis y ensayos requeridos.
- Organización de inspecciones en medio o al final de ciertas fases en puntos concretos, cuando sea necesario.
- Preparación de inspecciones finales para evaluar la calidad del producto acabado y la eficacia de las medidas de control de calidad.
- Verificación de la calidad del embalaje para asegurarse de que el producto es capaz de resistir a los riesgos del transporte.
- Realización de pruebas para la medición y análisis de aquellos productos que han sido objeto de quejas por parte de los clientes.
- Realimentación de los datos sobre defectos y quejas del cliente a la sección de ingeniería de calidad.

El hecho de que las actividades mencionadas estén directamente relacionadas con la calidad no implica que tengan que llevarse a cabo por el departamento de aseguramiento de calidad. La mayor parte de ellas cae dentro de la responsabilidad de grupos y departamentos diferentes del de aseguramiento de calidad. Por ejemplo, el análisis de los requisitos del cliente y la definición de las normas de calidad (incluida la preparación de las especificaciones del producto) serían responsabilidad del departamento de diseño. De igual forma, la planificación de los controles del proceso y del diseño del equipo de ensayos normalmente debería llevarse a cabo por el departamento de ingeniería de procesos y así sucesivamente.

Un sistema de calidad tiene como objetivo identificar todas las tareas relacionadas con la calidad, asignar responsabilidades y establecer relaciones de cooperación. Además, busca establecer mecanismos para la integración de todas las funciones dentro de un sistema global. Cualquier sistema de aseguramiento de calidad tiene que ser transparente de modo que tanto la empresa como los clientes entiendan claramente cómo la empresa pretende asegurar que sus productos satisfagan todos los requisitos de calidad.

El continuo incremento en la globalización del comercio hace que sea esencial desarrollar un sistema uniforme de aseguramiento de calidad. Dicho sistema hará posible que los suministradores de bienes y servicios aporten una evidencia objetiva de la operatividad de un sistema de aseguramiento de calidad que les permita afrontar todos los requisitos del cliente. Para satisfacer esta necesidad, ISO ha elaborado la

serie de normas ISO 9000 sobre los sistemas de calidad, que pueden utilizarse como referencia para fines contractuales. Estas normas se distinguen por el hecho de que su implantación puede ser auditada y certificada por organismos de certificación, lo que constituye una certificación por terceros. Para facilitar la aceptación internacional de dichos organismos ISO también ha creado normas complementarias que sirven de guía para la auditoría de los sistemas de calidad y la gestión de los programas de certificación.

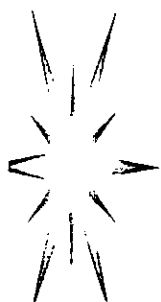
La importancia de las normas sobre sistemas de calidad puede medirse por el hecho de que las normas ISO han sido adoptadas por un gran número de organismos tanto nacionales como de grandes regiones geográficas. Algunos organismos de normalización utilizan las normas ISO sin modificaciones; otros han adoptado sus propios sistemas de identificación pero mantienen idénticos los textos de las normas ISO.

A modo de ejemplo, el Comité Europeo de Normalización (CEN) ha adoptado las normas ISO bajo la denominación serie EN 29000. La Comunidad Europea ha decidido adoptar los sistemas de calidad basados en la serie EN 29000 y ha creado la Organización Europea de Ensayos y Certificación (EOTC) para armonizar las prácticas de certificación de los sistemas de calidad en sus estados miembros.

Para finalizar este capítulo diremos que la aplicación de los sistemas de calidad es útil para inspirar confianza entre los clientes en situaciones contractuales. Es también de inmenso valor para los propios suministradores porque transforma sistemas de control de calidad específicos para cada caso en sistemas de calidad organizados y eficaces en relación con los costos, los cuales pueden ofrecer tremendas ventajas competitivas a las empresas al combinar alta calidad y bajo costo.

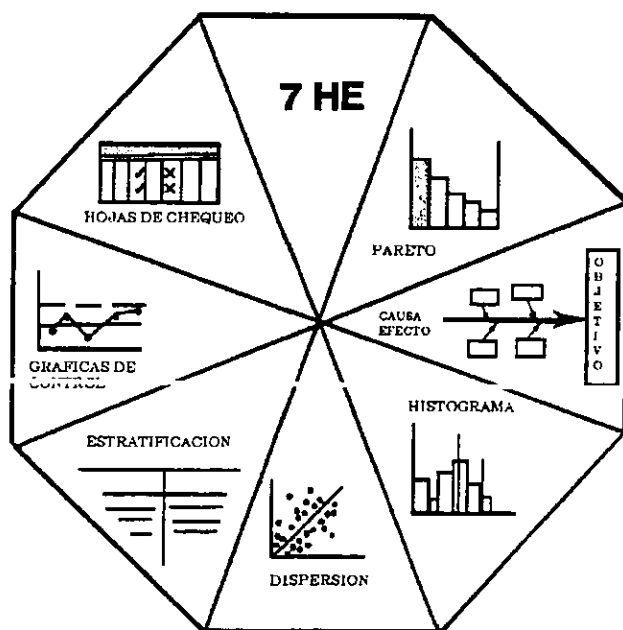
Un número cada vez mayor de empresas no sólo están implantando sistemas de calidad en sus propias actividades, sino que también insisten en que sus suministradores de materiales y componentes deberán contar con sistemas de calidad certificados.

Como puede verse, es una necesidad imperiosa para las empresas de los países en desarrollo la adopción de sistemas de calidad basados en la norma ISO 9000. Dichos sistemas posibilitarán su entrada, así como el incremento de su participación en mercados de exportación altamente competitivos.



CAPITULO 3

HERRAMIENTAS ESTADISTICAS



"Solo en Dios creo todos los demás traigan datos"

3. Introducción a la Estadística

La estadística comprende la recopilación de datos, presentación, análisis e interpretación de resultados con la finalidad de evaluar objetivamente la confiabilidad de las interferencias y decisiones basadas en estimaciones y pruebas estadísticas con dichos datos.

En un sentido menos amplio, el término estadística se usa para denotar los propios datos, o números derivados de ellos, tales como los promedios. Así se habla de estadística de empleo, estadística de accidentes, etc.

✧ Estadística Descriptiva: Es aquella que aplica los procedimientos que permiten organizar y resumir los datos recolectados, de modo que se tenga una presentación ordenada en ellos.

✧ Estadística Inductiva: Es aquella que trata de obtener conclusiones generales a partir de datos que se deducen de muestras para la correcta toma de decisiones.

En las últimas décadas, la evolución de la estadística ha pasado de la estadística descriptiva a la estadística inductiva la cual es más comúnmente llamada inferencia estadística.

En la realidad la estadística inductiva o inferencia estadística se trata desde el punto de vista “Teoría de decisión”; es por ello, que la estadística en su forma actual se ha dejado sentir con más fuerza en la administración de empresas.

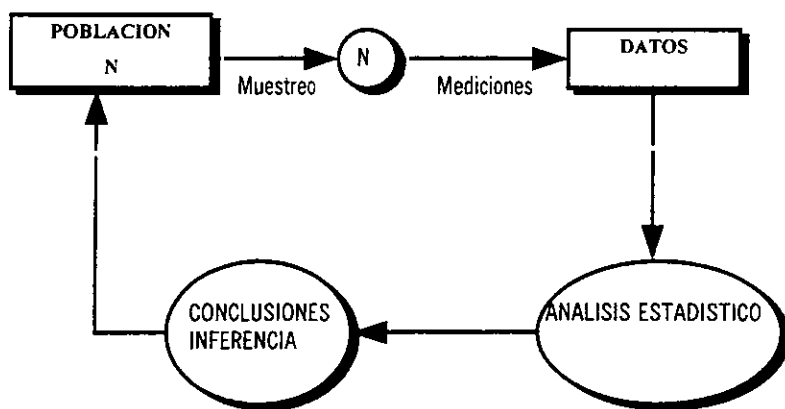


Figura 3.1. Función de la Estadística como Método Científico

3.1. La Importancia de los Datos

Los datos son la base para la correcta toma de decisiones y acciones. Alrededor de la operación diaria de las organizaciones se generan muchos datos que varían de acuerdo a su finalidad y proceso involucrado, por lo tanto es necesario clasificarlos en términos de su propósito real, por ejemplo:

- a) Datos que ayuden a entender la situación actual.
- b) Datos para análisis del proceso.
- c) Datos para el control del proceso.
- d) Datos para la aceptación o el rechazo de productos.

Se recomienda que antes de tomar cualquier acción, se evalúe primero las condiciones que prevalecen, las cuales son reveladas por los datos, por lo que es importante determinar si representan las condiciones típicas reales o no. Este problema puede plantearse de la siguiente manera:

1. ¿Revelan los datos la realidad?
2. ¿Son cotejados, analizados y comprobados los datos, de tal forma que revelan la realidad?

El inciso número uno representa un problema de método de muestreo, de cómo se obtiene los datos (el muestreo al azar es el más recomendable).

El inciso número dos es un problema de procedimiento o método estadístico, de como se representarán los datos para su mejor entendimiento.

Tiene especial importancia conocer bien el uso que se le va a dar a los datos, o mejor dicho, es necesario estar consciente de su propósito, ya que son la base para poder tomar una acción apropiada en la búsqueda de las mejoras y la estabilización del control en los procesos para el mejoramiento de la calidad y la productividad.

Los datos estadísticos se clasifica en:

1. Datos por conteos

Técnicamente se les denomina datos discretos. Son datos que provienen de conteos, por ejemplo: defectos en una silla, errores del sistema de nómina, etc. Estos datos no se podrían definir por fracciones o números decimales; concretamente son datos que guardan relación estricta con números enteros.

2. Datos por mediciones

Técnicamente se les denomina datos continuos. Son datos que provienen de mediciones efectuadas, por ejemplo: espesores, temperaturas, presiones, rendimientos; son valores dentro de un rango lógico establecido.

3.1.1. Puntos Clave para la Obtención de Datos

A continuación se describe una serie de aspectos importantes que deben considerarse si se quiere lograr una correcta obtención de datos y su sumariaización.

1. *Aclarar el propósito de la obtención de datos.*

Es de vital importancia tener bien claro cual es el propósito para obtener datos y que estos sean razonables. Generalmente los propósitos son los siguientes:

✖ Datos para análisis:

Son datos necesarios para poder comprender una cierta situación, presente o pasada, con el fin de mejorarla.

Por lo general estos datos se utilizan para comprender la situación actual de ciertos problemas. Por ejemplo, las devoluciones de cierto artículo en los últimos dos meses; tipos de fallas de cierta maquinaria; diagnósticos; etc.

✖ Datos para el control del proceso (o sistema):

Son datos que requerimos obtener sistemáticamente y en períodos de tiempo más cortos, para poder monitorear un proceso o sistema con el fin de mantenerlo dentro de ciertos límites u objetivos. Por ejemplo: mediciones de muestras de cierto producto químico cada hora o por cada lote; variables de proceso como temperatura y presión, etc.

✖ Datos de inspección:

Son datos que son necesarios para decidir, si se acepta o rechaza cierto producto.

Generalmente estos datos son el resultado de verificar ciertas características de calidad en productos.

Estos datos pueden emplearse posteriormente para los anteriores propósitos:

Análisis o Control, es cuestión de arreglar dicha información.

✖ Datos para la auditoria de calidad:

Son datos que se requieren para poder verificar el cumplimiento de ciertas políticas, desempeños, etc. y detectar áreas de oportunidad con la única finalidad de ayudar al personal a hacer bien su trabajo.

2. Llevar a cabo un muestreo correcto.

Para este punto es necesario entender claramente la relación entre población, muestra y datos. Tal como se indica en la figura 3.2.

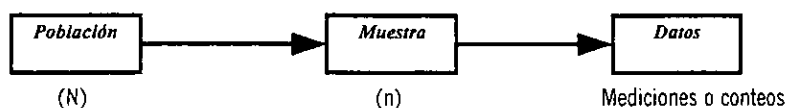


Figura 3.2.

Ejemplo: Población = Proceso de producción

Muestra = Ciertos artículos cada dos horas.

La muestra debe ser tal que represente en forma correcta a la población.

3. Confiabilidad de los datos.

Es importante asegurarse que las mediciones o conteos a obtener sean bien hechos y correctos. Para lo cual deben verificarse los instrumentos o equipo a utilizar para realizar las mediciones así como asegurarse de la capacidad del personal que realiza estos conteos.

4. Sumarización de datos.

Para sumarizar los datos es necesario seguir el procedimiento mostrado a continuación:

1. Decidir que datos obtener (Según sea el propósito).
2. Diseñar hoja de datos (Que sea sencilla).
3. Obtener datos (Asegurar su confiabilidad).
4. Hacer gráficas.
5. Calcular valores o medidas descriptivas.
6. Hacer estimaciones y pruebas estadísticas.

3.2. Concepto de Análisis Estadístico

El análisis estadístico es la evolución de la forma de analizar problemas para su solución efectiva, y dejar de depender de la experiencia, intuición y determinación; o en el mejor de los casos seguir algún proceso lógico, lo cual tampoco es suficiente.

El análisis estadístico de problemas es el enfoque científico que permite aclarar lo que es problema y lo que no es; separar problemas vitales y crónicos de los triviales para corregirlos confirmando sus causas.

Este método de análisis y solución de problemas:

- ✖ Evita adivinanzas
- ✖ Da la dimensión exacta de los problemas
- ✖ Encuentra y va a la causa, no a la persona

Analizar estadísticamente los problemas implica aprovechar la experiencia y tener buena determinación; en base a esto obtener datos y utilizar gráficas además de realizar pruebas o estimaciones basándose en reglas o teoremas estadísticos.

La verdadera solución a los problemas es la acción correctiva que evita su recurrencia. Para esto, es necesario encontrar y confirmar la causa, eliminarla, y posteriormente confirmar que la acción correctiva fue la apropiada.

Principios del Pensamiento Estadístico

1. Dar mayor importancia a los hechos que a los conceptos abstractos.
2. No expresar los hechos en términos de sentimientos o ideas, sino utilizar gráficas o diagramas derivados de resultados específicos observados.
3. Tomar decisiones en base a condiciones establecidas, mediante análisis estadísticos efectuados.

El método estadístico ha comprobado ser una herramienta efectiva para lograr la obtención de un producto de calidad, disminuye la frecuencia de los errores además de encontrar la causa verdadera que origina los problemas de producción.

3.3. Principales Herramientas Estadísticas y Administrativas utilizadas dentro de las Empresas.

En la producción de bienes o servicios cada día es más indispensable el control y la mejora de la calidad de los mismos y para lograr esto, cada vez se recurre más al uso de diversas técnicas y herramientas para la correcta toma de decisiones, lo que hace necesario la obtención de datos.

Lo importante de obtener datos es contar con información descriptiva y organizada que nos permita separar los hechos de las opiniones con lo que se pueda administrar científicamente y facilitar la participación del personal.

La administración científica en su proceso de toma de decisiones que ha evolucionado de la siguiente manera, tal como lo muestra la figura 3.3.

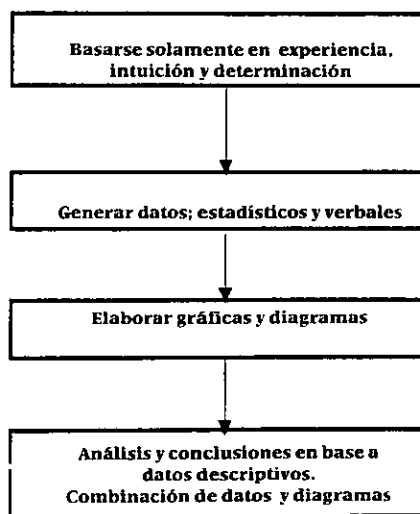


Figura 3.3.

La utilización de técnicas y herramientas estadísticas es muy variada, sin embargo conviene que dentro de una empresa se seleccionen cuales son las más adecuadas a fin de crear un lenguaje común en toda la organización. La tabla 3.1. resume las principales herramientas estadísticas y administrativas utilizadas dentro de las empresas.

HERRAMIENTA O TÉCNICA	PRINCIPAL USO
HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS	
DIAGRAMA DE PARETO	Separar problemas vitales de los triviales y confirmar mejoras realizadas.
HISTOGRAMA	Analizar la distribución estadística de un proceso y confirmar mejoras realizadas.
DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO	Identificar analizar y seleccionar la causa principal de un problema.
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN	Confirmar causas de problemas en base a datos continuos.
ESTRATIFICACIÓN	Confirmar causas de problemas en base a datos discretos.
GRÁFICAS DE CONTROL	Detectar anomalías en un proceso e identificar causas especiales de variación.
HOJAS DE VERIFICACIÓN	Obtener datos con facilidad y precisión.
HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS	
DIAGRAMA DE AFINIDAD	Agrupar ideas por temas semejantes para identificar problemas.
DIAGRAMA DE RELACIONES	Identificar y confirmar causas de problemas, mediante el análisis de sus relaciones.
DIAGRAMA MATRICIAL	Generar información para analizar un problema relacionándolo entre diferentes factores o elementos.
ANÁLISIS MATRICIAL DE VARIACIONES	Identificar variaciones clave en un proceso analizando la relación entre sus diferentes variaciones.
GRÁFICA DE PROCESO DE DECISIONES PROGRAMADAS	Establecer situaciones no deseadas y los medios para contrarrestarlas durante el diseño de un evento.
DIAGRAMA DE FLECHAS	Optimizar la programación para el desarrollo de un plan.
DIAGRAMA DE ÁRBOL	Definir las contramedidas para solucionar un problema o los medios para lograr una meta.

y también se cuenta con las herramientas de apoyo como:

DATOS ESTADÍSTICOS	DATOS VERBALES
GRÁFICAS GENERALES	TORMENTA DE IDEAS

Tabla 3.1. Principales Herramientas Estadísticas y Administrativas

Es importante hacer hincapié que en la práctica el uso de varias herramientas a la vez es lo más indicado para resolver problemas con respecto a la mejora y control de la calidad de los productos y/o servicios.

3.4. Herramientas y Técnicas Estadísticas para el Mejoramiento de la Calidad

Hay dos categorías de herramientas y técnicas para el mejoramiento de la calidad:

- Las siete herramientas de Ishikawa
- Las siete nuevas herramientas para la administración de la calidad

Las herramientas y técnicas de Ishikawa se basan en métodos estadísticos debido a que él sostiene, que la calidad no puede mejorarse y administrarse sin el uso de la estadística. Ishikawa clasificó las técnicas estadísticas usadas dentro del área de Mejora de calidad en tres categorías:

1. Técnicas estadísticas elementales

- a) Diagrama de Pareto
- b) Diagrama de causa y efecto
- c) Diagrama de dispersión
- d) Histograma
- e) Estratificación
- f) Hojas de verificación
- g) Gráficas de control

2. Método estadístico intermedio

- a) Análisis teóricos y de muestreo
- b) Técnicas estadísticas de muestreo
- c) Diversos métodos de estimación
- d) Estadística y comprobación de hipótesis
- e) Métodos basados en las pruebas de sensores
- f) Métodos de diseño experimental

3. Métodos estadísticos avanzados

- a) Diseño experimental avanzado
- b) Análisis multivariados
- c) Métodos de investigación de operaciones

En el presente trabajo solo nos enfocaremos a las Técnicas Estadísticas Elementales debido a que nuestro objetivo principal es demostrar que la aplicación de estas técnicas proporciona un medio eficaz para desarrollar una nueva tecnología y controlar la calidad de los procesos.

3.4.1. Técnicas Estadísticas Elementales

3.4.1.1. Análisis de Pareto

Se utiliza con la finalidad de visualizar rápidamente que factores, causas o valores de un problema en determinada situación son los más importantes y, por consiguiente, cuáles de ellos hay que entender en forma prioritaria, a fin de solucionar el problema o mejorar la situación.

La aplicación del Análisis de Pareto es muy útil, ya que en base a él se puede saber a dónde hay que dirigir los esfuerzos para obtener mejores resultados. Con respecto a la calidad, el principio de Pareto fue aplicado por Joseph Juran en 1950 al identificar la poca uniformidad de distribución de la pérdidas de calidad. Desde entonces, se ha demostrado que la mayor parte de los efectos provienen de un número reducido de causas.

Juran nombró al 20% de las causas importantes como “las pocas vitales” y al 80% restantes como “las muchas triviales” después, Juran modificó el término trivial, puesto que todas las causas son importantes y deben ser consideradas por la administración de la empresa y comenzó entonces a llamarlas “las muchas útiles”.

Para construir un diagrama de Pareto se debe proceder de la siguiente manera:

1. Se identifican las diversas causas que se cree que conducen al efecto analizado.
2. Se diseña una lista de comprobación, llevando a cabo las mediciones de frecuencia de aparición de cada causa.
3. Las diversas causas se grafican en forma de gráfica de barras, con la más alta en el extremo izquierdo de la gráfica.
4. Sobre el mismo diagrama se traza una línea acumulativa.
5. El diagrama debe contener todos los datos, porcentajes, descripciones de causas y títulos de identificación.
6. Si las causas se traducen a costos, entonces se puede trazar una gráfica de costos acumulados para mostrar impactos relativos.

A continuación se muestra un diagrama de Pareto que muestra los reportes de problemas de teléfono y nos indica los puntos susceptibles a mejorarse.

Defectuosos	No de defectuosos Individual Acumulado		Porcentaje Defectuoso	Porcentaje de composición
Línea Ruidosa	250	250	8.33	33
Línea Abierta	190	440	6.33	25
Timbre	150	610	5.00	20
No Responde	100	710	3.33	13
No suena	45	755	1.50	6
Total	755		24.49	100

Tabla 3.2. Récord de defectuosos de llamadas telefónicas

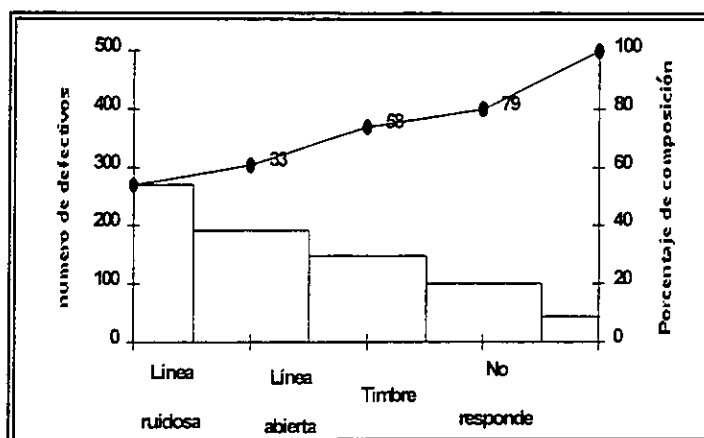


Figura 3.4. Diagrama de Pareto de las causas de problemas en las líneas telefónicas.

En la figura 3.4. podemos observar que el 58% de las causas de los problemas en llamadas telefónicas se deben a la línea ruidosa y líneas abiertas lo que nos indica cuales son las causas que se presentan con mayor frecuencia y sobre las cuales hay que actuar. Este diagrama se elaboró en base a las causas de las llamadas telefónicas defectuosas pero también se pueden elaborar diagramas en base a los tipos de defectos.

Usos del diagrama de Pareto

1. El diagrama de Pareto es el primer paso para efectuar una mejora, pero no debemos olvidar que para que una mejora sea efectiva es necesario:
 - a) Que todas las personas involucradas cooperen.
 - b) Que toda su cooperación tenga un fuerte impacto.
 - c) Que se seleccione una meta y un objetivo concreto.
- El diagrama de Pareto es muy útil para obtener la cooperación de todos los involucrados, ya que es una forma de visualizar los problemas y el objetivo sobre el que debemos concentrarnos.
2. La mejora de la calidad no se relaciona exclusivamente con la calidad de los productos también debe intervenir en otros aspectos como:
 - a) Eficiencia.
 - b) Seguridad.
 - c) Ahorro de costos.
 - d) Conservación de materiales y energía.
3. Finalmente el diagrama de Pareto nos sirve para confirmar los efectos de las acciones correctivas que se hayan tomado.

En conclusión el Diagrama de Pareto puede servir para muchos propósitos. Por ejemplo en los diagramas de mejoras continuas, ya que puede mostrar el impacto de las acciones de mejora sobre las causas.

Una curva acumulativa mostrará el grado de reducción de porcentajes.

Al utilizar el diagrama de Pareto se obtienen mejores resultados si se aplica en conjunto con otra herramienta estadística. Una ocasión propicia para demostrar lo anterior se tiene cuando se realiza una revisión de items defectuosos en un proceso de manufactura, utilizando un diagrama de Pareto y de Ishikawa.

3.4.1.2. Diagrama de Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa)

Los diagramas de causa y efecto son una técnica de solución de problemas desarrollada por Ishikawa en Japón, como respuesta a la confusión de los obreros por el número de factores que afectan a un proceso. Este diagrama se construye después de haber discutido ampliamente la identificación del problema que debe resolverse (esto es el efecto) y las causas probables.

La construcción de un diagrama de causa y efecto debe seguir un proceso de etapas:

1. Se enuncia cual es el problema (el efecto): Esto requiere analizar y conocer con exactitud la naturaleza del efecto y las causas principales que lo provocan. Una pauta que se emplea con frecuencia es identificar los factores en base a las cuatro M: Método, Maquinaria, Mano de obra y Material.
2. Se anotan por categorías las causas principales, usando encabezados indicativos y claros, por ejemplo: P (planta, proceso, personal, etc.).
3. Después si es preciso se puede añadir causas potenciales en cada categoría. Esto se realiza por medio de discusiones profundas; pero en este momento no se critica la validez de las ideas.
4. Se establecen las prioridades de las subcausas. Todas las causas se evalúan después de un periodo de "incubación" El impacto de cada causa puede analizarse haciendo preguntas relativas a si la causa es una variable o un atributo; si es posible diagramarse; si se puede obtener datos (Gráficas de control) o cuál es el grado de interacción con otras causas.
5. Este proceso de refinación conducirá a una lista más reducida de las causas principales.
6. Después de todo lo anterior se puede evaluar el impacto de cada causa principal recolectando datos a base de métodos que pregunten ¿Por qué?. Llevando a cabo este procedimiento se llega de manera automática a aislar la causa más probable.

Los diagramas de causa y efecto se usan por alguna de las siguientes razones:

1. **Análisis de las raíces de las causas:** También conocido como análisis profundo de cada causa, preguntándose quién, qué, donde, cuando, por qué y como. La ventaja que se presenta es que ayuda a organizar y relacionar los factores; proporciona la estructura para discutir a fondo; involucra a todo mundo; es entretenido, pero también tiene la desventaja de resultar complejo ya que requiere dedicación y paciencia.



Al utilizar el diagrama de causa efecto debe tenerse presente que:

¡Eliminar la causa es la solución que previene que el problema vuelva a presentarse!

¡La acción correctiva que elimina el problema, es un remedio temporal, no es la SOLUCIÓN DEFINITIVA!

II. **Análisis de proceso:** Clasificación de Proceso. En este análisis cada etapa del proceso se investiga a fondo para aislar las posibles causas que conducen al efecto general del proceso estudiado. Una vez que se han examinado todas las etapas, se pueden aislar las causas principales y determinar su impacto.

Este tipo de análisis proporciona una sólida visión en secuencia del proceso y de los factores que lo afectan en cada etapa, puede ayudar también a determinar la responsabilidad funcional del trabajo de mejoras realizado. Su desventaja es que algunas veces es difícil identificar o demostrar sus interrelaciones.

III. Análisis de dispersión: Este es un análisis típico de causa y efecto que incluye todas las causas posibles en un mismo diagrama. Su desventaja es que el diagrama final es difícil de trazar debido a los resultados muy diversos de la sesión de discusión.

La figura 3.5 representa la relación entre el Histograma y el Diagrama de Ishikawa:

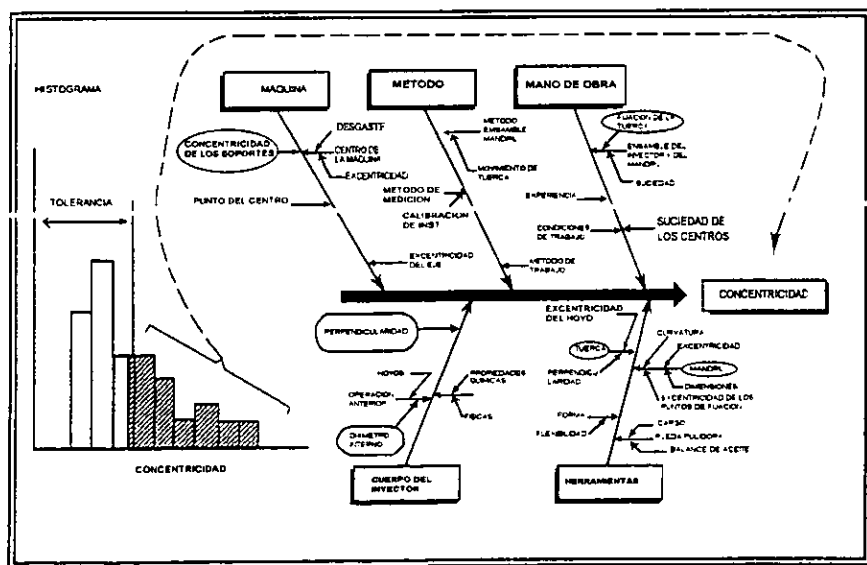


Figura 3.5 Relación entre Histograma y Diagrama de Ishikawa

3.4.1.3. Estratificación

La estratificación es la herramienta estadística que clasifica los datos en grupos con características semejantes. A cada grupo se le da el nombre de estrato, después de la clasificación se prosigue a tratar de aislar la causa clave, determinando qué la contrarresta, esto es, las acciones correctivas.

La estratificación puede usarse con diversas herramientas y técnicas de la Administración de la Calidad Total, por ejemplo, con los diagramas de Pareto, una vez que se han representado las diferentes observaciones, las causas clave pueden estratificarse para obtener diagramas adicionales que conduzcan a medidas para contrarrestar y resolver el problemas.

La estratificación también puede aplicarse a los diagramas de causa y efecto, cuando existen por ejemplo dos subcausas importantes de las que se piensa que tienen efectos muy similares, estas dos subcausas pueden investigarse con un análisis de causa y efecto para determinar las acciones correctivas más efectivas.

La estratificación debe conducir a las acciones correctivas apropiadas, pues de otra manera los problemas continuarán. La estratificación requiere de suficiente información para eliminar el problema en forma definitiva. Si existen pocos puntos de datos disponibles, la estratificación sólo contrarrestará de manera efectiva la situación específica en las condiciones imperantes. A esto se le llama exploración de un sólo caso.

Para poder aplicar la estratificación lo primero es definir los factores a estratificar como: Material, métodos, maquinaria, mano de obra, medio ambiente y clarifique cada factor en grupos individuales de tal manera que se definan mejor, tal como se muestra en la tabla 3.3.

FACTOR	GRUPO INDIVIDUAL
Material	Por proveedor, tipo, composición
Métodos	Tipo de proceso, procedimiento, velocidad, temperatura
Maquinaria	Modelo, vida, etc.
Mano de obra	Experiencia, edad, etc.
Medio Ambiente	Tiempo de producción, estación, día

Tabla 3.3.

El siguiente paso es diseñar una hoja de datos para obtener la información en base a los grupos individuales y obtener los datos, como se muestra en el siguiente ejemplo:

Ejemplo. Análisis de defectivos estratificado por máquina

Máquina	Piezas producidas	Piezas defectivas	Porcentaje Defectivo
A	84	3	3.5%
B	90	10	11.1%
C	90	12	13.3%
Total	264	25	9.5%

Tabla 3.4.

En este ejemplo podemos observar que el porcentaje de defectivos de las máquinas (B) y (C) son aproximadamente iguales pero más altos que (A) lo que permitirá que los esfuerzos se concentren en las máquinas (B) y (C).

El que se produzcan piezas defectuosas puede que no solo se deba a problemas en las máquinas B y C. Como la empresa cuenta con dos proveedores de materias primas, los defectivos también pueden originarse por el abastecimiento de la misma, por lo tanto es necesario hacer un análisis de defectivos estratificando por material abastecido.

Proveedor	Piezas fabricadas	Piezas defectivas	Porcentaje defectivo
Materias primas S.A.	106	30	28.3%
Proveedor Industrial	94	28	29.7%
Total	200	58	29%

Tabla 3.5.

En este segundo análisis vemos que el porcentaje de defectivos en piezas terminadas es igual para los dos proveedores por lo que concluimos que la causa es independiente del proveedor y que la mayoría de las piezas defectuosas provienen de las máquinas B y C a causa de un deficiente método de producción o de un problema mecánico en la maquinaria, etc.

Un problema muy común de estratificación se presenta cuando se tienen mediciones provenientes de diferentes procesos, es decir que se “mezclan” datos generados por diferentes fuentes de variación. El porque es importante cuidar este aspecto lo demostraremos con el siguiente ejemplo:

Una compañía ha enfrentado constantes rechazos de productos por parte de un cliente, ya que el 75% de las piezas que éste ha recibido se encuentran fuera de especificaciones. El ingeniero de calidad demuestra, mediante los diagramas de control para R y para $\bar{X}$, presentados a continuación que “lo que el cliente dice es totalmente falso”

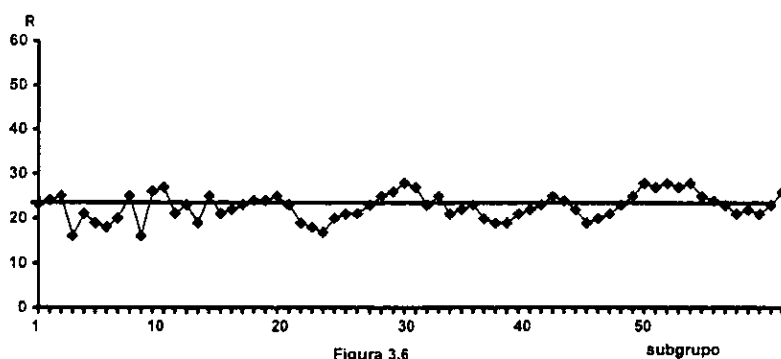


Figura 3.6

De manera sospechosa ambos diagramas "acarician" las líneas centrales respectivas, ello suele ser indicativo de estratificación.

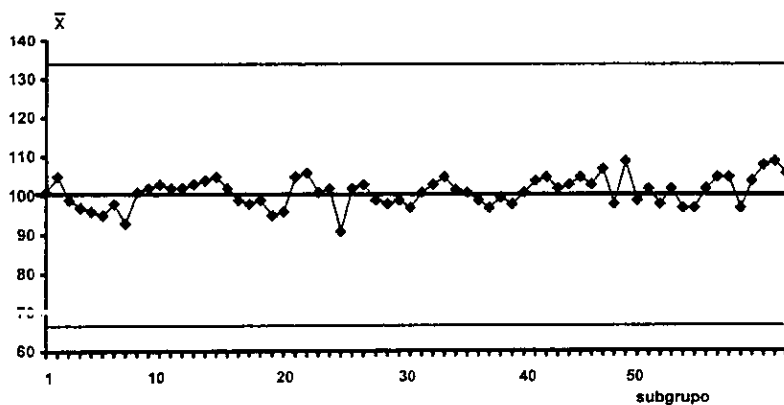


Figura 3.7

Posteriormente indagaciones permitieron concluir que se estaban muestreando simultáneamente 4 poblaciones normales [$N(88,2)$, $N(96,2)$, $N(104,2)$, $N(112,2)$] distintas, cada una proveniente de un proceso (Máquina diferente), tal como se muestra en la Figura 3.8.

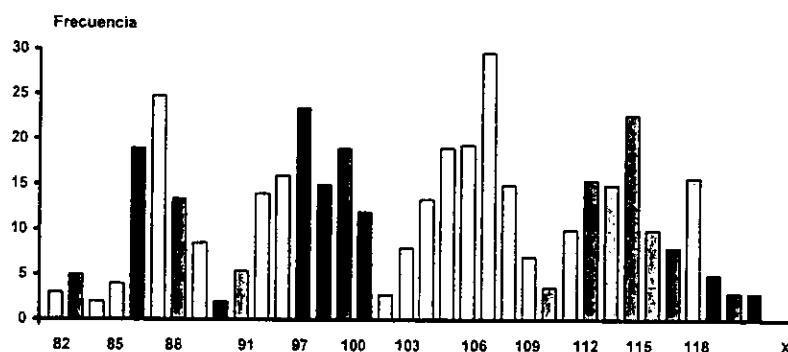


Figura 3.8

El remedio fue elaborar diagramas de control para cada una de las “fuentes” de variación (procesos) de los cuales se hacen las observaciones.

3.4.1.4. Histograma

El desarrollo del Histograma se atribuye al matemático francés A. M. Guerry en 1883. Un Histograma representa pictóricamente variaciones de grupos de datos. En el control estadístico de la calidad, el Histograma se utiliza para visualizar el comportamiento del proceso con respecto a determinados límites.

Existen diversos tipos de histogramas que reflejan los diferentes modelos de variación. Los histogramas son el mejor método para la presentación de hechos, en especial para los escépticos. Es importante recordar que un Histograma no es por sí mismo la solución del problema. Simplemente señala la dirección para análisis adicionales, observaciones y exámenes, antes de implantar la solución que resuelva el problema de manera definitiva. Es de vital importancia que el Histograma represente la situación actualizada y el comportamiento del problema considerado. Si se han presentado cambios después de recolectar los datos, estos ya no son representativos del proceso y será necesario volver a obtenerlos. Además, para representar con precisión la variación del proceso, se deben obtener suficientes datos. La insuficiencia de datos no refleja adecuadamente lo que está sucediendo.

Se les da nombre de muestras a los datos recolectados mismos que para poder analizarlos, es necesario emplear métodos estadísticos. El método estadístico más común consiste en sacar muestras de tal forma que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados. Este método se denomina muestreo al azar; y la muestra tomada a través del muestreo al azar se llama muestra aleatoria.

Las muestras aleatorias se toman con el propósito de ver hasta que grado la población cumple con alguna determinada característica. Con este fin se ordenan las muestras y se agrupan teniendo como criterio el que encajen dentro de determinados límites llamados intervalos. Las muestras que están dentro de estos intervalos integran subconjuntos denominados clases. Los límites de los intervalos se designan fronteras de clases. A la cantidad de muestras de una clase se le designa frecuencia de clase. El Histograma se construye tomando como base un sistema de coordenadas. El eje horizontal se divide de acuerdo con las fronteras de clase. El eje vertical se gradúa para medir la frecuencia de las diferentes clases. Estas se presentan en forma de barra que se levantan sobre el eje horizontal.

Pasos a seguir para la construcción de un Histograma

1. Contar el número de datos, con lo que obtenemos el tamaño de la muestra.
2. Seleccionar el valor máximo y el valor mínimo de todos los datos.
3. Determinar la unidad mínima de dígitos de los datos, esto es con el fin de saber el grado de exactitud que requerimos.

4. Contar el número de tipos posibles de datos entre $X_{\max}$ y $X_{\min}$ (K) $K = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{a} + 1$
5. Determinar el tamaño provisional de las clases del Histograma $c' = (k / \sqrt{n})a$
6. Decidir el tamaño de clase para el Histograma (C).
7. Decidir la frontera de menor clasificación $C_1 = X_{\min} - \frac{a}{2}$
8. Decidir las fronteras de las clases. Las fronteras de clase se calculan con el valor de $C_1 + C$ como se muestra en la tabla 3.6.

Frontera de Clase		Valor Medio de Clase
Superior	Inferior	
C_1	$C_1 + C$	$C_1 + C/2$
$C_1 + C$	$C_1 + 2C$	$C_1 + 3C/2$
$C_1 + 2C$	$C_1 + 3C$	$C_1 + 5C/2$

Tabla 3.6

9. Decidir la media representativa del eje vertical generalmente es el valor medio del intervalo de clase con mayor frecuencia.
10. Dibujar el Histograma y además:
 - a) Anotar su título y todos los detalles posibles.
 - b) Describir la unidad de medición de los ejes horizontal y vertical.
 - c) Escribir el valor de $\bar{X}$ (promedio de los datos) y S (Desviación estándar), dibujar la línea que representa $\bar{X}$.
 - d) Dibujar los límites de especificación o los límites de tolerancia.

El siguiente ejemplo es desarrollado de acuerdo a los anteriores pasos:

Datos de Espesores de un bloque de metal en mm.

											X_M	X_m
356	346	348	350	342	343	352	349	344	350	356	342	
346	356	350	352	347	343	346	350	338	338	356	338	
341	337	347	349	345	344	350	349	346	346	350	337	
355	352	344	350	345	344	346	346	352	346	355	344	
348	348	332	340	352	334	346	343	330	346	352	330	
359	363	359	347	333	352	345	348	331	346	363	331	
330	354	346	351	348	338	368	360	346	352	368	340	
340	350	356	350	352	346	348	346	352	356	356	338	
352	348	346	345	346	354	354	348	349	341	354	341	
341	345	334	344	347	347	341	348	354	347	354	334	

Tabla 3.7

XM: El valor más grande en el renglón

Xm: El valor más pequeño en el renglón.

1. $n = 100$

2. $X_{max} = 3.68$, $X_{min} = 3.30$

3. $a = 0.1$

4. $K = \frac{X_{max} - X_{min}}{a} + 1 = \{3.68 - 3.30/0.01\} + 1 = 39$

5. $C' = (k/\sqrt{n})a = (39/\sqrt{100})(0.01) = 0.039$

6. $C = 0.05$

7. $C_1 = X_{min} - a/2 = 3.30 - 0.01/2 = 3.295$

8. Tabla de frecuencia (tabla 3.8):

FRONTERA DE CLASE	VALOR MEDIO	CONTEO	FRECUENCIA
3.295---3.345	3.32	////	5
3.345---3.395	3.37	///	3
3.395---3.445	3.42	//// //	15
3.445---3.495	3.47	//// //	42
3.495---3.545	3.52	//// //	24
3.545---3.595	3.57	////	8
3.595---3.645	3.62	//	2
3.645---3.695	3.67	/	1

Tabla 3.8

9. Medida del eje vertical: frecuencia

10. Dibujar el Histograma.

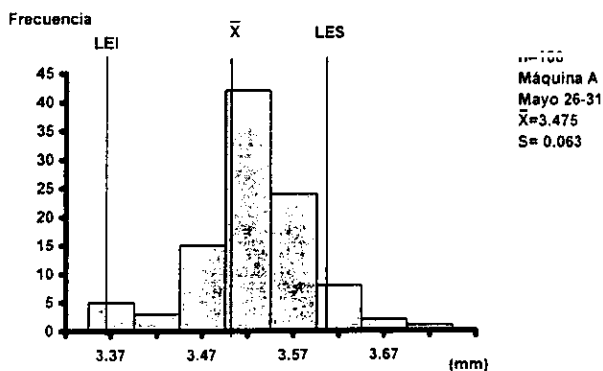


Figura 3.9 Histograma para espesores de un bloque de metal

Figura 3.10 Formato para Histograma

PRODUCTO Bloque de Metal		DEPARTAMENTO Manufactura		FECHA 23-01-98		
CARACTERISTICA DE CALIDAD Espesor		PROCESO/MAQUINA Máquina No. 003456		OPERADOR No. 356		
ESPECIFICACIONES 3.32 - 3.56		INSTRUMENTO DE MEDICION Vernier				
METODO DE MUESTREO Al azar		RESPONSABLE Ing. Ibarra		APROBO Ing. Legaria		
FRONTERAS DE CLASE	VALOR MEDIO (VM)	CONTEO	1 f	2 X	3 fx	4 Fx ²
3.295-3.345	3.32		5	-3	-15	45
3.345-3.395	3.37		3	-2	-6	12
3.395-3.445	3.42		15	-1	-15	1
3.445-3.495	3.47		42	0	0	0
3.495-3.545	3.52		24	1	24	24
3.545-3.595	3.57		8	2	16	32
3.595-3.645	3.62		2	3	6	18
3.645-3.695	3.67		1	4	4	16
FORMA DE LA DISTRIBUCION APROX. NORMAL		OBSERVACIONES	5 $\Sigma f = 100$	6 $\Sigma fx = 14$	7 $\Sigma fx^2 = 162$	
X M t D I A	$\Sigma fx / \Sigma f$ $8 = 6/5 = .14$	S DESVIACION ESTANDAR	$\Sigma fx^2 / \Sigma f$ $10 = 7/5 = 1.62$	CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES	FUERA DE ESPECIFICACION	
	9 INTERVALO DE CLASE 0.05 8°C=0.007		11 = σ^2 $\Sigma fx^2 = 0.019$		BAJO LIMITE 2.5%	SOBRE LIMITE 7.5%
	12 VM DONDE X=0 X=VM+9=3.47		13 10-11 = 1.60 $\sqrt{12} = 1.26$ S = C*13 = 0.063		DENTRO DE ESPECIFICACION 90%	

USOS DEL HISTOGRAMA

El Histograma revela información valiosa con respecto al proceso de producción, tal como la estabilidad del proceso, lo que implica que los procedimientos estándar sean cumplidos, al igual que las especificaciones definidas por el producto resultante.

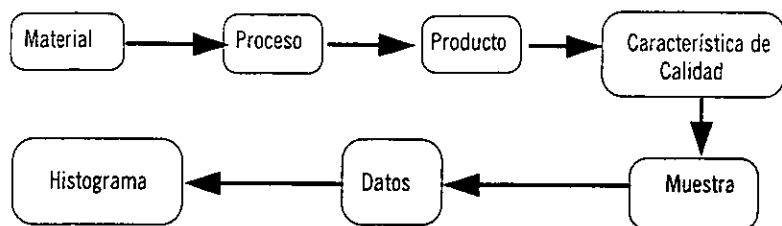


Figura 3.11

En base el ejemplo anterior podemos hacernos las siguientes preguntas:

¿Cuál es el espesor más común de los bloques de metal ? (la moda)

¿Qué tan grande es la dispersión? (desviación estándar)

¿Es simétrica la distribución? (parecida a una distribución normal)

¿Es sesgada? ¿ Distorsionada? (no es normal)

En síntesis, ¿Cuales son las características de la producción?

También podemos conocer la relación entre los límites de especificación (LES, LEI) y la distribución del proceso, nos ayuda a contestar la pregunta ¿Cuál es el porcentaje de productos que no cumplen con las especificaciones?.

3.4.1.5. Listas de Comprobación

Las listas de comprobación se usan para redactar datos que se usarán en la resolución del problema seleccionado.

Antes de proceder a la obtención de datos es necesario contestar muchas preguntas, las siguientes son algunas de las que se tienen que analizar con minuciosidad antes de poner en práctica el plan de acción para la recolección de datos:

¿Qué son los datos?

Los datos representan la “materia prima” o insumos usados para obtener la información que permitirá tomar las decisiones acertadas. Fundamentalmente, los datos son información a la que hay que darle valor agregado.

Se trata del proceso de transformación de la información para que pueda usarse en las mejoras continuas.

¿Existen más de un tipo de datos?

Los datos son casi siempre numéricos y son de dos tipos:

- ✖ Datos de atributos: Situaciones de pasa o no pasa, clasificación binaria. Cosas que pueden contarse.
- ✖ Datos de variables: Datos que pueden obtenerse en una escala continua. Cosas que pueden medirse.

¿Qué tipo de datos pueden obtenerse?

Depende del tipo de proceso que se está investigando.

¿Cómo se diseña una lista de comprobación?

El diseño de una lista de comprobación debe permitir la obtención de valiosa información, además debe ser una lista simple de tal manera que el esfuerzo analítico se desarrolle en la recolección de la información adecuada. Debe diseñarse de tal manera que los datos se obtengan en una cierta escala de tiempo.

¿Cuántos tipos de listas de comprobación existen?

- ✖ Listas de comprobación de atributos: Está diseñada para recolectar datos del número de defectos en un proceso. La lista puede incluir todas las causas posibles y las observaciones de los defectos. Esta información se registra sistemáticamente en la hoja cada cierto periodo.
- ✖ Lista de comprobación de variables: Esta es una lista diseñada para obtener datos de las variables por medio de un proceso de medición. Estas mediciones muestran una distribución de frecuencia.

3.4.1.6. Hojas de Verificación o Chequeo

Una hoja de verificación es un formato especial diseñado para obtener datos fácilmente, en la que todos los artículos o factores necesarios son previamente establecidos y en la que los récords de pruebas, resultados de inspección o resultados de operaciones son fácilmente descritos con marcas utilizadas para verificar, por ejemplo ✓ ✕.

Además de la necesidad de establecer relaciones entre causas y efectos dentro de un proceso de producción, las hojas de verificación se utilizan para:

1. Examinar la distribución de un proceso de producción.
2. Verificar artículos defectivos.
3. Analizar la localización de defectos.
4. Verificar las causas de defectivos.
5. Verificación de operaciones.

Como preparar una hoja de verificación.

1. Para preparar una hoja de verificación para obtener datos.
 - ✕ Determine que características son necesarias de observar y ¿Qué necesita obtener?
 - ✕ Especifique el periodo durante el cual observara los datos del estado de las características que se han escogido.
 - ✕ Establezca el formato apropiado.
 - ✕ Establezca las marcas a utilizar. Lo importante es poder coleccionar muchos datos diferentes en un mismo formato.
2. Como preparar una hoja de verificación para inspección.
 - ✕ Elabore una lista de cada característica que sea importante inspeccionar.
 - ✕ Si es necesario, establezca un orden secuencial de verificación.
 - ✕ Estratifique las características.

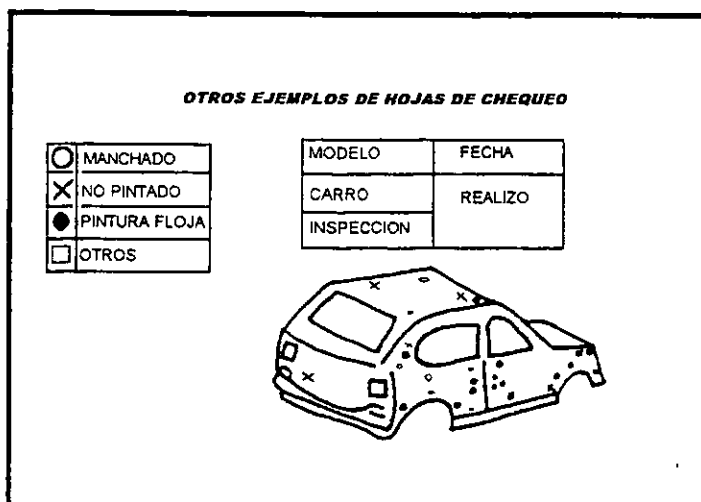


Figura 3.12

[illegible]

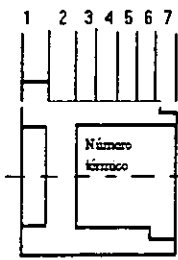
3.4.1.7. Hoja de Localización de Defectos

Se trata de una representación gráfica de un producto en el cual el operador puede señalar la localización de un defecto. La frecuencia de las cruces anotadas por el operador determina cuál es la causa más probable. Para que la recolección de datos conduzca a resultados positivos, debe procederse de manera que se logre la incorporación total de todas las actividades del proceso estudiado. El proceso no debe cambiarse o modificarse durante el curso de la investigación, los datos no deben ser complejos y la totalidad del ejercicio debe estar libre de prejuicios tales como opiniones del operador, técnicas de medición basadas en estimaciones, etc.

La figura 3.14 muestra un ejemplo de una hoja de registro de localización de defectos en la inspección de partes metálicas para aceptar o rechazar según sus características de porosidad que se realizó con el fin de localizar donde es más probable que se presente la porosidad y mejorar la calidad.

HOJA DE REGISTRO DE LOCALIZACIÓN DE LA POROSIDAD

<i>Numero del producto y nombre</i>
<i>Material</i>
<i>Fabricante</i>
<i>Esquema</i>



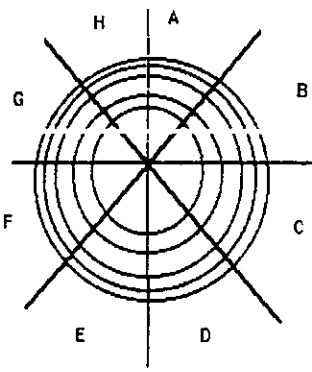


Figura 3.14

2. Matriz de localización de defecto.

Radial Circular	1	2	3	4	5	6	7	10
A			I					1
B								
C								
D								
E	III		III	I				9
F	II	II						3
G								
H								
TOTAL	5	2	7					14

Figura 3.15

Una vez reunidos los datos se procede a utilizar alguna de las otras herramientas para el aprovechamiento de los datos.

3.4.1.8. Diagramas de Dispersión

Un diagrama de dispersión, al que también se le llama diagrama de "correlación", intenta establecer las relaciones entre dos variables. El diagrama de dispersión es una herramienta de investigación que opera retroactivamente, graficando los efectos en función de cambios experimentalmente controlados de las causas en los procesos. Esta herramienta es muy útil antes de buscar la solución a un problema, ya que ésta depende de la causa del mismo, la cual es necesaria confirmar con evidencia estadística.

La fuerza de correlación se determina por medio del "coeficiente de correlación", que se calcula con el diagrama. Los diagramas de dispersión son útiles cuando el proceso es complejo y las causas no son obvias o parecen tener impactos similares sobre el efecto. Son particularmente útiles para procesos complejos tales como la industria química, en los que casi siempre existen muchas variables simultáneas. La falta de correlación se manifiesta por una dispersión total de datos.

El trazo de un diagrama de dispersión es bastante simple. Los ejes de la gráfica deben representar el efecto (eje y) y la causa (eje x). Después de haber situado todos los puntos, se traza una línea que mejor represente para indicar los puntos y se calcula el coeficiente de correlación para indicar la fuerza de la misma. Es importante recordar nuevamente que un diagrama de dispersión no es la resolución del problema.

El que exista o no una fuerte correlación no significa necesariamente que haya terminado el esfuerzo de investigación. Este debe continuar para asegurarse de la existencia o ausencia de correlaciones.

Ejemplo de como elaborar un diagrama de correlación:

Un fabricante de tanques de plástico que los hacía usando el método de moldeo soplado tuvo dificultades con tanques defectuosos que tenían paredes delgadas. Se sospechaba que la causa de la paredes defectuosas era la variación en la presión del aire de soplado, la cual variaba cada día. La tabla 3.9 muestra la información sobre la presión del aire soplado y el porcentaje de defectos. Para confirmar si existe una relación entre el hecho de que las paredes de algunos tanques sean defectuosas y la variación de la presión del aire de soplado se realizará un diagrama de dispersión.

Fecha	Presión del aire Kg/cm ²	Porcentaje de defectos	Fecha	Presión del aire Kg/cm ²	Porcentaje de defectos
Oct. 1	8.6	.889	Oct. 22	8.7	.892
2	8.9	.884	23	8.5	.877
3	8.8	.887	24	9.2	.855
4	8.8	.891	25	8.5	.866
5	8.4	.874	26	8.3	.896
8	8.7	.866	29	8.7	.896
9	9.2	.911	30	9.3	.928
10	8.6	.912	31	8.9	.886
11	9.2	.895	Nov. 1	8.9	.908
12	8.7	.896	2	8.3	.881
15	8.4	.894	5	8.7	.882
16	8.2	.864	6	8.9	.904
17	9.2	.922	7	8.7	.912
18	8.7	.909	8	9.1	.925
19	9.4	.905	9	8.7	.872

Tabla 3.9

Sea X (el eje horizontal) la presión del aire y Y (eje vertical) el porcentaje de defectos, entonces:

El valor máximo de $x = 9.4 \text{ Kg/cm}^2$

El valor mínimo de $x = 8.2 \text{ Kg/cm}^2$

El valor máximo de $y = .928 \%$

El valor mínimo de $y = .864\%$

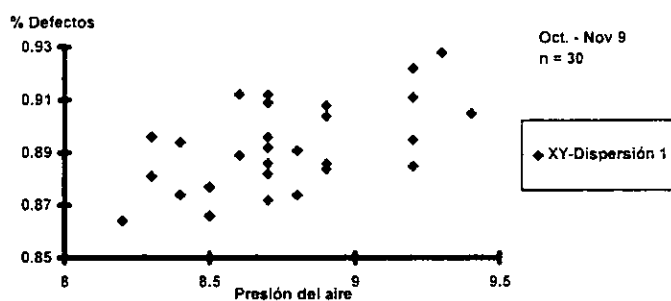


Figura 3.16

Como se puede ver se tiene una correlación positiva sin embargo para comprender la fuerza de esa correlación es necesario expresarla en términos cuantitativos, para esto se utiliza el coeficiente de correlación:

$$R = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) * S(yy)}}$$

En el ejemplo el factor de correlación es de 0.59 de manera que si hay una correlación entre la presión del aire y el porcentaje de tanques de plástico defectuosos, aunque no muy alta.

3.4.1.9. Gráficas de Control

Puesto que se acepta que todos los procesos están sometidos a algún tipo de variación, el propósito de las gráficas de control es la estabilización del proceso, controlando la variación y aplicando los ajustes necesarios (en línea). Las gráficas de control fueron introducidas en 1926 por Walter Shewhart, quien afirmó que una distribución puede transformarse en una forma normal estimando la media y la desviación estándar. La distribución estable se define como aquella en la que la variación no excede de los límites establecidos por más de 0.26% en cualquier momento.

Una carta de control consta de una línea central (LC), horizontal continua y de trazo grueso y 2 límites que son: el límite de control inferior (LCI) y el límite de control superior, horizontales discontinuas y de trazo normal: estas líneas se trazan en un sistema de dos ejes perpendiculares: en el eje horizontal se indica el número de muestra o el tiempo y en el eje vertical el parámetro muestral de la variable característica.

Se pueden tener cartas de control con un solo límite de control, y las marcas, si así se desea, se pueden ir uniendo en una línea quebrada.

Si una marca rebasa los límites de control, significa que el proceso está fuera de control y se requiere una acción correctiva. A veces aunque el proceso este bajo control, la carta puede indicar ciclos repetidos, tendencias, cambios bruscos en el nivel del proceso, elevada proporción de puntos cerca de los límites, estratificación o falta de variabilidad, etc.; en este caso se debe examinar el proceso, pero sin detenerlo con la finalidad de eliminar la causa de dicho comportamiento.

La calidad de un producto manufacturado por medio de un proceso inevitablemente sufrirá variaciones. estas variaciones tienen causas y estas últimas pueden clasificarse en los dos siguientes tipos:

- ✱ *Causas debidas al azar:* Las variaciones debidas al azar son inevitables en el proceso aun si la operación se realiza usando materia prima y métodos estandarizados.
- ✱ *Causas asignables:* La variación debida a causas asignables significa que hay factores significativos que pueden ser investigados. Es decir hay casos propiciados por la no aplicación de ciertos estándares o por la aplicación de estándares inapropiados.

Cuando los puntos se ubican por fuera de los límites de control o muestran una tendencia particular, decimos que el proceso está fuera de control y esto equivale a decir " existe variación por causas asignables y el proceso está en un estado de descontrol" Para controlar un proceso, se requiere poder predecir el resultado dentro de un margen de variación debido al azar.

Para hacer una gráfica de control es necesario estimar la variación debida al azar. Para esto se dividen los datos en subgrupos dentro de los cuales el lote de materia prima, las máquinas, los operadores u otros factores son comunes, de modo que la variación dentro del subgrupo puede considerarse aproximadamente la misma que la variación debida por causas del azar.

Gráfica $\bar{X}$ -R

Esta gráfica se usa para controlar y analizar un proceso en el cual la característica de calidad del producto que se está midiendo toma valores continuos, tales como longitud, peso, concentración, y esto proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso. $\bar{X}$ representa un valor promedio de un subgrupo y R representa el rango del subgrupo. Una gráfica R se usa generalmente en combinación con una gráfica $\bar{X}$ para controlar la variación dentro de un subgrupo.

Gráfica $\bar{X}$

Cuando los datos de un proceso se registran durante intervalos largos o los subgrupos de datos no son efectivos, se grafica cada dato individualmente y esa gráfica puede usarse como gráfica de control. Debido a que no hay subgrupo el valor R no puede calcularse, se usa el rango móvil R_s de datos sucesivos para el cálculo de los límites de control $\bar{X}$.

Gráfica np, Gráfica p

Estas gráficas se usan cuando la característica de calidad se representa por el número de unidades defectuosas o la fracción defectuosa. Para una muestra de tamaño constante, se usa una gráfica np del número de unidades defectuosas, mientras que una gráfica p de la fracción de defectos se usa para una muestra de tamaño variable.

Gráfica c, Gráfica μ

Se usan para controlar y analizar un proceso por los defectos de un producto, tales como rayones en placas de metal, número de soldaduras defectuosas de un televisor o un tejido desigual en telas.

Una gráfica c referida al número de defectos, se usa para un producto cuyas dimensiones son constantes, mientras que una gráfica μ se usa para un producto de dimensión variable.

Como Leer Las Gráficas de Control

Lo más importante en el control del proceso es captar el estado del mismo de manera precisa leyendo la gráfica de control y diligentemente tomar acciones apropiadas cuando se encuentre algo anormal en el proceso. El estado controlado del proceso es el estado en el cual el proceso es estable, es decir, el promedio y la variación del proceso recambian. Si un proceso está o no controlado se juzga según los siguientes criterios a partir de la gráfica de control.

Fuera de los límites de control

Puntos que están por fuera de los límites de control.

Racha

La racha es el estado en el cual los puntos ocurren continuamente en el lado de la línea central y el número de puntos se llama longitud de racha.

Una longitud de siete puntos en una racha se considera normal. Aún si la longitud de la racha está por debajo de 6, se considera anormales los siguientes casos:

- a) Al menos 10 de 11 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central
- b) Al menos 12 de 14 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central
- c) Al menos 16 de 20 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central

Tendencia

Cuando los puntos forman una curva continua ascendente o descendente se dice que hay una tendencia.

Acercamiento A Límites De Control

Teniendo en cuenta los puntos que se acercan a los límites de control de 3 sigma, si 2 de 3 puntos ocurren fuera de las líneas de 2 sigma, el caso se considera anormal.

Acercamiento A La Línea Central

Cuando la mayoría de los puntos están dentro de las líneas de 1.5 sigma (los bisectores de la línea central y cada uno de los límites de control), esto se debe a una forma inapropiada de hacer los subgrupos. El acercamiento a la línea central no significa un estado de control, sino una mezcla de la información de diferentes poblaciones en los subgrupos, lo cual hace que los límites de control sean demasiado amplios. Cuando se presenta esta situación es necesario cambiar la manera de hacer subgrupos.

Periodicidad

También es anormal que la curva muestre repetidamente una tendencia ascendente y descendente para casi el mismo intervalo.

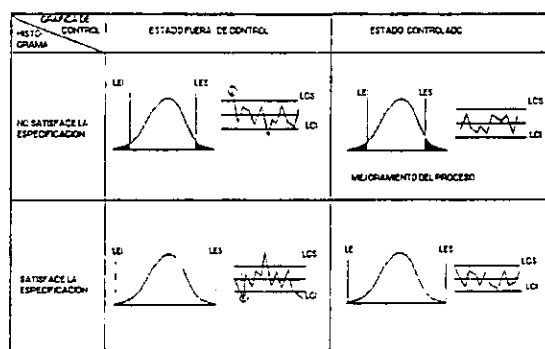


Figura 3.17 Relación de las gráficas de control y los límites de especificación

Figura 3.18 Formato Para Carta De Control $\bar{X}$ -R

Designación de la pieza		Característica		Especificaciones		Frecuencia de muestreo		Operación		No de máquina	
$\bar{X} = m \text{ días}$ $L.C.S. = \bar{X} + A_2\bar{R}$ $L.C.I. = \bar{X} - A_2\bar{R}$ $R = H/200$ $L.R. = 0.1$ $L.T. = 0.1$											
SITUACIONES FUERA DE CONTROL • TODO PUNTO FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL • UNA SERIE DE 8 PUNTOS POR ENCIMA O POR DEBAJO DE LA MEDIA • UNA SERIE DE 7 PUNTOS CONSECUTIVOS CRECIENTES O DECRECIENTES ACCIONES CORRECTIVAS 1 2 3											
NOTAS											

Límites		Rango		Límites		Rango		Límites		Rango		Límites		Rango		Límites		Rango		Límites		Rango	
UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU	UCL	LCU
50	49	49	48	50	49	51	50	48	47	48	47	49	48	50	49	51	50	48	47	48	47	49	48
49	50	49	52	52	52	52	52	51	50	51	50	51	50	51	50	51	50	51	50	51	50	51	50
20	49	51	50	50	51	49	50	50	51	53	50	51	52	48	52	50	50	50	50	50	50	48	52
50	50	48	49	50	47	48	50	49	51	48	49	50	47	48	49	49	50	50	49	50	49	52	52
199	198	197	199	202	199	200	204	195	202	195	204	201	196	196	197	198	196	198	195	198	198	204	204
49.75	49.50	49.25	49.75	50.00	49.75	50	51	48.75	50.50	48.75	51	50.25	49	49	49.25	49.50	49	49.50	49	49.50	51	51	51
1	1	3	4	2	5	3	3	4	5	2	5	3	3	4	2	1	2	2	2	2	4	4	4

RECOMENDACIONES IMPORTANTES PARA EL USO DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

- ✧ Combinar el uso de cada una de las herramientas.
- ✧ El uso de las herramientas no es asilado y solo se obtendrán buenos resultados cuando se usan en conjunto.
- ✧ Utilización amplia en la empresa.
- ✧ Las herramientas básicas pueden ser utilizadas en todos los aspectos para el control y mejora de calidad, su uso esporádico de estas herramientas no conduce a buenos resultados.
- ✧ Debe mostrarse alto entusiasmo en el uso de las herramientas.
- ✧ Se debe reconocer la importancia del uso de estas herramientas.
- ✧ Las herramientas básicas no deberán utilizarse para resolver problemas simples.
- ✧ No tiene caso utilizar las herramientas para resolver problemas que pueden resolverse por otros medios y que solo nos producirán desperdicio de tiempo y dinero.

3.5. Capacidad del Proceso

Para un cliente es importante que reciba productos iguales, en cuanto a calidad, pero también es importante que reciba productos que este de acuerdo con sus exigencias, este es el objetivo que se persigue al hacer el cálculo de capacidad de un proceso, que en primer lugar debe evaluar la capacidad del proceso para satisfacer las exigencias del cliente y, a continuación debe hacer un seguimiento del rendimiento del proceso y cuantificar los progresos realizados y los que quedan por conseguir.

La capacidad de un proceso se determina a partir del porcentaje observado de unidades de productos que satisfacen la especificaciones. $\text{Capacidad} = \% \text{ observado de piezas dentro de las especificaciones.}$

En términos estadísticos, la capacidad del proceso se define como la amplitud del intervalo en el que posee una probabilidad importante de hallarse la mayoría de la población.

Antes de realizar un estudio de la capacidad del proceso, es preciso respetar las siguientes condiciones:

- ✧ El proceso debe estar bajo control estadístico, es decir que las variaciones del mismo solo sean debidas a causas aleatorias, a fin de que los responsables puedan definir las medidas necesarias para mejorar la capacidad.
- ✧ Las exigencias deben estar claramente definidas.
- ✧ La distribución de la producción debe ser normal o, al menos, estar modelizada.
- ✧ El muestreo debe ser "correcto".

La capacidad del proceso también se evalúa por medio de índices como C_{pk} , C_p y C_{pm} que se han convertido en medio de comunicación en las relaciones proveedor cliente. Los índices comunes se caracterizan por:

- ✖ Ser aplicables a características de calidad con distribución normal .
- ✖ Ser medidas adimensionales.
- ✖ Ser medidas que aumentan conforme crece la capacidad del proceso.
- ✖ En la práctica, un proceso se considera capaz si el índice correspondiente es mayor que 1.33

El índice C_p también conocido como Índice Potencial del Proceso indica el mejor nivel de calidad que se puede alcanzar sin realizar cambios fundamentales en el proceso.

$$C_p = \frac{DISPERSION\ PERMISIBLE}{DISPERSION\ NATURAL} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

El índice C_{pk} , considera tanto dispersión como localización (respecto a los límites de especificación) de un proceso.

EL INDICE C_{pk}

$$C_{pk} = MIN \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\}$$

Se observa que:

- ✖ El valor de C_{pk} aumenta conforme μ se aleja del límite de especificación más cercano.
- ✖ El valor de C_{pk} aumenta conforme se reduce σ .

El índice C_{pm} considera tanto la dispersión como la localización del proceso

EL INDICE C_{pm}

$$C_{pm} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{(\mu - T)^2 + \sigma^2}}$$

El valor de C_{pm} aumenta conforme μ se acerca a T (Valor nominal ideal al objetivo de la característica de la calidad), y conforme disminuye σ .

Un proceso es capaz si el índice de capacidad C_{pk} es superior o igual a 1, esto depende de la industria que se aplique, por ejemplo en la industria automovilística se utiliza un índice de 1 mientras que en la industria farmacéutica se utiliza un índice de 1.33.

3.5.1. Índice de Capacidad y Control del Proceso

En cada uno de los puestos de trabajo en los que se implanta una carta de control, es indispensable proporcionar al operador que conduce el proceso una herramienta de decisión que le indique qué acciones debe efectuar haya suficientes indicios de que el proceso está fuera de control.

Vamos a tomar como punto de referencia el cuadro de decisión propuesto por Ford en su norma Q101 (Figura 3.20). Este cuadro pone de manifiesto que para un valor de C_{pk} inferior a 1 es preciso realizar un control unitario aunque el proceso está bajo control. Esta situación es desmotivante para el operador que rellena su carta de control y que se da cuenta de que los productos son controlados al 100% posteriormente. Por lo tanto antes de colocar el proceso bajo control, es preciso adoptar medidas de mejoras del rendimiento del proceso.

Este cuadro permite movilizar a todos en torno al mejoramiento del rendimiento del proceso, ya que pone de manifiesto el beneficio inmediato de conseguir un C_{pk} superior a 1.33. En efecto, en el caso de que el proceso está fuera de control y todos los valores de la toma de muestras están dentro de la tolerancia, si el C_{pk} es superior a 1.33 se siguen aceptando las piezas después de haber identificado y corregido las causas asignables.

	Valor de C_{pk}		
	Inferior a 1	1.00 a 1.33	Superior a 1.33
Proceso bajo control	Control unitario(100%)	Aceptar las piezas	Aceptar la piezas
Proceso "fuera de control" (es decir $\bar{X}$, $\bar{X}$ o R fuera de los límites) y todos los valores de la toma dentro de la tolerancia	Identificar y corregir las causas especiales		
	Mantener el control unitario al 100%	Seleccionar los componentes fabricados desde la última toma "bajo control"	Aceptar las piezas
Proceso "fuera de control" (es decir, punto fuera de los límites) y uno o varios valores de la toma fuera de las tolerancias	Identificar y corregir las causas especiales		
	Mantener el control unitario (100%)	Seleccionar los componentes fabricados desde la última toma "bajo control"	

Figura 3. 20 Cuadro de Decisión para el control de los Procesos.

3.5.2. Seguimiento de la Mejora del Proceso

El seguimiento del C_{pk} permite poner de manifiesto los progresos realizados. Se asociará a cada característica de la máquina o a cada etapa del proceso y será puesto bajo control de un gráfico de seguimiento de los C_{pk} (Figura 3.21). Este gráfico será actualizado mensualmente por los mandos intermedios y el operador será informado de los progresos realizados, o por el contrario del estancamiento del rendimiento.

El empleo de C_{pk} como base para la apreciación y el seguimiento del rendimiento de los procesos refuerza un lenguaje objetivo común en el seno de la fabricación. El seguimiento de estos índices también permite facilitar la comunicación entre la fabricación y los servicios de método o de estudio, y puede emplearse un cuadro de seguimiento semejante al que presentamos en la figura 3.20. Ello permite que todos los servicios acumulen la experiencia necesaria para una mejora de la concepción de los productos y procesos futuros.

Finalmente, el cálculo del C_{pk} facilita la comunicación con los clientes y con los proveedores, pues ante la queja de un cliente, si es capaz de ofrecer un C_{pk} satisfactorio, se podrá realizar un análisis objetivo del problema y la fabricación dejará de aparecer como el culpable predeterminado.

MAQUINA/PUESTO		C _m		ACTUALIZADO		
FECHA	C _p	C _{pk}	MODIFICACION DE LOS LIMITES DE CONTROL	SITUACION CONTROL	NO BAJO	ACCIONES DE MEJORA
				NUMERO TOTAL	NUMERO QUE HA DADO LUGAR HA ACCIONES CORRECTIVAS	

Figura 3.21 Cuadro de Seguimientos

EJEMPLO:

Una empresa alimenticia desea evaluar la capacidad del proceso de llenado de paquetes de un cierto producto. Las especificaciones (en gramos) son 100^{+20}_{-15} . La firma desea que el proceso de llenado sea

"capaz" de acuerdo con el índice C_p . Como $C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$ tenemos que el valor de C_p del proceso

es:

$$C_p = \frac{120 - 85}{6 * 8.11} \approx .719$$

De acuerdo con el valor de C_p es necesario que la firma haga un análisis de su proceso para eliminar la causas aleatorias que lo están afectando, veamos que pasa si se evalúa la capacidad con el índice C_{pk} .

$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{120 - 104.13}{3 * 8.11} \approx .652, \frac{104.13 - 85}{3 * 8.11} \approx .786 \right\}$$

El valor de C_{pk} es de .652 lo que reafirma el hecho de que la empresa tiene que tomar una decisión en cuanto a su proceso.

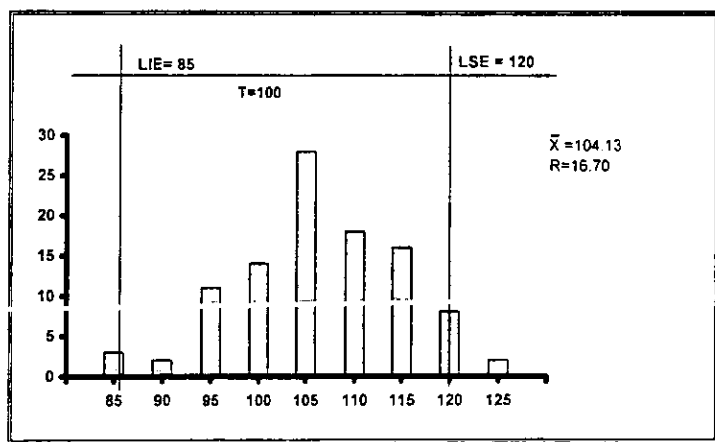


Figura 3.22 Histograma de llenado de paquetes de un producto.

Observe que aunque es bajo el porcentaje de producto fuera de especificación el C_{pk} indica que el proceso no es "capaz" de mantener el producto dentro de las especificaciones.

A modo de conclusión, la figura 3.23 muestra las ocho etapas que se recomiendan seguir para mejorar la calidad, sin embargo siempre hay que tener presente que es un esfuerzo que toma tiempo y requiere que se planee de la manera más cuidadosa.

Por lo tanto es necesario hacer la mejora de la calidad un proyecto en donde se seleccione un problema vital para su análisis y solución o un área de oportunidad seleccionada para su estudio y aprovechamiento.

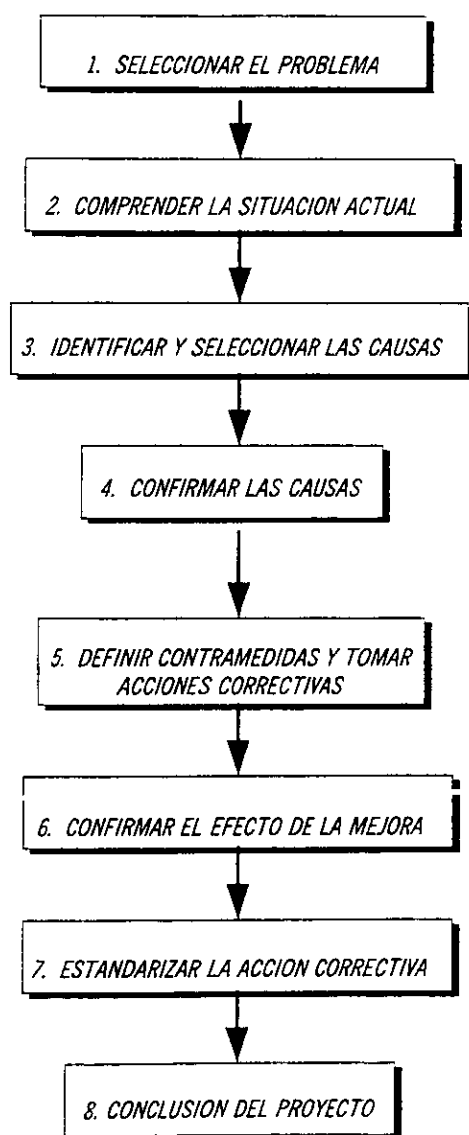
Un problema es un resultado no deseable o una desviación del objetivo.

Un área de oportunidad es cuando se tiene un nivel aceptable en los resultados pero que puede, mejor dicho se debe mejorar.

El desarrollo de un proyecto de mejora de calidad es para mejorar significativamente los resultados, a través de cambios estructurales en el trabajo. Por lo tanto todos los problemas o áreas de oportunidad deben ser planteadas en términos estadísticos, económicos y otros. Es decir desde el punto de vista de un negocio.

Las herramientas estadísticas y administrativas se emplean en cada etapa de la mejora de la Calidad y como se dijo anteriormente las Herramientas Estadísticas no van a resolver los problemas que se presentan, solo ayudan a indicar en donde se localiza el problema y depende de quien las aplica el que sean aprovechadas al máximo o su uso solo represente pérdida de tiempo y dinero.

Figura 3.23 Procedimiento Estándar Para Resolver Problemas De Calidad



Aplicación de Herramientas Estadísticas para el Aseguramiento de la Calidad siguiendo las Normas de la Serie ISO 9000. Caso Práctico: PEMEX - REFINACIÓN
Análisis del Poliducto Guaymas - Hermosillo y del Proceso de Producción de Ciclohexano ("Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas")

Proyecto				Fecha inicio de proyecto		Fecha de terminación	
Nombre Grupo		Objetivo:					
Lugar		Periodo					
Sede		Sede					
Día		Hora					
Asistencia		Asistencia					
Total		Resumen =					
Tiempo =		Tiempo =					
Membres		Membres					
Contenidos		Contenidos					

1. Selección del problema

- Reducir defectos.
- Mejorar CP

2. Situación actual

$n = 50$
 $\bar{x} = 0.023$
 $Cp = 0.949$

4. Confirmar causas

FE	M	R	Resul

5. Plan de control medidas y acción correctiva

Contram	R	F	Resul
Talleres			✓
Mule			✗
Resorte			✓
No fuerza			✗

3. Seleccionar las causas

6. Controlar mejoras

$n = 30$
 $\bar{x} = 0.023$
 $Cp = 0.949$

7. Estandarización

Instrucciones para operación

1. Use fuerza con resorte, (una pieza)
2. Para fluj giré hasta comprimir resorte, nuevamente.
3. Cheque resorte una vez si mes.

8. Conclusiones

1. Preparar con otros calibres de resorte.
2. Modificar diseño de fuerza tal que ésta indique hasta donde apretar.



4. Introducción

En México existen varias refinerías distribuidas a lo largo de todo el país como la refinería Lázaro Cárdenas, ubicada en Minatitlán Veracruz o la refinería Miguel Hidalgo localizada en Tula Hidalgo, etc. Estas refinerías son encargadas de transformar tanto al aceite crudo como a los hidrocarburos en un sin número de sustancias que se utilizarán como materias primas para producir una inmensa gama de productos mismos que son distribuidos a lo largo de todo el país. Es así como se ha formado una compleja red de ductos que requiere de una atención especial y una sincronización casi perfecta; lo que ha propiciado un progreso especial, sobre todo en petroquímica y en el transporte de líquidos por ductos, debido a que se pueden enviar diferentes productos por una misma tubería, teniendo como objetivo lograr el mínimo de producto mezclado. El tratamiento de los dos casos prácticos presenta aspectos muy interesantes a considerar para la aplicación de las herramientas estadísticas como lo son:

- ❖ El área en que se aplicarán estas herramientas es una industria puramente química y no sólo eso sino que esta industria representa parte importante y fundamental en la economía de nuestro país ya que en muchas ocasiones se ignora que nuestra economía se basa casi en un 80% en la industria del petróleo por eso creemos que es esencial no solamente mantener la calidad existente en los productos sino aumentarla mucho más con ayuda de la implementación de la serie de normas ISO 9000 y verificar estas con ayuda de las herramientas estadísticas.
- ❖ Se deben tomar decisiones con la exactitud y rapidez debidas ya que aunque se hable de un porcentaje considerado como mínimo de producto no conforme estamos hablando de un gran volumen de producto que debe rechazarse para que se vuelva a procesar, lo que implica muchas consecuencias pero las más graves son un mayor tiempo y costo de producción, que implican realmente gastos considerables que repercuten en la economía del país.

El primer caso a analizar es el transporte de productos derivados del petróleo, el cual es un proceso muy complejo y de relevante importancia para mantener la actividad ininterrumpida de los centros donde se procesan estos productos. El transporte de aceite crudo e hidrocarburos se realiza por carretera, mar (el transporte marítimo se utiliza cuando el aceite crudo se destina a la exportación), y por medio de ductos, a estos últimos es donde dirigiremos nuestra atención ya que en nuestro país existe una gran red, tanto superficiales, subterráneos como los localizados en el lecho marítimo, por lo que se convierten en el principal medio de abastecimiento a las refinerías y otras industrias que utilizan los hidrocarburos como materia prima.

Se ha escogido el Poliducto Guaymas - Hermosillo como caso representativo de este trabajo porque se trata de un tramo "pequeño", de cerca de 30 Km. de largo a través del cual se transportan diferentes tipos de gasolinas lo que facilitará relativamente la presente investigación.

El segundo caso trata el análisis de la producción de ciclohexano, llevado a cabo en la refinería "Gral. Lázaro Cárdenas", en Minatitlán Veracruz. El ciclohexano es una materia prima que da lugar a la obtención de productos importantes y diversos tal es el caso del nylon y negro de humo.

A lo largo del análisis se observará que toda acción que se toma gira alrededor de una variable en especial: El grado de pureza que presenta el ciclohexano producido debido a que si este porcentaje es bajo afectará a la calidad de los siguientes procesos en los que participa activamente.

Este es un caso representativo que corresponde a una prueba piloto, ya que muchos de los productos derivados del petróleo están bajo las mismas condiciones de control es decir que si existe variación en alguna de las características de calidad de un producto que se usara como materia prima para producir un segundo, en este también se verán afectadas sus características mismas que se reflejarán en el grado de calidad que presente el producto final el cual es adquirido por el consumidor.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente el objetivo del análisis de estos casos es detectar las causas que provocan puntos de falla por medio de las herramientas estadísticas, esto no es fácil debido a la complejidad del proceso y las características físicas que presentan las instalaciones que hacen realmente difícil el monitoreo y la rastreabilidad del problema, tanto en la refinería como en el Ducto.

Esto da por consecuencia que la inspección hasta el más pequeño equipo utilizado desencadene toda una serie de acciones que afectan a todo el proceso. Aunque se cuentan con instrumentos altamente especializados para vigilar cada fase del proceso y cada equipo involucrado, siempre hay una serie de factores que pesan sobre cualquier decisión y que requieren del juicio y del análisis profundo del hombre para tomarla.

El conocer de antemano los puntos de fallas ayuda a tener un punto de referencia por donde comenzar a rastrear un problema cuando este se presenta, también es necesario conocer las causas más probables que los provocan para que las acciones correctivas sean hechas con la rapidez necesaria para que la situación adversa no aumente su gravedad.

El análisis de los dos casos se hará en base a los ocho pasos que se recomiendan en el capítulo tres para la aplicación de las herramientas estadísticas.

4.1. ¿Qué Es El Petróleo?

Es un líquido aceitoso, inflamable, con amplia variación en su viscosidad y olor fuerte característico, cuyo color varía de amarillo a castaño rojizo oscuro o negro, pero que normalmente exhibe una fluorescencia verdosa distintiva. Se cree que se formó a partir de los sedimentos marinos y semimarineros cercanos a la costa sobre los cuales hubo acción geológica durante millones de años.

Otros factores de composición:

- ✚ *Intervalos de destilación* : El cual indica qué fracciones están presentes y en qué cantidad.
- ✚ *Puntos de fluidez* : Definido como la temperatura mínima a la que el material fluye, y que depende de la composición del petróleo en términos de cerosidad y contenido de betún.
- ✚ *Contenidos de sedimentos y agua* : Que son medidas del grado de suciedad y otras materias extrañas, así como de dicho líquido
- ✚ *Contenido de sal* : Que no se limita a cloruro de sodio, pero normalmente se interpreta en términos de NaCl.
- ✚ *Contenido de metales* : Los metales pesados como vanadio, níquel y hierro tienden a acumularse en los más pesados aceites de gas (gasóleos) y fracciones residuales, en donde suelen interferir con las operaciones de refinación, particularmente envenenando los catalizadores.

4.1.1. Clasificación Del Aceite Crudo

El principal interés de los refinadores de petróleo es la cantidad de las fracciones sucesivas de destilación (por ejemplo, gasolina, nafta, kerosina, gasóleo, destilado lubricante) y la composición química o propiedades físicas de estas fracciones (viscosidad, punto de enturbiamiento, etc.).

Una de las clasificaciones más comunes se basa, principalmente, en el contenido de los diversos tipos estructurales de hidrocarburos: cicloalcanos (naftenos) y aromáticos más compuestos de N, S, O (resinas y asfáltenos). También considera el contenido de azufre. Es destacable que el contenido de alcanos, naftenos y aromáticos se considera en este caso como el resultado de los métodos analíticos de uso actual, es decir:

- ❖ Todos los datos se refieren a la porción del petróleo que hierve arriba de 210°C a la presión atmosférica;
- ❖ El contenido de alcanos (parafinas) incluye los alcanos normales e iso, pero no las cadenas alquílicas sustituidas en núcleos cíclicos;
- ❖ Los cicloalcanos (naftenos) incluyen todas las moléculas que contienen uno o más ciclos saturados pero sin ciclos aromáticos;
- ❖ Los aromáticos incluyen todas las moléculas que contienen, al menos, un ciclo aromático; las mismas moléculas pueden incluir ciclos saturados condensados y cadenas sustituidas en el núcleo;
- ❖ Los aceites crudos pueden definirse como " parafínicos" o "nafténicos" si el contenido total de hidrocarburos saturados es mayor de 50%;
- ❖ Los aceites crudos se consideran "aromáticos" cuando el contenido total de hidrocarburos saturados es menor de 50%, es decir el contenido total de aromáticos, resinas y asfáltenos, es mayor de 50% y cuando:
 - Los aceites "aromáticos - asfálticos" contienen menos de 25% de naftenos. Estos aceites tienen un alto contenido de azufre.
 - Los aceites "aromáticos-nafténicos" contienen más de 25% de naftenos. Estos aceites tienen un contenido de azufre de menos de 1%.

Las refinerías en la práctica tienen una clasificación basada en el índice de refracción, densidad y peso molecular. Las clasificaciones más aceptadas son:

- a) *Atendiendo su composición química* Esta clasificación toma como base dos fracciones recuperadas por destilación.

	Ligera	Intermedia
Intervalo de ebullición	250-275	275-300
Presión mm Hg	760	40

- b) *Por sus características.* Se puede predecir también cualitativamente la calidad de los productos y el efecto de los contaminantes de los crudos

- c) *Desde el punto de vista comercial.* Desde el punto de vista comercial los crudos se clasifican en :

	Densidad API
Ligeros	Mayor de 35°
Medios	20°-35°
Pesados	Menor de 20°

El costo por barril de crudo depende de los grados API¹. Un crudo ligero con 35° API tiene mayor valor que otros crudos porque contiene un alto contenido de ligeros (gasolina) y pocos contaminantes lo que hace más fácil procesarlo.

4.1.2. Características De Las Principales Clases De Aceites Crudos.

1. La clase parafínica:

Está constituida por los aceites crudos ligeros, siendo algunos fluidos y otros de alto contenido de cera o alto punto de escurrimiento a causa del alto contenido de alcanos normales C_{20} . Sin embargo a temperaturas ligeramente mayores (35-50°C), la viscosidad se vuelve normal.

La gravedad específica, por lo general, es menor de 0.85. La cantidad de resinas más asfalteno es menor de 10%. La viscosidad es generalmente baja excepto cuando los alcanos normales de peso molecular alto son abundantes.

2. La clase de aceites parafínicos - nafténicos:

Tienen un contenido moderado de resinas más asfaltenos (normalmente 5 a 15%) y un bajo contenido de azufre (0 a 1%). Los aromáticos equivalen a un 25 - 40% de los hidrocarburos.

3. La clase nafténica:

La clase nafténica incluye principalmente los aceites degradados que generalmente contienen menos de 20% de alcanos normales e iso. Se originan de la alteración bioquímica de los aceites parafínicos o parafínico-nafténico y por lo general tienen un bajo contenido de azufre, aún cuando se encuentran degradados. Ejemplos de estos aceites se encuentran en el área de la costa del Golfo, en el Mar del Norte y en Rusia.

4. La clase intermedia-aromática:

Incluye a aceites crudos que a menudo son pesados. Las resinas y los asfaltenos equivalen a cerca de 10-30% y algunas veces más, teniendo un contenido de azufre superior a 1%.

Los aromáticos equivalen a 40-70% de los hidrocarburos. El contenido de monoaromáticos y especialmente del tipo esteroide es relativamente bajo. La gravedad específica normalmente es alta (más de 0.85).

¹ API Association of Petroleum Institute

5. Las clases de aceites aromáticos-nafténicos y aromático-asfáltico:

Están representadas principalmente por los aceites crudos alterados. Durante la biodegradación, los alcanos son los primeros que se eliminan del aceite crudo.

Siendo así, la mayor parte de los aceites aromático-nafténico y aromático-asfáltico son pesados y viscosos, habiendo resultado originalmente de la degradación de los aceites parafínicos, parafínico-nafténico o intermedio-aromático. El contenido de resinas más asfaltenos normalmente es superior a 25%, y puede alcanzar 60%. Sin embargo, el contenido relativo de resinas y asfaltenos, así como la cantidad de azufre, pueden variar de acuerdo con el tipo de aceite crudo original.

La clase aromática-nafténica se deriva, principalmente, de los aceites parafínicos-nafténico.

La mayor parte de los aceites crudos no degradados pertenecen a tres clases solamente. Estas son:

☛ Aceites "aromático-intermedios" que contienen más de 1% de azufre. Frecuentemente se generan en sedimentos marinos depositados en un medio reductor.

☛ Los aceites "parafínicos-nafténicos" y "parafínicos" que contienen menos de 1% de azufre. A menudo se generan en los sedimentos costeros de los márgenes continentales.

Las clases más importantes, considerando la cantidad, son primero la aromática-asfáltica, luego la aromática-nafténica y después la aromática intermedia. Las dos primeras incluyen las enormes reservas de aceites pesados y arenas alquitranosas.

4.1.2.1. Características De Los Tipos De Crudo En México

En México se obtiene un aceite crudo pesado, principalmente el crudo "Istmo" y el crudo "Maya". De acuerdo a sus características, el crudo "Istmo" es un aceite crudo "ligero" y el crudo "Maya" es un crudo "pesado". De la mezcla de estos dos tipos de crudo se obtiene el aceite crudo "Olmecca" ya sea 50% "maya" y 50% "Istmo" o 60% "Istmo" y 40% "Maya".

PRUEBAS		METODO	RESULTADOS
Peso específico		ASTM-D-267	0.857
Gravedad API		ASTM-D-267	33
Viscosidad SSU a 15.6 °C		ASTM-D-88	60
a 22.1 °C			53
a 25 °C			50
Punto de escurecimiento		ASTM-97	27
Presión de vapor Red.	lb/pulg	ASTM-D-323	3.5
Factor de caracterización		UOP - 375	11.8
Sal	lb/1000bbls	UOP - 22	4.0
Azúfre total		ASTM-D-129	1.5
Carbon Ramsbottom	% peso	ASTM-D-524	3.2
Agua	% vol	ASTM-D-95	Huellas
Agua y sedimentos	% vol	ASTM-D-95	0.2
Acidez	mgKOH/g	ASTM-D-974	0.1
Cenizas	% peso	ASTM-D-482	0.0017
Acido sulfúrico	ppm	UOP 163	96
Insolubles en nC ₁₀	% peso	ASTM-D-2007	3.2
nC ₁₀		ASTM-D-2007	1.5
Acetres	% peso	ASTM-D-2007	80
Resinas	% peso	ASTM-D-2007	2.8
Poder calorífico	BTU/lb	ASTM-D-240	
	Bruto		19560
	Neto		18484
Metales	ppm	IMP-SA-AA-912	
	Hierro		1.6
	Cobre		0.1
	Níquel		8
	Vanadio		10.6
	Zinc		1.1
Nitrógeno total	ppm	UOP 384	1227
Distilación Normal		ASTM-D-287	
	T.B.E.		22
	5% vol		78
	10		108
	20		156
	30		205
	40		252
	50		302
	60		340
	70		351
	80		352
	90		353
	95		354
	T.F.E.		355
Recuperación	% Vol.		71.0

Tabla 4.1 Características del crudo tipo Istmo

MAYA 100%		
PRUEBAS	METODO	RESULTADOS
Peso específico	ASTM-D-287	0.919
Gravedad API	ASTM-D-287	22.1
Viscosidad SSU a 15.6 °C	ASTM-D-88	1288
a 21.1 °C		896
a 25 °C		709
Punto de escurrimiento	ASTM-97	-30
Presión de vapor Reid lb/pulg	ASTM-D-323	5.1
Factor de caracterización	UOP - 375	11.7
Sal, lb/1000bls	UOP - 22	3.0
Azufre total	ASTM-D-129	2.8
Carbon Ramisbottom, %peso		10.3
Agua, % vol		Huellas
Agua y sedimentos, %vol		0.2
Acidez, mgKOH/g		0.2
Cenizas, %peso		0.11
Acido sulfhídrico, ppm		288
Insolubles en nCs, %peso	ASTM-D-2007	17.1
nC ₇	ASTM-D-2007	10.9
Aceites, %peso	ASTM-D-2007	53.3
Resinas, %peso	ASTM-D-2007	7.4
Poder calorífico, BTU/lb	ASTM-D-240	
Bruto		19191
Neto		18135
Métales, ppm	IMP-SA-AA-918	
Fierro		4.4
Cobre		0.3
Níquel		52.9
Vanadio		288
Zinc		8.7
Nitrógeno total, ppm	UOP 384	3778
Destilación Hempel, °C	ASTM-D-235	
T.I.E.		34
5% vol		88
10		128
20		200
30		291
40		317
50		335
60		335
70		335
80		335
90		335
95		335
T.F.E.		335
Recuperado, %Vol.		50

Tabla 4.2 Características del crudo tipo Maya

ISTMO 70% VOL, MAYA 30% VOL		
PRUEBAS	METODO	RESULTADOS
Peso específico	ASTM-D-287	0.887
Gravedad API	ASTM-D-287	29.4
Viscosidad SSU a 15.6 °C	ASTM-D-88	102
a 21.1 °C		86
a 25 °C		75
Punto de escurrimiento	ASTM-97	-27
Presión de vapor Reid lb/pulg	ASTM-D-323	3.8
Factor de caracterización	UOP - 375	11.8
Sal, lb/1000bls	UOP - 22	3.7
Azufre total	ASTM-D-129	1.9
Carbon Ramsbottom, % peso		5.53
Agua, % vol		Huellas
Agua y sedimentos, % vol		0.2
Acidez, mgKOH/g		0.15
Cenizas, % peso		0.05
Acido sulfhídrico, ppm		154
Insolubles en nC ₄ , % peso	ASTM-D-2007	5.9
nC ₄	ASTM-D-2007	3.6
Aceres, % peso	ASTM-D-2007	71.4
Resinas, % peso	ASTM-D-2007	4.3
Poder calorífico, BTU/lb	ASTM-D-240	
Bruto		19450
Neto		18390
Métales, ppm	IMP-SA-AA-918	
Hierro		2.6
Cobre		0.2
Níquel		180
Vanadio		105.9
Zinc		3.7
Nitrógeno total, ppm	UOP 384	2692
Destilación Hempel, °C	ASTM-D-235	
T.I.E.		33
5% vol		84
10		112
20		165
30		222
40		275
50		320
60		340
70		342
80		344
90		345
95		346
T.F.E.		347
Recuperado, % Vol.		61.0

Tabla 4.3 Características del crudo tipo Istmo 70%, Maya 30% Vol.

ISTMO 55% VOL, MAYA 45% VOL		
PRUEBAS	METODO	RESULTADOS
Peso específico	ASTM-D-287	0.884
Gravedad API	ASTM-D-287	28.1
Viscosidad SSU a 15.6 °C	ASTM-D-88	158
a 21.1 °C		120
a 25 °C		105
Punto de escurrimiento	ASTM-97	-27
Presión de vapor Reid lb/pulg	ASTM-D-323	4.4
Factor de caracterización	UOP - 375	11.77
Sal, ib/1000bls	UOP - 22	3.6
Azufre total	ASTM-D-129	2.0
Carbon Ramsbottom, % peso		6.6
Agua, % vol		Huellas
Agua y sedimentos, % vol		0.2
Acidez, mgKOH/g		0.16
Cenizas, % peso		0.09
Acido sulfhídrico, ppm		182
Insolubles en nC ₄ , % peso	ASTM-D-2007	8.5
nC ₇	ASTM-D-2007	5.1
Aceites, % peso	ASTM-D-2007	68.7
Resinas, % peso	ASTM-D-2007	5.3
Poder calorífico, BTU/lb	ASTM-D-240	
Bruto		19394
Neto		18326
Métales, ppm	IMP-SA-AA-912	
Fierro		4.0
Cobre		0.1
Níquel		27.0
Vanadio		140.0
Zinc		
Nitrógeno total, ppm	UOP 384	2925
Destilación Hempel, C	ASTM-D-235	33
T.I.E.		
5% vol		82
10		117
20		176
30		244
40		282
50		323
60		341
70		343
80		345
90		347
95		348
T.F.E.		349
Recuperado, % Vol.		59

Tabla 4.4 Características del crudo tipo Istmo 55%, Maya 45% Vol.

4.1.3. Componentes Indeseables En El Aceite Crudo

Cuando hablamos de los componentes indeseables en el petróleo crudo generalmente nos referimos a los compuestos inorgánicos, que ya hemos mencionado anteriormente. La presencia de estos compuestos es indeseable ya que son unas de las principales causas de que los procesos de conversión y de transporte sean más difíciles de llevar a cabo, pues requieren de mayor tiempo y mayor inversión económica. A continuación se describirá de que forma la presencia de cada uno de estos compuestos puede afectar a la calidad del producto a procesar.

Compuestos de Azufre

Son compuestos inestables que se descomponen durante los procesos de refinación. Su presencia es indeseable ya que son la principal causa de corrosión durante los procesos de conversión, además de provocar una acción contraria a los inhibidores de detonación (tetraetilo de plomo), en los procesos que involucran reacciones químicas de síntesis envenenan a los catalizadores metálicos.

No hay proceso mediante el cual se reduzca al 100% el contenido de azufre en el aceite crudo y en los hidrocarburos por lo que en cada proceso de refinación se someten a diversos tratamientos de eliminación

Agua

La presencia de agua genera serios problemas no solo durante el transporte de productos sino también durante los procesos de conversión, entre los más importantes podemos mencionar:

- a) Al transportar a los centros de refinación y almacenar en estos últimos ocupa espacio en las líneas y equipos y por consiguiente es mayor el costo de transporte
- b) Problemas de incrustación y corrosión en las líneas e instalaciones del proceso
- c) Genera penalizaciones al no cumplir los requerimientos del proceso.
- d) Al elevar la temperatura del crudo, el agua líquida presente puede evaporizarse súbitamente originando gran volumen en forma de vapor y generar un gran aumento de presión en los equipos.

Contenido en Metales

Los metales como níquel, vanadio, cobre, arsénico, plomo, fierro y sodio se encuentran frecuentemente en el aceite crudo. Cantidades diminutas de estos pueden afectar la actividad de los catalizadores y dar lugar a un producto inferior. Por ejemplo las concentraciones de vanadio superiores a las 2 ppm en los fuelóleos pueden

dar lugar a serias corrosiones en las turbinas y deterioro en el recubrimiento de hornos refractarios y chimeneas.

METAL	CONTENIDO DE METALES EN EL CRUDO (ppm)	% DE METALES EN EL CATALIZADOR	% DE DISMINUCIÓN DE ACTIVIDAD DEL CATALIZADOR	EFFECTOS
Sodio	170	.10 (Na) .50 (Na ₂ O)	3-6 20	Reducción de actividad catalítica Obstrucción de los poros del catalizador Modificador de la superficie del catalizador
Arsénico		.10 (As) 1.20 (As)		Reducción de la actividad del catalizador Oclusión de los centros activos del catalizador
Plomo		1.50 (Pb)		Reducción de la actividad catalítica
Fierro	1.66-4.4	Fe ₂ O ₃	10	Reducción de actividad catalítica. Formación de óxido de fierro que contribuye a la reducción del área específica. Contribuye al incremento de la caída de presión en los lechos catalíticos.
Níquel + Vanadio	10 - 300	5 - 10	50	Desactivación del catalizador. Pérdida de resistencia mecánica del catalizador.

Tabla 4.5 Contenido y Efecto De Metales Contaminantes En Los Procesos De Refinación

Salas

Si el contenido de sal del crudo del petróleo, es superior a 10 lb/1000 bls, es necesario precisar un proceso de desalado para minimizar el ensuciamiento y la corrosión debidas al depósito de sal sobre las superficies de transmisión de calor y a los ácidos formados por la descomposición de cloruros, como el ácido clorhídrico que al ponerse en contacto con el agua a altas temperaturas en los procesos de refinación, provoca que el ácido clorhídrico sea el compuesto de mayor índice de corrosión en los equipos. Otro tipo de sal inorgánica

que crea problemas de erosión, desgaste e incrustación son los carbonatos y sulfatos ya que disminuyen la capacidad del equipo.

No metales

Los compuestos más comúnmente encontrados en el petróleo crudo son carbón y sedimentos. Su principal efecto es la pérdida temporal de actividad de los catalizadores principalmente en los procesos catalíticos de transformación ligera.

La activación del catalizador se logra eliminando el carbón depositado en la superficie del mismo por medio de la combustión.

En cuanto a los sedimentos los efectos que producen son: contaminación de productos residuales, abrasión corrosión y taponamiento de líneas y equipos, y por supuesto ocupan espacio en las líneas y en el almacenamiento.

4.1.3.1. Métodos de Separación de Agua y Gas del Aceite Crudo

*** Separación Del Agua Del Aceite Crudo**

Como se dijo anteriormente del pozo se obtiene un crudo conformado por aceite, gas, agua y sales disueltas en donde el agua y el aceite se encuentran separados, pero a medida que los fluidos se acercan a la salida del pozo aumenta la turbulencia provocando la dispersión de partículas de agua en el aceite formando emulsiones que no pueden ser separadas por gravedad, por lo que el agua al salir del pozo está parcialmente emulsionado además de que en el agua es donde se encuentran las sales disueltas.

La separación del agua se realiza en varias etapas:

- Primero pasa a las baterías de separación donde se separa el gas del agua no emulsionada.
- La segunda etapa es la de deshidratación donde se separa el agua emulsionada del aceite (El crudo debe contener antes de llegar a las refinerías: 1% máximo de agua, 100lb/bl de sales).

La deshidratación y separación de sales disueltas presentes en el petróleo crudo puede llevarse a cabo mediante uno o más de los siguientes procedimientos:

- a) Sedimentación por gravedad
- b) Aplicación de calor
- c) Aplicación de electricidad
- d) Adición de agentes químicos
- e) Adición de diluyentes para reducir la viscosidad
- f) Separación mecánica

Si el aceite crudo no satisface las especificaciones del porcentaje del contenido de agua y sales en el mismo es necesario pasarlo a un proceso de desalado antes de enviarlo a las refinerías.

Otro aspecto que se debe considerar es que el gas llega a los complejos petroquímicos saturado de humedad, el grado de saturación depende de la presión y temperatura a la que se encuentre el gas.

*** Separación Del Gas**

Esta etapa se realiza en las baterías de separación que pueden ser de una etapa o varias dependiendo de la presión del pozo.

Este proceso se lleva a cabo mediante una disminución progresiva de la presión en los separadores.

El gas que se separa en las baterías de separación tiene la suficiente presión para ser enviado a través de gasoductos a los complejos petroquímicos o muchas veces se utilizan sistemas de compresión para manejar este gas. Si el gas natural contiene ácido sulfhídrico y bióxido de carbono se le llama gas natural amargo y gas natural dulce cuando no los contiene; el gas que se produce en México normalmente se trata de un gas amargo y debe pasar por un tratamiento para "endulzarlo".

4.2 Del Pozo A Las Líneas De Transporte

Antes de ser transportado el aceite crudo al lugar donde será transformado para su adecuado aprovechamiento es necesario someterlo a una serie de procesos en los que ciertas características deben ser modificadas principalmente por seguridad, protección ambiental, control del proceso así como el cuidado del equipo utilizado como se explica en el siguiente diagrama:

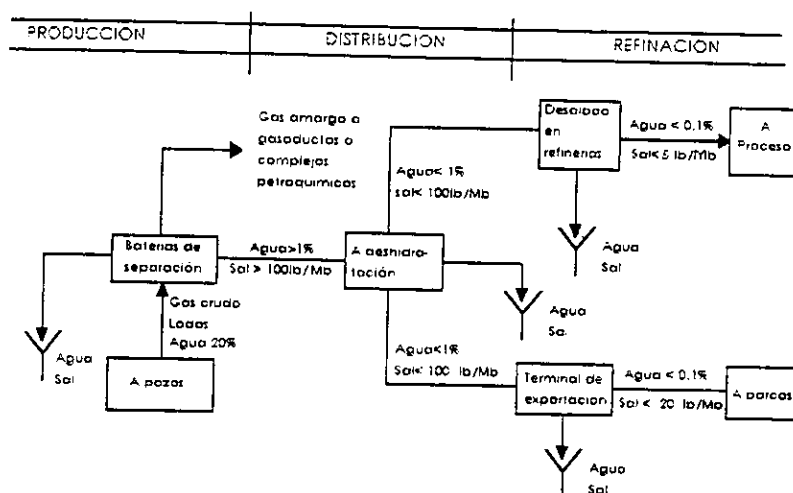


Figura 4. 1 Del pozo a las líneas de transporte

Como se puede observar el objetivo principal de cada fase del proceso es el de eliminar los componentes del crudo, de los que ya hemos hablado con anterioridad, que puedan dificultar el proceso de transporte y el de su transformación posterior.

4.3. Clasificación de los Ductos

4.3.1. Gasoducto

Un gasoducto es un sistema de tubos conectados entre sí que sirve para transportar gas natural o gas combustible. El gasoducto se divide en tramos y a lo largo de cada tramo lleva unas válvulas de seccionamiento, espaciadas unos 30 Km. Entre las válvulas de seccionamiento el gasoducto puede tener una válvula de purga. Las condiciones operacionales que influirán en la ubicación de las válvulas de seccionamiento son:

- ✦ En la succión y descarga de las estaciones de compresión, regulación y medición.
- ✦ En lugares estratégicos desde el punto de vista de operación y mantenimiento de toda la línea.
- ✦ En puntos cercanos a zonas pobladas.
- ✦ En ramales antes de su conexión a líneas principales.
- ✦ Antes y después del cruce de ríos, lagos, pantanos, etc.

4.3.2. Oleoducto

Un oleoducto es un sistema de tubos conectados entre sí que sirve para transportar petróleo crudo. El oleoducto se divide en tramos y a lo largo de cada tramo se localizan válvulas de seccionamiento, espaciadas unos 30 Km. Entre las válvulas de seccionamiento el gasoducto puede tener una válvula de purga. Las condiciones operacionales que influirán en la ubicación de las válvulas de seccionamiento son:

- ✦ En la succión y descarga de las estaciones de compresión, regulación y medición.
- ✦ En lugares estratégicos desde el punto de vista de operación y mantenimiento de toda la línea.
- ✦ En puntos cercanos a zonas pobladas.
- ✦ En ramales antes de su conexión a líneas principales.
- ✦ Antes y después del cruce de ríos, lagos, pantanos, etc.
- ✦ Antes y después del cruce de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano.
- ✦ En el caso en que el fluido a manejar sea amoníaco o gas L.P. Las válvulas de seccionamiento se colocarán de acuerdo a esos fluidos.

4.3.3. Poliducto

Un Poliducto es un sistema de tubos a través de los cuales se transportan varios productos a la vez. El principio de este tipo de transporte es que se pueden mandar "lotes" de diferentes productos por un mismo ducto sin que sean afectados ambos productos y esto se logra manteniendo una presión adecuada para que haya un mínimo de producto mezclado.

También cuenta con válvulas de seccionamiento y de purga y los criterios para su localización son los mismos que se aplican para un gasoducto.

El gasoducto, oleoducto y poliducto deben contar con trampas de envío y de recibo de diablos. Estas trampas, que sirven para el mantenimiento interno de la tubería, deben estar ubicadas en las estaciones de bombeo.

4.4. Reglamentos Y Especificaciones Aplicados Al Diseño, Operación, Mantenimiento E Inspección De La Tubería De Transporte

4.4.1. Clasificación

Las normas API recomiendan para el transporte de hidrocarburos tres tipos de tubos: *Especificación API 5L*, *Especificación API 5LX* y *Especificación API 5LS*. El proceso de fabricación de los tubos debe estar de acuerdo con las normas de fabricación API o el código ANSI B.31.4 que de acuerdo con la norma de calidad serie ISO 9002 garantice la calidad total de la tubería con un proceso excelente desde la recepción de la materia prima hasta el despacho del producto terminado.

Los tubos deben estar fabricados bajo las siguientes dimensiones:

- Los tubos se fabrican con diámetros nominales desde 1/8 de pulgada a 48.
- Los coples y tubos con extremos (Especificación API 5L) se fabrican con diámetros nominales desde 1/8 pulg hasta 20.
- Los tubos con especificación API 5LX son fabricados con diámetros nominales que van desde 2 3/8 pulg hasta 48.
- Los tubos con especificación API 5LS son fabricados con diámetros nominales que van desde 4 1/2 pulg hasta 48.

² American National Standards Institute

4.4.2. Pruebas A Las Que Se Somete La Tubería De Transporte De Hidrocarburos

Debido a que el aceite crudo, el gas y los hidrocarburos son productos altamente corrosivos las tuberías destinadas al transporte de hidrocarburos, deben ser de un material que resista tal desgaste o al menos tenga una vida útil rentable, además de que resista las condiciones climáticas de la región donde se localice el ducto.

PAISO DEL PROCESO	CARACTERÍSTICAS CONTROLADAS	PARÁMETROS DE VERIFICACIÓN
Inspección final del proceso de fabricación	- Dimensiones - Condiciones superficiales - Pruebas no destructivas - Pesaje	- Diámetro interior y exterior - Fuera de redondez - Espesor de pared - Linealidad - Longitud - Partículas magnéticas - Prueba de ultrasonido
Marcaje	Monograma	Cumplimiento de los requerimientos
Certificación	Resultado de pruebas contra diseño	Cumplimiento del diseño
Embarque	Protección del tubo durante: - Manejo - Almacenaje - Transportación	- Posición para soldar - Ganchos de protección - Estorbos - Soportes de madera - Estiba
Inspección del cliente ³	Inspección visual - Doblado - Espesor - Eficiencia de junta longitudinal - Soldabilidad - Prueba de la redencia	- Limpieza y daños mecánicos - Espesor de la pared nominal - Eficiencia de la soldadura "E" - Capacidad de unirse los tubos al soldarlos - Deformación de los tubos

Tabla 4.6 Pruebas A Las Que Debe Someterse La Tubería Usada En Ductos⁴

³ Pruebas que la Subgerencia de Ductos se encarga de aplicar y evaluar.

⁴ Fuente PMI (Promotora Mexicana de Tuberías)

4.4.3. Diseño De Tuberías De Transporte

En el diseño de tuberías de transporte de hidrocarburos deben considerarse los siguientes aspectos:

1. Características físicas y químicas del fluido.
2. Presión y temperaturas máximas de operación en condiciones estables.
3. Cargas adicionales, con esto nos referimos a cargas que pueden actuar sobre la tubería y que dependen de las características de la zona donde se localiza el ducto tales como Cargas externas, viento, sismos, Esfuerzos causados por derrumbes, oleajes y corriente marítimas, etc.
4. Tolerancia y variaciones permisibles.
5. Espesor de seguridad por eficiencia de junta.
6. Presión del diseño. Esta será la que resulte mayor del siguiente análisis:
 - ❑ La máxima presión en operación continua y no será menor a 15 psi.
 - ❑ La presión de vapor del fluido a la temperatura de diseño de la tubería.
 - ❑ La presión de ajuste del dispositivo de seguridad para proteger el sistema.
7. Temperatura de diseño. Es la temperatura máxima de operación en condiciones estables, está comprendida entre 28.9°C y 121°C.
8. Esfuerzo máximo permisible: Es el valor del esfuerzo a la tensión más grande que puede soportar un material sin sufrir deformación permanente.
9. Espesor mínimo: Es el espesor necesario para que la pared de un tubo soporte la presión interna.
10. Margen de corrosión: Es un aumento en el espesor del tubo para prevenir el desgaste y la corrosión natural del medio ambiente. Este se determina en función de la experiencia que se tenga en el manejo de los productos y la eficiencia de los sistemas de prevención y control de la corrosión que se adopten. Este espesor adicional debe ser mayor a 2.54 mm, o el necesario para que un tubo tenga por lo menos una vida útil de 10 años.

No basta con recurrir a un aumento en el espesor para prevenir los daños que puede causar la corrosión, también se debe recurrir a un sistema de protección catódica.

Este sistema está constituido por un ánodo galvánico o por un sistema de ánodos con corriente invertida que mitigue la corrosión y un método para determinar el grado de protección catódica logrado en la sección de tubería enterrada o sumergida.

4.4.4. Criterios De Inspección

Los siguientes puntos sirven de base para determinar si es necesario o no retirar de la línea de transporte uno o varios tubos de los que se sabe que tienen una o varias secciones defectuosas.

- I. Cuando un tubo presente abolladuras se medirá la profundidad del punto más bajo de la abolladura y la prolongación del contorno original. En un tubo con diámetro menor de 14 pulg. la medida no debe ser mayor al 2% del diámetro exterior. Si el tubo tiene un diámetro mayor a 14 pulg., la medida no debe ser mayor a ¼ pulg. Todas las abolladuras producidas en frío se considerarán reparables sólo por corte transversal, y eliminación del tramo abollado.
- II. Todas las hendiduras, grietas o rajaduras que tengan la profundidad mayor de 12.5% del espesor especificado del tubo deben considerarse defectos inadmisibles irreparables.
- III. Se debe retirar de la línea cualquier tubo que tenga defectos de fábrica, aunque sean reparables. En caso de que alguno o algunos de los tubos usados en la línea tengan un defecto de fábrica, se aplicarán alguno de los siguientes criterios:
 - ❑ Los tubos con defecto pueden ser desbastados con lima para eliminarlo, siempre y cuando no se sobrepase el espesor mínimo especificado.
 - ❑ La posibilidad de que la fábrica repare el o los defectos en el tubo.
 - ❑ En caso de que el defecto sea irreparable rechazar el tubo.
 - ❑ El tubo puede ser cortado transversalmente para eliminar el defecto.Una vez hecha la reparación del tubo debe verificarse la dimensión de los diámetros interior y exterior y someter los tubos a una prueba hidrostática.
- IV. Se considera factible reparar los defectos inadmisibles en tubos sin soldadura siempre y cuando no se presente alguna de las situaciones siguientes:
 - ❑ La profundidad del defecto excede del 33.3% del espesor de pared especificado.
 - ❑ Cuando la longitud de aquella porción defectuosa es mayor al 25% del diámetro exterior especificado del tubo.
- V. Si una soldadura no es aceptable, deberá eliminarse o repararse considerando los siguientes puntos:
 - ❑ La soldadura deberá ser eliminada cuando tenga una grieta de cualquier longitud.
 - ❑ Cuando una soldadura pueda ser reparada, el defecto deberá removerse hasta que quede el metal limpio y el segmento por reparar deberá precalentarse. La soldadura reparada deberá inspeccionarse para verificar su aceptabilidad, en caso contrario deberá eliminarse.

- VI. Para la reparación permanente de una tubería con fuga, si es posible ponerla fuera de operación, la reparación se efectuará cortando una porción cilíndrica del tubo y reemplazándola con tubo de similar o mayor espesor y resistencia mecánica.
- VII. Si la tubería no es puesta fuera de operación durante la reparación que involucre trabajos de soldadura, se debe reducir la presión de operación a un nivel seguro, realizándose un análisis, el cual debe contener como mínimo los resultados de la inspección ultrasónica para determinación de los defectos y espesores del tubo, y también debe contener los resultados de las pruebas no destructivas, cálculos para determinar la presión máxima de operación y otras medidas adicionales de seguridad.
- VIII. Si no es posible poner fuera de servicio la tubería, deberá soldarse un aditamento de diseño y material adecuado con las dimensiones necesarias alrededor del tubo, cubriendo el daño o imperfección. La reparación podrá realizarse siempre que:
- ❖ No exista fuga por soldadura.
 - ❖ La operación de presión será reducida a un valor que produzca un esfuerzo inferior o igual al 20% de la resistencia especificada a la cedencia.
 - ❖ Esmerilando el área defectuosa, se pueda asegurar que por lo menos quede en el tubo soldadura sana con un espesor de 1/8 del pulgada.
- IX. Si una sección del ducto presentará una fuga debida a corrosión localizada, se puede reparar la fuga con una abrazadera diseñada especialmente para este caso, soldándola después de controlar la fuga. Si la fuga se debe a corrosión localizada en una tubería con 4000 lb/in² de resistencia mínima especificada a la cedencia o menor, la reparación puede efectuarse soldando sobre el área afectada una placa de acero.

4.5. Operación De Líneas De Transporte De Hidrocarburos

El petróleo sólo se podrá transportar cuando éste tenga como máximo 1% de agua, y 500 gr. de sal (500 ppm).

Cuando la tubería se opere con gas a centros de distribución para uso industrial o a usuarios de grandes volúmenes, el gas deberá transportarse con los siguientes requisitos: Libre de polvo, gomas o aceites contaminantes y de hidrocarburos que puedan llegar a licuarse a temperatura 10°C y a una presión de 56 Kg/cm. El contenido de agua no deberá ser mayor a 128 gr. Por cada metro cúbico de gas a 16.6°C y una atmósfera de presión. La cantidad de sulfuro de hidrógeno no deberá exceder de 20 miligramos por metro cúbico y el dióxido de carbono no deberá exceder del 1% (10000 ppm).

Las condiciones controladas en el transporte de los hidrocarburos líquidos incluye:

- ❖ Procedimientos documentados para definir la manera del transporte cuando la falta de instrucciones provoque efectos adversos en dicho proceso
- ❖ El uso de equipos para el proceso de transporte adecuados y un ambiente con iluminación y ventilación.
- ❖ Cumplimiento con las normas y códigos de referencia.
- ❖ Supervisión de parámetros de gasto y de presión del proceso de transporte.
- ❖ Criterios para la ejecución del trabajo que deben estar establecidos en los procedimientos del sistema de calidad.
- ❖ El mantenimiento del equipo de bombeo, la protección catódica de los ductos así como la inyección de inhibidores; son dos de las acciones que se realizan como medida para disminuir la corrosión en el interior de la tubería con lo que se asegura continuamente la capacidad del proceso.

A continuación se mostrará un diagrama de flujo del proceso de transporte por ductos:

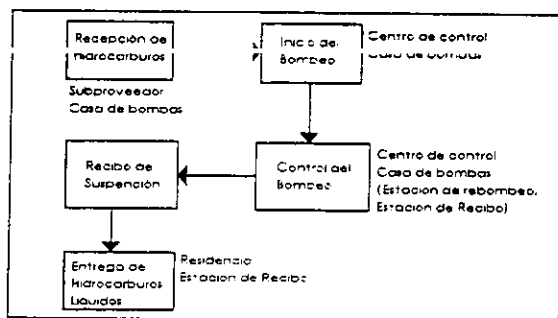


Figura 4.2 Diagrama de flujo del proceso de transporte

Como se puede ver en la figura 4.2 el proceso de transporte se divide en tres etapas:

« Inicio del bombeo

El ingeniero de turno del centro de control y/o Ingeniero Jefe del área de Ductos son los responsables de coordinar y dar las indicaciones de la hora de inicio de bombeo a los operadores de las casa de bombas.

Los operadores en casa de bombas (estación de rebombeo) son los responsables de mantener el equipo en condiciones adecuadas para reiniciar el bombeo, informándoles al ingeniero del centro de control y a los operadores de las estaciones de rebombeo.

Los operadores de casas de bombas dan inicio al rebombeo hasta alcanzar las condiciones indicadas en los manuales de operación.

« Control de bombeo

Los operadores de las casas de bombas, estación de recibo y el ingeniero en turno del centro de control monitorean y asientan los registros de condiciones operativas (los valores de presión y gasto).

« Suspensión del bombeo

El ingeniero en turno es responsable de coordinar e informar a los operadores de las casa de bombas y estación de recibo la suspensión del bombeo.

4.6. Limpieza De Un Ducto

Entre los dispositivos más utilizados en los programas de mantenimiento preventivo son los "diablos" conocidos así en el lenguaje de la industria petrolera.

"Corrida de diablos" es el nombre que se le da comúnmente a las labores para limpiar internamente la línea de depósitos provenientes de los hidrocarburos transportados a fin de mantener la capacidad de la línea.

"Los diablos" están equipados con delicados equpos electrónicos. También se cuenta con instalaciones especiales para esto dispositivos, tanto de envío como de recepción, llamadas trampas, que mediante un juego de válvulas permiten una operación segura tanto para las personas que operan estas instalaciones como para los dispositivos.

Existen tres tipos de diablos:

- I. *Diablo de limpieza.* Estos tipos de diablos utilizan cepillos de acero y cuchillas de uretano para eliminar depósitos duros adheridos. Las cuchillas de uretano se utilizan principalmente para remover "gomas" o depósitos sueltos que puedan venir en el flujo.

La operación de este tipo de diablo es de la manera siguiente:

Al desplazarse el diablo a través del ducto lo hace de tal manera que crea una turbulencia en el flujo que esta delante de el con lo que el material extraño que se encuentra en el ducto queda suspendido y al mismo tiempo que el diablo remueve los depósitos de material extraño este se desplaza llevando por delante el material removido.

- II. *Diablos de desplazamiento.* Cumplen la función de remover las obstrucciones de la línea por medio de múltiples copas.

- III. *Diablos instrumentados.* Se utiliza este tipo de diablo para la detección de la variación del espesor de los tubos causado por corrosión.

Un instrumento muy común es el instrumento "vetcolog" que consta de 3 componentes principales; una unidad de tracción constituida por la sección delantera, la unidad combinada magnetizante-transductora en la sección central y la unidad electrónica de amplificación y sistemas de registro en la parte posterior del equipo. A continuación se dará una breve descripción de cada sección

→ *Unidad de tracción.* En ella se encuentran las fuentes de poder requeridas para energizar el equipo instrumentado durante los recorrido. En esta parte del equipo también se localizan las copas que durante el recorrido forman una presión diferencial que propicia el movimiento del equipo a lo largo de la tubería.

→ *Unidad transductora.* La sección central contiene un número adecuado de zapatas que mantienen un estrecho contacto entre los sistemas sensores y la superficie interior de la tubería.

→ *Unidad de instrumentos.* La última sección del equipo aloja los sistemas electrónicos y los instrumentos registradores donde todas las señales son recibidas y almacenadas en cinta magnética, acopladas a la parte posterior de esta sección también se encuentra un juego de ruedas odométricas, para la medición de las distancias recorridas.

El detector electromagnético es la última mejora de la técnica de este tipo de dispositivos, permite detectar disminuciones en el espesor de pared a lo largo de la tubería en los 360° de cada sección transversal de la misma.

Esta información es muy importante en la planificación del mantenimiento preventivo de la línea. De acuerdo con los resultados obtenidos se deberán reparar tramos con anomalías para mantener la línea en óptimas condiciones.

El alcance del uso de los diablos instrumentados es el conocer el estado actual de la tubería y no solo detecta fallas provocadas por corrosión sino también:

- a) Daños mecánicos
- b) Arañazos, abolladuras y asperezas
- c) Deformaciones
- d) Defectos de laminación
- e) Burbujas de hidrógeno
- f) Imperfecciones tridimensionales. Existe equipo capaz de proporcionar también indicación de accesorios y aditamentos de la tubería que ayudan en un momento dado a correlacionar el registro con respecto a las estaciones de referencia localizadas a lo largo de la línea. Dependiendo de la cantidad de metal del accesorio y su proximidad a la pared del tubo entre dichas indicaciones normalmente se pueden encontrar las siguientes:

- 1. Juntas perimetrales
- 2. Válvulas
- 3. Conexiones "T"
- 4. Juntas de transición o cambio significativo en el espesor de la pared
- 5. Parches
- 6. Bidas
- 7. Soldaduras espirales
- 8. Indicadores de paso de diablos
- 9. Envolventes C
- 10. Dobles
- 11. Medidores de flujo
- 12. Agujeros maquinados
- 13. Juntas cortas
- 14. Sensores de temperatura
- 15. Anclaje
- 16. Bidas de anclaje

17. Venteos
18. Sensores de presión

La decisión de realizar una corrida de diablos se toma cuando se observa un abatimiento en el gasto manejado, que puede ser indicio de obstrucciones líquidos, polvos y otros materiales extraños. Otro motivo importante para realizar una corrida es cuando se presentan fugas de fluido a fin de determinar cuales son las causas de la operación anormal de la línea. De acuerdo con la información que se necesita se elige el tipo de equipo instrumentado que se va a utilizar pero también influye en la elección del equipo el diseño de las líneas de conducción.

4.7. Maniobras De Limpieza

4.7.1. Maniobras De Envío Del Diablo

- I. Seguridad.
- II. Listas de verificación.
- III. Conocer el producto.
- IV. Apagar todos los motores.
- V. Colocación del instrumento evitando dañar el anillo "O" de hule frente al barril de lanzamiento.
- VI. Inserción del instrumento. Se debe tener cuidado de que la copa frontal quede ajustada sólidamente contra la reducción del barril de lanzamiento.
- VII. Igualar presiones. El llenado del barril debe hacerse lentamente cuando se comienza a presurizar no hay presión delante del instrumento. El instrumento no debe ser forzado en la válvula de paso de la tubería.
- VIII. El barril de lanzamiento debe tener la misma presión de la tubería antes de abrir la válvula. Si la presión de la tubería es mayor que la del barril de lanzamiento al abrir la válvula el instrumento será lanzado hacia la tapa de la rampa y dañará los sensores y el odómetro.

4.7.2. Maniobras Que Se Llevan A Cabo En La Trampa De Envío

La trampa debe estar presurizada y llena de gas, las válvulas A, B y C (Figura 4.3) están abiertas. D está cerrada.

1. Cerrar las válvulas A y C.
2. Abrir la válvula D para ventear la trampa receptora a presión atmosférica.
3. Cuando la trampa este venteada y con la válvula D abierta abrir la tapa de la trampa e insertar el diablo hasta que la copa frontal haga ajuste firme en el reductor.
4. Cerrar y asegurar la trampa, purgar el aire de la trampa por la válvula D y lentamente abrir la válvula C. Cuando se complete la purga se cierra la válvula D para igualar presiones, entonces cierre C.
5. Abrir la válvula A y luego la válvula C.
6. Cerrar parcialmente la válvula B, esto forzará un aumento de flujo de gas a través de C y detrás del diablo. Continuar cerrando B hasta que el diablo salga de la trampa y entre en la corriente central. Cuando esto suceda abrir la válvula B y cerrar las válvulas C y A.

4.7.3. Maniobras Que Se Llevan A Cabo En La Trampa De Recibo

La trampa está vacía a presión atmosférica, las válvulas B, D y E (Figura 4.4) están abiertas, las válvulas A y C están cerradas, la puerta o la tapa está cerrada.

- I. Para purgar la trampa cerrar la válvula E y lentamente abrir C.
- II. Igualar la presión en la trampa cerrando la válvula D con la válvula C abierta.
- III. Una vez lograda la igualación de la presión con la válvula C abierta, abrir la válvula A. La trampa puede recibir el diablo.
- IV. El diablo puede detenerse entre A y la t(x) que se deben tomar las siguientes medidas:
 - ❑ Cerrar parcialmente la válvula B, esto forzará al diablo en la trampa debido al aumento de flujo en la válvula C.
 - ❑ Después de que el diablo haya entrado en la trampa abrir la válvula B y cerrar las válvulas A y C.
 - ❑ Abrir las válvulas D y E y ventear la trampa hasta lograr la presión atmosférica.

Después de ventear la trampa y drenar con las válvulas D y E abiertas, abrir la tapa de la trampa y recoger el diablo.

Cerrar y asegurar la tapa.

IV. Limpiar el instrumento con agua caliente.

4.7.4. Maniobras De Recuperación Del Diablo

I. Seguridad.

II. Ubicación y movimiento del instrumento. Si el instrumento no ha recorrido toda la trampa entonces la cápsula de grabación y el conjunto del odómetro pueden estar en la válvula de la tubería.

III. Para mover el instrumento lo que se hace es cerrar la válvula by pass. Otra forma es aumentar el flujo o presión de la tubería.

IV. Recogida del instrumento. Cuando el instrumento está en el patín de transporte, mover el instrumento fuera del área de recibo. No sacar la tapa de las cápsulas de grabación o de la batería hasta que la trampa haya sido cerrada.

V. Limpiar la cápsula de grabación antes de sacar la grabadora.

4.7.5. Habilitación De Las Trampas De Envío

Para hacer esto es necesario aislar las trampas de envío de la tubería de conducción cerrando las válvulas de acceso a la trampa, esto es con el fin de drenar y ventear la trampa para que no exista fluido en el interior de esta. Para asegurarse se abre la válvula de venteo y entonces se tendrá una presión igual a 0 y con esto esta lista la trampa para otra corrida.

En el caso de la trampa de recibo se tiene la trampa vacía a presión atmosférica y se llena con fluido para igualar a la presión de la tubería de conducción y así poder abrir la válvula de paso del diablo para su llegada. Cuando el diablo llega lo hace con desechos y basura que se mandan al quemador y cuando se termina esta fase se jala el diablo al interior de la trampa y estando en esta se aísla para tenerla a presión atmosférica y se abre la tapa para extraer el diablo. La trampa queda a presión atmosférica y vacía, lista para una próxima corrida. Se cierra la tapa y se asegura.

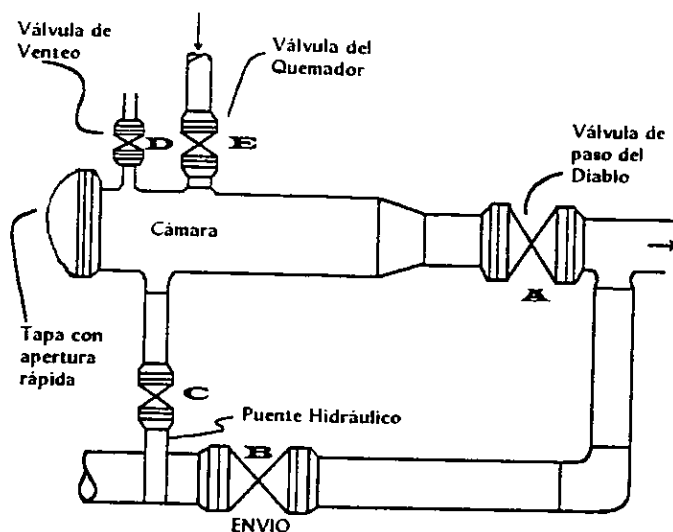


Figura 4.3

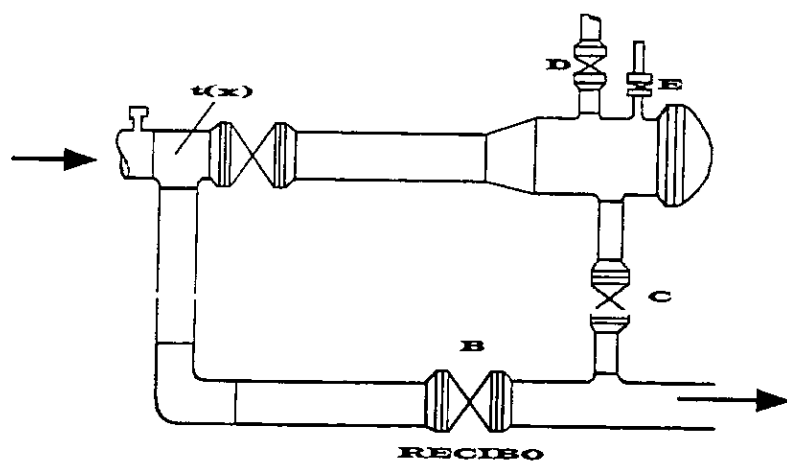


Figura 4.4

4.8. Control Del Proceso

4.8.1 Registros De Inspección Y Prueba

Se establecen y mantienen procedimientos documentados para controlar, calibrar y mantener los equipos de medición y prueba para demostrar que las medidas de presión y gasto, durante el proceso de transporte por Ductos, son conforme a las especificaciones.

El equipo de inspección y prueba se utiliza asegurando que la incertidumbre de la medición es conocida.

4.8.2. Procedimientos De Control De Inspección Y Prueba

Para lograr el objetivo que se mencionó en el apartado anterior es necesario que se designe a quien realizará las funciones para determinar las mediciones a efectuarse, la exactitud requerida y la selección del equipo apropiado para inspección, medición.

Identifica todo el equipo de inspección, medición y prueba que afecte el método para obtener el gasto y presión durante el proceso.

Define el proceso usado para la calibración del equipo de medición, inspección y prueba, su identificación única, su localización, frecuencia y método de verificación, criterios de aceptación y la acción a tomar cuando no son satisfactorios.

Durante la vida útil del sistema, se deben conservar registros de las pruebas realizadas después de la construcción, reparación y modificación. La dependencia deberá recibir copia de las pruebas como las siguientes:

- ❑ Dependencia responsable de la prueba y técnicos que las realizan y evalúan.
- ❑ Tipo y medio de prueba.
- ❑ Presiones de diseño, operación y prueba.
- ❑ Duración de la prueba, gráficas y otros registros.
- ❑ Variaciones en cada prueba y sus causas.
- ❑ Purgas y otras fallas con sus características y localización.
- ❑ Cantidad y tipo de las reparaciones realizadas.

Después de la construcción e inspección de una tubería, se correrán como mínimo 3 diábolos, con el fin de limpiar el interior de las líneas. Una vez que se termina la limpieza es necesario que se tomen las siguientes consideraciones:

- ❖ Terminada la corrida debe incrementarse la presión en la línea mediante el bombeo del fluido de prueba, hasta alcanzar la presión de prueba.
- ❖ No debe usarse aire como fluido de prueba.
- ❖ Después de alcanzar la presión de prueba debe seguirse el siguiente procedimiento:
 - a) Registro de variaciones de la presión durante una hora.
 - b) Abatimiento de la presión al 50%.
 - c) Incremento de la presión hasta su valor de prueba, que se mantendrá durante 24 horas.

Para la ejecución de la prueba hidrostática deben emplearse registros gráficos de presión y temperatura.

El plan de inspección puede observarse resumido en las figuras 4.5, 4.6 y 4.7

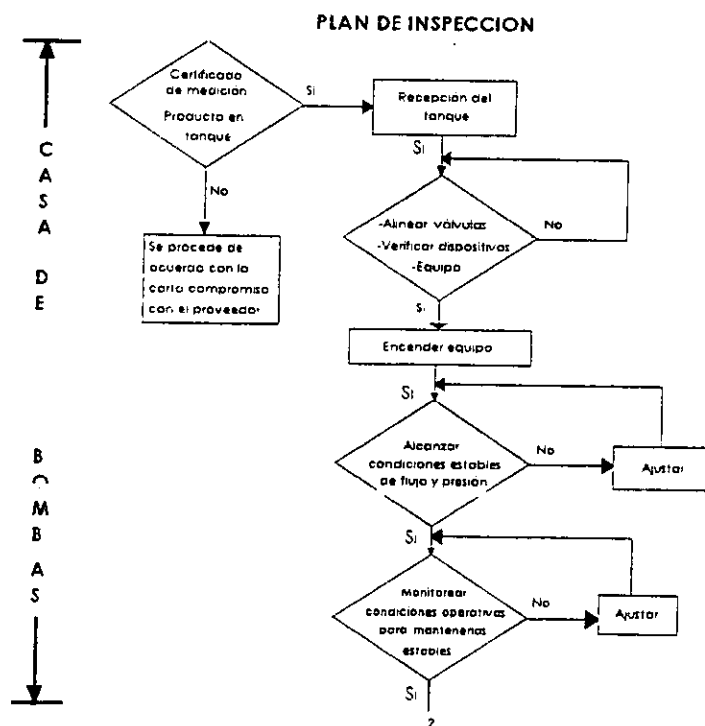


Figura 4. 5 Plan De Inspección

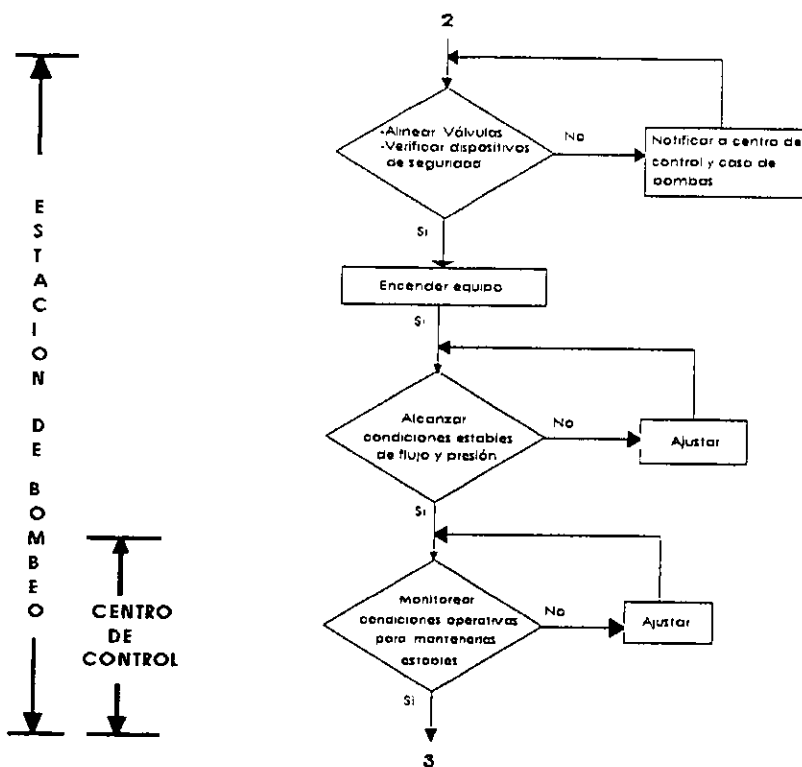


Figura 4.6 Plan De Inspección

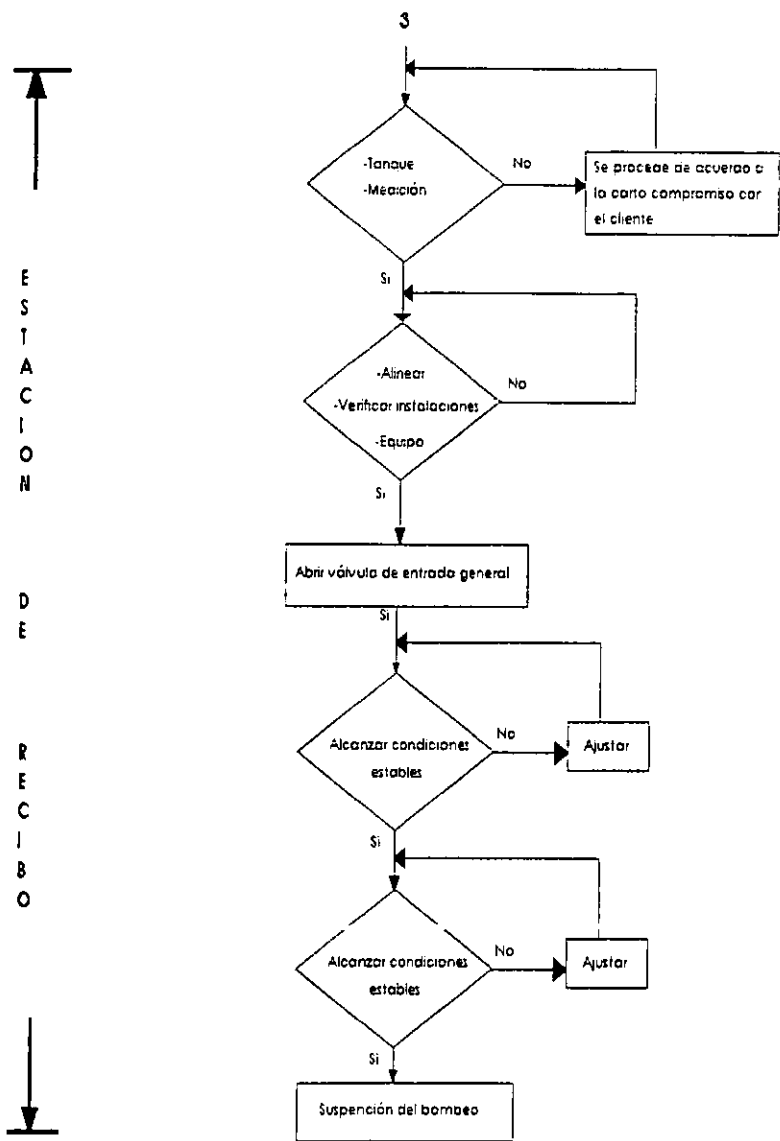


Figura 4. 7 Plan De Inspección

4.9. Características Físicas Y Químicas Del Fluido Transportado

El fluido ha transportar seleccionado para el caso práctico es la Gasolina Pemex Magna Z.F. Norte

PRUEBAS	UNIDADES	METODO/ASTM	ESPECIFICACIONES
Peso específico A 20/4°C		D-287	Reportar
El 10% destila a	°C	D-1298	70
El 50% destila a	°C		77-121
El 90% destila a	°C		190
Temperatura final de ebullición	°C		225
Residuo de destilación	%V		2
Relación líquido vapor		D2533	
Presión de vapor Reid	lb/pulg ²	D323	54
Azufre	%p	D-1266 o D-2622	
Prueba Doctor		D-235	Negativo
Azufre Mercaptánico	%p	D-3227	0.002 Máx
Corrosión al Cu, 3 Hrs, a 50 °C		D- 130	STD .1 Máx
Goma performada	mg/100ml	D-381	5 Máx
Periodo de inducción	Minutos	D-525	240 Mín
Conteo de plomo	g/gal	D-3267 o D-3116	0.01 Máx
Numero de Octano RON		D-2699	Reportar
Número de Octano MON		D-2700	82 Mín
Índice de Octano		D-2699 o D-2700	87 Mín
Conteo de fósforo	g/gal	D3231	0.004 Máx

TABLA 4.7 Características químicas de la gasolina Pemex Magna Zona Fronteriza Norte

4.10. Aplicación de Herramientas Estadísticas al Poliducto Guaymas-Hermosillo

La Gerencia Comercial Zona Norte solicitó a la Subgerencia de Ductos Norte el transporte, a través del Ducto Guaymas Hermosillo, de Gasolina Pemex Magna (Zona Fronteriza Norte) desde la estación de bombeo en Guaymas hasta la estación Hermosillo.

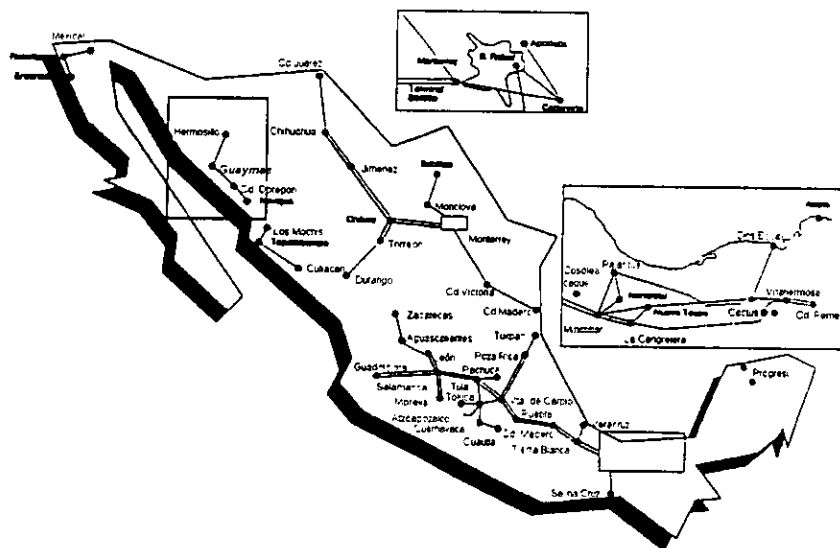


Figura 4.8

En el plan de bombeo solicitado por el cliente se acordó lo siguiente:

- La Gerencia Comercial recibirá de 1250 bls/hr a 1300 bls/hr en promedio del producto.
- En caso de observarse un gasto menor al mínimo especificado debe reportarse inmediatamente al Ingeniero de Turno Del Centro De Control y/o Ingeniero Jefe Del Área De Ductos.
- La duración del bombeo será de 24 horas, así el volumen total del lote transportado será de 31200 bls.
- Al comenzar a llegar el producto a las instalaciones del cliente en los primeros 20 minutos el producto que reciba será producto contaminado debido al contacto con los restos que quedan en la tubería del

producto transportado en el lote anterior, por lo que el cliente deberá realizar las maniobras pertinentes para el manejo y/o retrabajo del este producto no conforme.

- El inicio del bombeo del producto será el 9 de enero de 1998 a las 6:00 A.M. por lo que el cliente comenzará a recibir el producto en los tanques de almacenamiento a partir de las 6:30 A.M. quedando previamente establecido que el cliente se encargará de realizar las maniobras pertinentes para recibir el producto.

Después de 4 horas de iniciado el bombeo la Gerencia Comercial reportó lo siguiente:

Se recibió el producto en los tanques de almacenamiento a la hora establecida en el plan de bombeo y se registró el gasto 1 hora después de comenzar a recibir el producto teniendo una lectura de 1200 bls/hr.

Esta es una situación que exige se tomen acciones inmediatas ya que no se está cumpliendo con la Carta Compromiso establecida entre el proveedor (Ducto Guaymas Hermosillo) y el cliente (Gerencia Comercial).

El primer paso fue concentrarnos en las causas más probables para esto se hizo un Diagrama de Pareto de las causas más comunes que se han presentado durante el último año y que afectan directamente la continuidad en la operación del Poliducto.

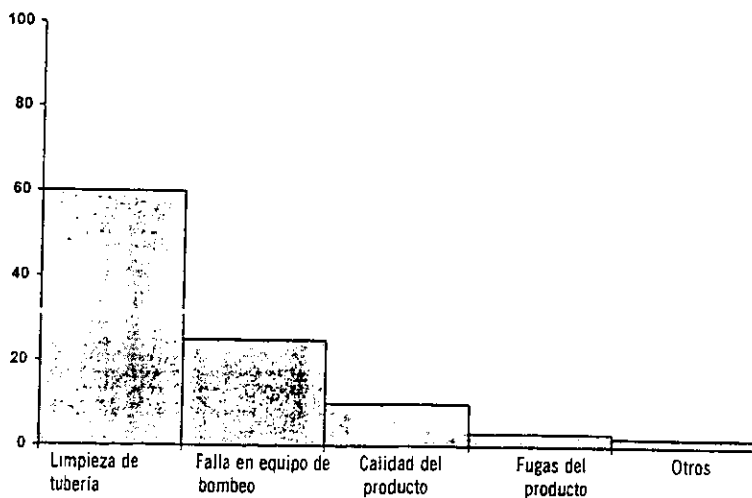


Figura 4.9

Como podemos ver en la figura 4.9. La causa más recurrente tiene que ver con la limpieza interior de la tubería es decir la presencia de material extraño, obstrucciones, gomas, sedimentos, etc. seguida de las fallas en el equipo dinámico habiendo una gran diferencia entre ambos porcentajes de recurrencia.

Con esto no podemos descartar que la causa pueda ser de otra índole que no se ha contemplado sin embargo dirigimos nuestros esfuerzos hacia la limpieza interior de la tubería y las fallas que pudiera presentar el equipo dinámico dejando las otras causas dentro de la categoría de causas improbables.

Para tener una mejor comprensión de la situación se hizo un histograma del gasto promedio de los lotes de productos transportados después de la última corrida de limpieza hasta este último lote transportado, esto es con la finalidad de tener un indicio de si el problema ya se había presentando y si es así desde cuando o se debe simplemente a una causa anormal.

Lote	Producto	Fecha	Especificaciones bls/hr	Gasto promedio bls/hr
180	Gasolina Pemex Magna	9 Nov.	1250-1300	1290
181	Gasolina Nova plus	10	1000-1050	1290
182	Diesel	11	1100-1150	1150
183	Gasolina Pemex Magna	12	1250-1300	1285
184	Gasolina Pemex Magna	13	1250-1300	1290
185	Diáfano	14	1100-1140	1124
186	Gasolina Pemex Magna	15	1250-1300	1290
187	Diesel	16	1100-1150	1150
188	Gasolina Nova plus	17	1000-1050	1045
189	Diáfano	18	1100-1140	1135
190	Gasolina Pemex Magna	19	1250-1300	1300
191	Gasolina Nova plus	20	1000-1050	1035
192	Diesel	21	1100-1150	1135
193	Diáfano	22	1100-1140	1120
194	Gasolina Nova plus	23	1000-1050	1015
195	Gasolina Pemex Magna	24	1250-1300	1300
196	Gasolina Pemex Magna	25	1250-1300	1300
197	Gasolina Nova plus	26	1000-1050	1020
198	Diesel	27	1100-1150	1125
199	Gasolina Pemex Magna	28	1250-1300	1285
200	Gasolina Nova plus	29	1000-1050	1125
201	Diesel	30	1100-1150	1120
202	Gasolina Nova plus	31	1000-1050	1035
203	Gasolina Pemex Magna	1 Dic.	1250-1300	1285
204	Gasolina Pemex Magna	2	1250-1300	1285
205	Gasolina Nova plus	3	1000-1050	1030
206	Diesel	4	1100-1150	1145

Lote	Producto	Fecha	Especificaciones bls/hr	Gasto promedio bls/hr
207	Gasolina Pemex Magna	5	1250-1300	1285
208	Gasolina Nova plus	6	1000-1050	1030
209	Gasolina Pemex Magna	7	1250-1300	1290
210	Gasolina Pemex Magna	8	1250-1300	1290
211	Gasolina Pemex Magna	9	1250-1300	1290
212	Gasolina Nova plus	10	1000-1050	1025
213	Gasolina Pemex Magna	11	1250-1300	1285
214	Diesel	12	1100-1150	1135
215	Diáfano	13	1100-1130	1115
216	Gasolina Nova plus	14	1000-1050	1130
217	Gasolina Nova plus	15	1000-1050	1130
218	Gasolina Pemex Magna	16	1250-1300	1290
219	Diesel	17	1100-1150	1130
220	Diesel	18	1100-1150	1125
221	Gasolina Pemex Magna	19	1250-1300	1285
223	Gasolina Nova plus	20	1000-1050	1015
224	Diesel	21	1100-1150	1120
225	Gasolina Pemex Magna	22	1250-1300	1270
226	Gasolina Pemex Magna	23	1250-1300	1270
227	Gasolina Pemex Magna	24	1250-1300	1270
228	Gasolina Nova plus	25	1000-1050	1015
229	Gasolina Pemex Magna	26	1250-1300	1285
230	Gasolina Nova plus	27	1000-1050	1015
231	Diesel	28	1100-1150	1115
232	Gasolina Nova plus	29	1000-1050	1115
233	Gasolina Pemex Magna	30	1250-1300	1285
234	Gasolina Nova plus	31	1000-1050	1010
1	Diesel	2 Ene.	1100-1150	1125
2	Gasolina Pemex Magna	3	1250-1300	1265
3	Gasolina Pemex Magna	4	1250-1300	1260
4	Diáfano	5	1100-1140	1110
5	Diesel	6	1100-1150	1105
6	Gasolina Pemex Magna	7	1250-1300	1255
7	Diáfano	8	1100-1140	1110
8	Gasolina Pemex Magna	9	1250-1300	1200

Tabla 4.8

Para facilitar el análisis solo se tomaron las lecturas correspondientes al bombeo de la Gasolina Pemex Magna (Zona Fronteriza Norte).

Cálculos para la tabla de frecuencias

$$n=26, R_{\max} = 1300, R_{\min} = 1200 \quad a=1$$

$$K = (R_{\max} - R_{\min})/a + 1 = 1300 - 1200 + 1 = 51$$

$$C' = (k/\sqrt{n})a = (151/\sqrt{26})1 = 10.1, C=30$$

$$C_{\min} = R_{\min} + a/2 = 1200 + 1/2 = 1200.5$$

Límite de clase	Valor medio	Conteo	Frecuencia	X	Fx	Fx ²
1200.5-1220.5	1210.5		1	-4	-4	16
1220.5-1240.5	1230.5		0	-3	0	0
1240.5-1260.5	1250.5		2	-2	-4	8
1260.5-1280.5	1270.5		4	-1	-4	4
1280.5-1300.5	1290.5		19	0	0	0
					-4	28

Tabla 4.9 Tabla de Frecuencias

Cálculos para la media y desviación estándar

$$X_0 = 1290.5$$

$$\bar{X} = X_0 + (\sum xf/n)C = 1290.5 + ((-4/26)*20) = 1287.5 \text{ (Media)}$$

$$S = 20.5 \text{ (Desviación estándar)}$$

Producto		Ducto Guaymas - Hermosillo		Fecha 8 Dic. 1997		
Gasolina Pemex Magna						
Especificación 1250-1300 bls/hr		Instrumento de Medición				
Método de Muestreo		Responsable			Aprobó	
Límite de clase	Valor medio	Conteo	1 F	2 X	3 Fx	4 Fx ²
1200.5-1220.5	1210.5	//	1	-4	-4	16
1220.5-1240.5	1230.5		0	-3	0	0
1240.5-1260.5	1250.5	//	2	-2	-4	8
1260.5-1280.5	1270.5	////	4	-1	4	4
1280.5-1300.5	1290.5	////// //////	19	0	0	0
Forma de la distribución Tipo pendiente		Observaciones	5 Σf = 26	6 Σfx = -4	7 Σfx ² = 28	
$\bar{X}$ M E D I A	$\frac{g}{\Sigma fx} = \frac{6}{5} = .15$	Desvia	$\frac{10}{\Sigma fx^2} = \frac{7}{5} = 1.07$		Fuera de especificación 7%	
	Intervalo de clase C 20		$\frac{11}{\Sigma fx^2} = \frac{8}{0.0225}$		Bajo Límite 7%	Sobre Límite
	g gC = - 3	Están	$\frac{12}{10 - 11} = 1.0475$		Dentro de Especificación 93%	
	VM Donde X= 0 1290.5		$\frac{13}{\sqrt{12}} = 1.023$			
	X= VM + g = 1287.5		$S = C * \frac{13}{20.5}$			

Figura 4.10 Formato de Histograma

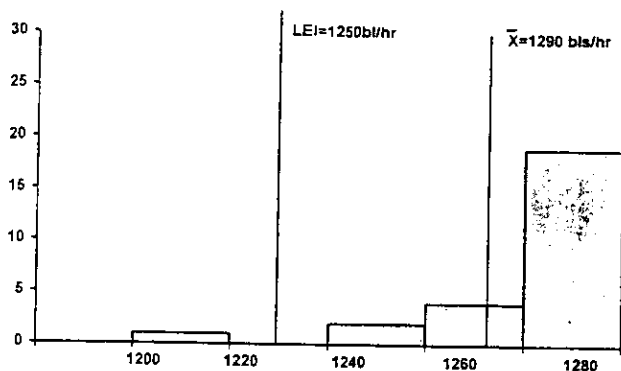


Figura 4.11

En el Histograma se puede observar que ya se había presentado una disminución en el gasto a consecuencia del estado interior de la tubería, pero hasta que se transportó el lote No 8 de Gasolina Pemex Magna se produjo una disminución súbita lo que hace pensar que la causa no radica directamente del problema del estado interior de la tubería, sino que es de otra índole.

El siguiente paso será recurrir al Diagrama de Ishikawa para tener una visión general de todas las posibles causas y a través de la técnica llamada Tormenta de Ideas determinar cuales podrían estar afectando la capacidad del ducto y posteriormente confirmarlas.

Diagrama De Ishikawa De Los Factores Que Afectan El Abastecimiento Del Producto

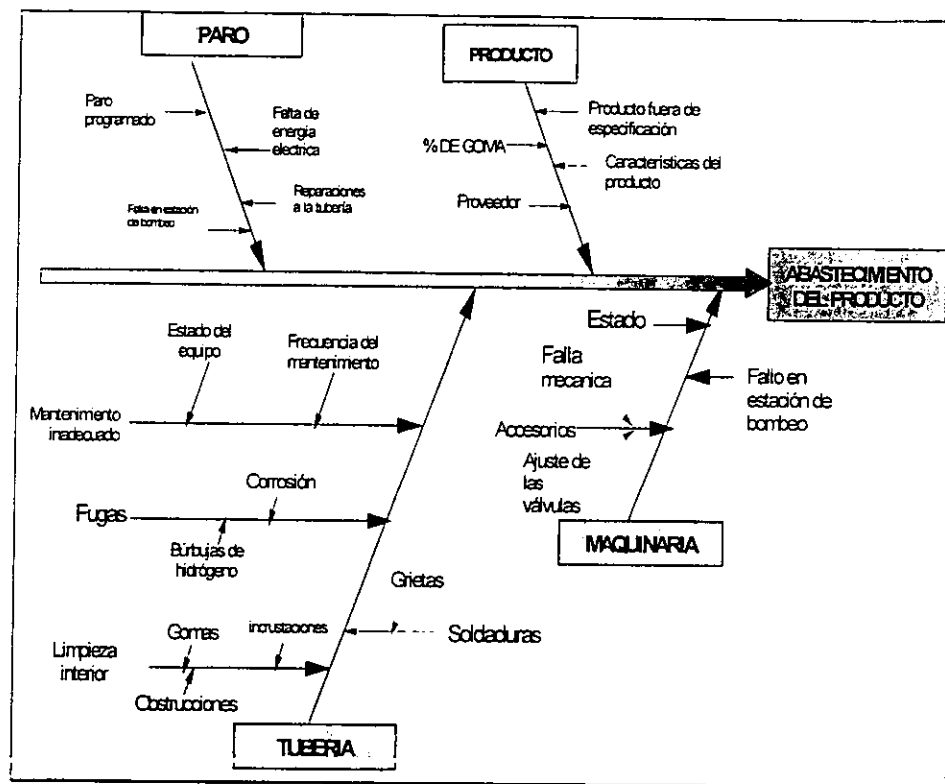


Figura 4.12

También se hizo un Diagrama de Ishikawa sobre las causas que pueden influir en la limpieza del ducto.

Diagrama De Ishikawa De Las Causas Que Afectan La Limpieza Del Ducto

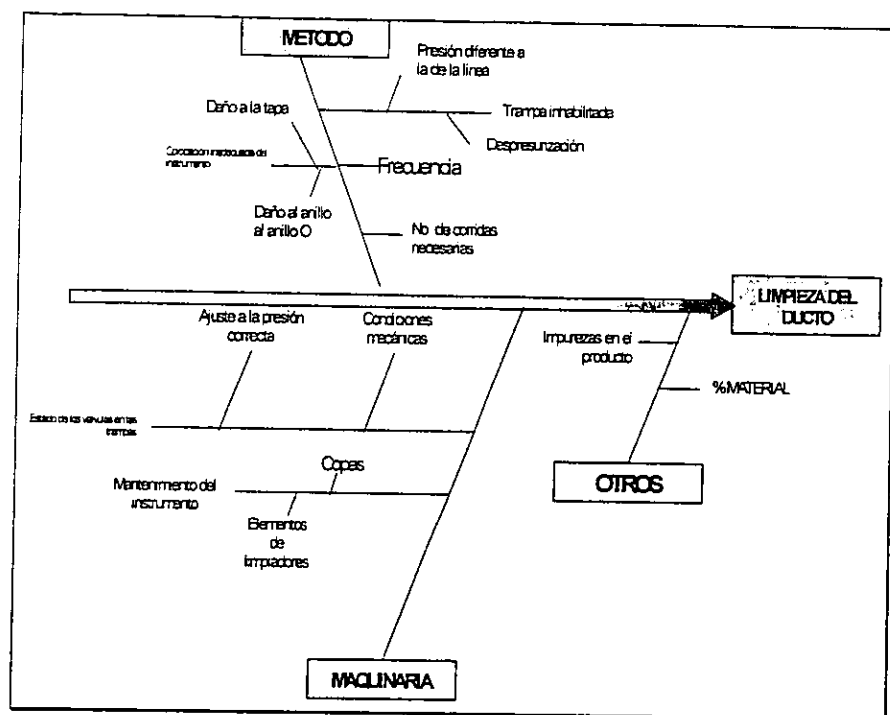


Figura 4.13

Después de discutir cuáles se consideran las causas principales que han originado esta situación (Figura 4.12 y Figura 4.13) se hizo una tabla en donde se registraron las causas y el método que se utilizó para confirmar que las causas seleccionadas efectivamente están afectando el proceso.

Causa	Método de confirmación	Encargado	Fecha	Comentarios
Obstrucciones y suciedad en el interior de la tubería	Corrida de diablos de limpieza			
Daño por corrosión	Revisión de cupones para checar la velocidad de corrosión			
Falla en equipo dinámico	Prueba hidrostática			
Material Extraño	Colocación de filtros al inicio de la línea			

Tabla 4.10 Tabla para confirmar causas

Causa No 1

Aunque desde un principio no se contempló a la limpieza interior del tubo como la causa principal que originó el problema y considerando que las corridas de limpieza se realizan cada tres o cuatro meses de acuerdo a los planes de mantenimiento y de bombeo se decidió programar una serie de corridas, aunque solo hayan pasado 64 días desde la última corrida de limpieza (Está se realizó el 5 de septiembre) se programó una corrida serie ya que como se vio en el Histograma (figura 4.11) ya se presentaba una disminución en el gasto manejado⁵.

Normalmente las corridas de limpieza se realizan cada 3 o 4 meses.

Para realizar las maniobras de limpieza y posteriormente la prueba hidrostática se tuvo que suspender el bombeo estableciéndose de antemano el compromiso con el cliente de reanudarlo inmediatamente después de terminadas las pruebas.

Causa No 2

La degradación de componentes metálicos por corrosión, representa uno de los gastos más fuertes para cualquier tipo de industria. El monitoreo y control de la corrosión representa tecnológicamente una de las formas de disminuir el problema y minimizar costos.

Una de las técnicas es el uso de testigos o cupones de corrosión. Estos cupones son sometidos a las mismas condiciones que la tubería en operación por lo cual al evaluar su estado se puede juzgar si se requieren pruebas mas minuciosas tales como la inspección de ultrasonido, partículas magnéticas, etc.

⁵ Las maniobras de limpieza de un ducto se explican en el apartado 4.8

Los cupones se colocan en lugares estratégicos, donde se considera que se presenta mayor ataque es decir zonas críticas, al inicio de la línea y en los entronques.

A continuación en la tabla 4.11 se presenta la evaluación de las velocidades de corrosión. Como se trata de un ducto de pequeña longitud solo cuenta con dos puestos de evaluación.

Diámetro	Ubicación del punto de evaluación	Fecha de instalación	Fecha de retiro	No. de cupón	MPA
12 pulg.	Estación Guaymas	2 Noviembre	9 Diciembre	1719	.05
12 pulg.	Estación Hermosillo	10 Noviembre	9 Diciembre	1720	.04

Tabla 4.11

De acuerdo con el apartado 4.11 en donde se especifican las características del producto este no debe provocar una corrosión mayor a .1 MPA por lo que se puede también descartar al daño por corrosión como una de las causas.

Causa No 3

La prueba hidrostática debe hacerse teniendo precaución y asegurándose de que el segmento de la línea que estará a prueba no se localice cerca de zonas habitadas.

Antes de iniciar la prueba debe ventearse el segmento a examinar.

Durante la prueba se incrementará la presión del fluido de manera constante, cuando esta última alcance aproximadamente el 70% de la presión especificada como presión prueba (1190 psi) el flujo debe ser controlado de tal manera que la variación en la presión sea mínima. La presión se registra a intervalos regulares.

La duración de la prueba es de 24 horas. Una vez pasado este tiempo la prueba se detiene y se procede a inspeccionar el estado del equipo principalmente en busca de fugas.

Causa No 4

Se colocaron filtros de 20 micras y posteriormente de 10 al inicio de la línea.

En la tabla 4.12 Se resumen los resultados de las pruebas y medidas tomadas para confirmar las causas.

Causa	Método de confirmación	Encargado	Fecha	Comentarios
Obstrucciones y suciedad en el interior de la tubería.	Corrida de diablos de limpieza.	Ing Raúl	8 diciembre	Esta medida exige que se lleve a cabo el registro del gasto para comprobar que este efectivamente ha aumentado. Un mes después de realizada la maniobras de limpieza no se observa una reducción significativa en el gasto manejado.
Daño por corrosión.	Revisión de cupones para checar la velocidad de corrosión.	Ing Manuel Ing. Químico Carlos	9 diciembre	La velocidad de corrosión que presentaron los cupones esta por debajo de la especificación máxima de .1 MPA.
Falla en equipo dinámico.	Prueba hidrostática.	Ing. Alfredo Ing. Carlos Felipe Toño	9 diciembre	La válvula de compuerta que permite el paso del fluido de los tanques de almacenamiento a la tubería de la línea presentó anomalías en su funcionamiento.
Material Extraño.	Colocación de filtros al inicio de la línea	Ing Carlos Personal de mantenimiento: Felipe Luis Toño	10 diciembre	Durante 2 meses de observación no hubo presencia de material extraño. Sin embargo si se observó una cierto grado de acumulación de goma preformada en la malla de los filtros.

Tabla 4.12 Resultados de las medidas tomadas para confirmar las causas que se seleccionaron mediante el Diagrama de Ishikawa (figura 4.12) y que afectan la capacidad del ducto.

De la tabla de confirmación de causas se puede observar que el problema se localizó en la válvula de compuerta misma que es representada en la Figura 4.14

Una revisión más exhaustiva de la válvula indicó que al parecer esta no abría correctamente lo cual impedía el libre flujo. La rosca del vástago de la válvula presentaba un desgaste muy grave impidiendo que el mecanismo que desplaza la compuerta pudiera hacerlo y en un momento dado la válvula ya no pudo abrirse correctamente. Motivo por el cual la válvula tuvo que desmontarse y sustituirse. Otra opción era volver a rectificar el roscado, sin embargo esto tomaba tiempo y era necesario volver a poner en operación la línea lo más pronto posible por lo que se optó por sustituir la válvula y posteriormente reparar la válvula defectuosa.

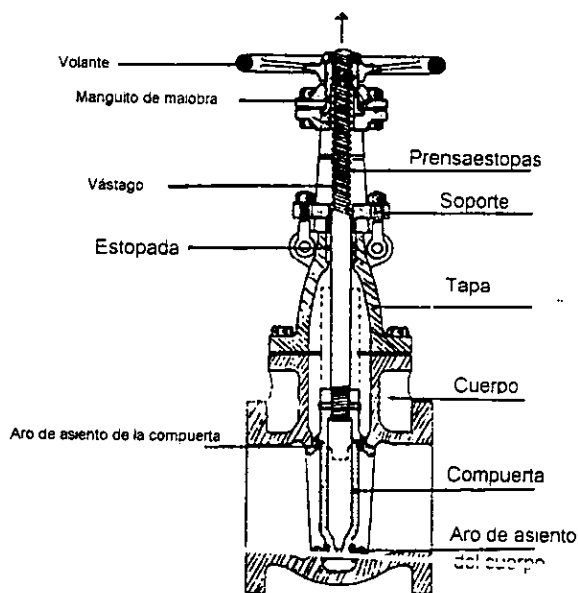


Figura 4.14 Esquema de una válvula de compuerta

Una vez encontrada la causa del problema y dado solución se recomienda tomar las siguientes medidas a fin de prevenir que se presente de nuevo esta situación:

- ❏ Se reporto al proveedor del ducto la anormal cantidad de goma preformada que ha estado presentando la Gasolina Pemex Magna a fin de que tenga un control mayor sobre esta característica del producto.
Se continuarán utilizando filtros para prevenir que la capacidad del ducto disminuya debido a los depósitos que puedan dejar los productos transportados.
- ❏ Se recomienda que se hagan los estudios pertinentes para disminuir el periodo de tiempo entre las corridas de limpieza de cada cuatro meses que se realizaba a cada 90 días o cada 100 días esto es en base a los datos registrados en la tabla 4.9. Donde se puede observar una disminución en el gasto antes de haber transcurrido 90 días.
- ❏ Se recomienda que se estudie la posibilidad de realizar una corrida de inspección a fin de asegurarse del adecuado estado de la línea, debemos recordar que aunque los cupones están situados en lugares estratégicos no son confiables al 100% pues no revelan con exactitud el estados de toda la línea.
- ❏ Programar otra prueba hidrostática a fin de asegurarse de que la válvula instalada esta en condiciones adecuadas de operación.
Considerando que esta prueba afecta los planes de bombeo previamente establecido se deben tomar las medidas necesarias para que no pase demasiado tiempo para realizar esta evaluación.
- ❏ Se recomienda considerar el historial del equipo crítico cuando se elaboren los planes de mantenimiento, ya que no considerarlos trae como consecuencia el problema que se presentó o similares.

Para confirmar el efecto de la mejora se registró el gasto promedio desde que se reanudaron las actividades en el ducto el 10 de enero.

#Lote	Producto	Fecha	Especificaciones bls/hr	Gasto promedio lBls/hr
9	Gasolina Pemex Magna	9 Ene.	1250-1300	1295
11	Diesel	10	1100-1150	1150
12	Gasolina Pemex Magna	11	1250-1300	1300
15	Diáfano	12	1100-1140	1135
16	Gasolina Pemex Magna	13	1250-1300	1300
17	Diesel	14	1100-1150	1145
18	Gasolina Nova plus	15	1000-1050	1045
19	Gasolina Pemex Magna	16	1250-1300	1295
20	Gasolina Pemex Magna	17	1250-1300	1295
21	Diáfano	18	1100-1140	1140
22	Gasolina Pemex Magna	19	1250-1300	1300
23	Diáfano	20	1100-1140	1135
24	Gasolina Pemex Magna	21	1250-1300	1300
25	Gasolina Nova plus	22	1000-1050	1045
26	Gasolina Pemex Magna	23	1250-1300	1290
27	Diesel	24	1100-1150	1145
28	Gasolina Pemex Magna	25	1250-1300	1300
29	Diáfano	26	1100-1140	1140
30	Gasolina Nova plus	27	1000-1050	1040
31	Diáfano	28	1100-1140	1130
32	Gasolina Pemex Magna	29	1250-1300	1299
33	Gasolina Pemex Magna	30	1250-1300	1298
34	Diáfano	31	1100-1140	1135
35	Gasolina Nova plus	1Feb.	1000-1050	1045
36	Gasolina Pemex Magna	2	1250-1300	1298
37	Gasolina Nova plus	3	1000-1050	1040
38	Diesel	4	1100-1150	1145
39	Gasolina Pemex Magna	5	1250-1300	1295
40	Gasolina Nova plus	6	1000-1050	1030
41	Diesel	7	1100-1150	1140
42	Gasolina Nova plus	8	1000-1050	1040
43	Gasolina Pemex Magna	9	1250-1300	1285
44	Gasolina Nova plus	10	1000-1050	1040
45	Diesel	11	1100-1150	1140
46	Gasolina Pemex Magna	12	1250-1300	1290
47	Gasolina Nova plus	13	1000-1050	1035
48	Gasolina Pemex Magna	14	1250-1300	1295

#Lote	Producto	Fecha	Especificaciones bls/hr	Gasto promedio Bls/hr
49	Diesel	15	1100-1150	1135
50	Gasolina Pemex Magna	16	1250-1300	1285
51	Gasolina Nova plus	17	1000-1050	1040
52	Gasolina Pemex Magna	18	1250-1300	1295
53	Diesel	19	1100-1150	1040
54	Diáfano	20	1100-1130	1120
55	Gasolina Pemex Magna	21	1250-1300	1285
56	Diesel	22	1100-1150	1140
57	Gasolina Nova plus	23	1000-1050	1045
58	Diáfano	26	1100-1140	1130
59	Gasolina Nova plus	27	1000-1050	1040
60	Diáfano	28	1100-1140	1130
61	Gasolina Pemex Magna	29	1250-1300	1285
61	Gasolina Pemex Magna	30	1250-1300	1290
63	Diáfano	31	1100-1140	1130
64	Gasolina Nova plus	1Feb.	1000-1050	1045
65	Gasolina Pemex Magna	2	1250-1300	1290
66	Gasolina Nova plus	3	1000-1050	1135
67	Diesel	4	1100-1150	1285
68	Gasolina Pemex Magna	5	1250-1300	1295
69	Gasolina Nova plus	6	1000-1050	1130
70	Diesel	7	1100-1150	1140
71	Gasolina Nova plus	8	1000-1050	1130

Tabla 4.13

Cálculos para la tabla de frecuencias

$$n=24, R_{\max} = 1300, R_{\min} = 1285 \quad a=1$$

$$K = (R_{\max} - R_{\min})/a + 1 = 1300 - 1285 + 1 = 16$$

$$C' = (k/\sqrt{n})a = (16/\sqrt{24})1 = 3.26, C=5$$

$$C_{\min} = R_{\min} + a/2 = 1285 + 1/2 = 1285.5$$

Límite de clase	Valor medio	Conteo	Frecuencia	X	Fx	Fx ²
1285.5-1290.5	1288		7	-2	-14	28
1290.5-1295.5	1293		6	-1	-6	6
1295.5-1300.5	1298		11	0	0	0
			24		-20	34

Tabla 4.14 Tabla de Frecuencias

Cálculos para la media y desviación estándar

$$X_0 = 1288$$

$$X = X_0 + (\sum x_i / n)C = 1288 + ((-20/24)*5) = 1298$$

$$\bar{X} = 1298$$

$$S = 4.40$$

Producto		Ducto Guaymas - Hermosillo		Fecha 9 feb 1998		
Gasolina Pemex Magna						
Especificación 1250-1300 bls/hr		Instrumento de Medición				
Método de Muestreo		Responsable		Aprobó		
Límite de clase	Valor medio	Conteo	¹ F	² X	³ Fx	⁴ Fx ²
1285.5-1290.5	1288	//// // ////	7	-2	-14	28
1290.5-1295.5	1293	//// //	6	-1	-6	6
1295.5-1300.5	1298	//// /	11	0	0	0
Forma de la distribución Tipo pendiente		Observaciones	⁵ Σf = 24	⁶ Σfx = -20		⁷ Σfx ² = 34
M E D I A	⁸ $\frac{\Sigma fx}{\Sigma f} = \frac{6}{5} = -.833$	Desvia ción	¹⁰ $\frac{\Sigma fx^2}{\Sigma f} = \frac{7}{5} = 1.47$	Fuera de especificación 0%		
	Intervalo de clase C 5		¹¹ $\frac{\Sigma fx^2}{\Sigma f} = \frac{7}{5} = .6938$	Bajo Límite 0%	Sobre Límite	
	⁹ g ^o C = -4.165	Están dar	¹² $\frac{10 \cdot 11}{12} = .7761$	Dentro de Especificación 100%		
	VM Donde X= 0 1298		¹³ $\sqrt{12} = .8809$			
	X= VM + g = 1294		¹⁴ S = C · $\frac{1}{g}$ = 4.40			

Figura 4.15

Ahora compararemos el Histograma de la figura 4.11 Con el Histograma de la Figura 4.16

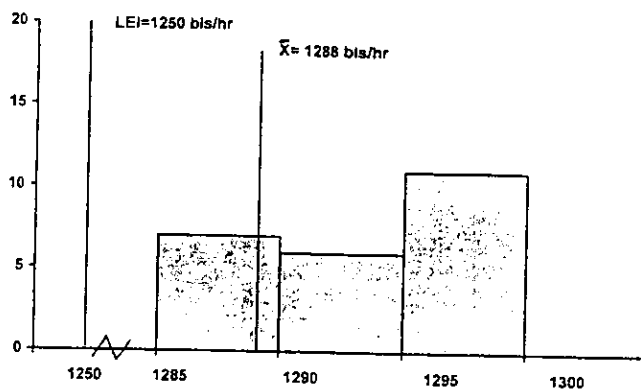


Figura 4.16

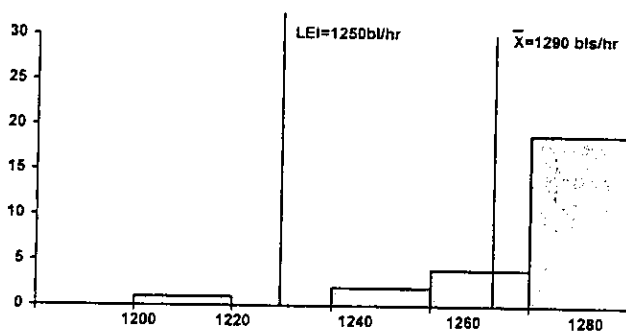


Figura 4.11

A dos meses de reiniciadas las actividades en el la línea no se ha presentado ningún cambio brusco en el gasto e incluso se presenta una ligera disminución pero como podemos observar muy inferior a la que meses antes se había presentado.

Como conclusión del caso diremos que se presentó una situación que exigía tomar acciones inmediatas y que debemos tener presente que se podían haber tomado una infinidad de acciones con el objetivo de darle solución pero nada podía asegurarnos que la decisión que se tomara sobre lo que se podía hacer era la más adecuada.

Muchos factores pesaban sobre la decisión que se debía tomar: El tiempo para poder volver a poner la línea en condiciones adecuadas de operación, el costo que implicaba el tomar la acción correctiva, el que la acción correctiva no resultara contraproducente, etc.

Con la ayuda de las herramientas estadísticas se mostró un método para que a partir de una colección de datos se pudiera de una manera clara y ordenada obtener la suficiente información que finalmente ayudó a tomar una decisión.



4.11. Presentación de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas"

La Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" se encuentra localizada dentro del municipio de Minatitlán, Veracruz. Cuenta con una superficie de 200 hectáreas que están ubicadas en la margen izquierda del río Coatzacoalcos. Durante varios años debido principalmente a los problemas inherentes a la expropiación y a situaciones externas, se detuvieron los planes de expansión; es hasta 1954 en que se alcanza el equilibrio, cuando comienza prácticamente la era moderna de la refinería, las antiguas instalaciones son desmanteladas y se inicia la construcción de nuevas unidades de proceso con mayor capacidad, utilizando todos los avances tecnológicos de su tiempo y acorde con la demanda nacional de energéticos.

La refinería tiene como objetivo principal elaborar productos a partir del petróleo crudo y líquidos del gas natural, tales como: gas licuado, gasolinas, kerosina, diesel, lubricantes industriales, solventes y aromáticos cuya producción sirve para satisfacer la demanda de su zona de influencia geográfica. Los excedentes se utilizan para mantener el equilibrio de la demanda nacional y parte de la exportación de productos elaborados; lo anterior ha propiciado el desarrollo de otras industrias como la petroquímica secundaria, fortaleciendo así la economía nacional.

En la actualidad, la organización de la refinería se encuentra dividida en dos áreas principales: La unidad de Evaluación y Programación y la Unidad de Producción; además de varias superintendencias, departamentos y unidades que dependen directamente de la Gerencia del centro de trabajo. Esta estructura es el resultado de una creciente reorganización que sintetiza los modernos criterios de administración y la experiencia de Pemex-Refinación.

La máxima autoridad de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" es el gerente, quien tiene como funciones primordiales coordinar y dirigir la producción de las plantas del centro de trabajo, así como las actividades complementarias de servicios, financieras y administrativas. La Gerencia depende directamente de la Subdirección de Producción de Pemex-Refinación.

La estructura de la refinería cuenta con los siguientes organismos:

1. Unidad de Evaluación y Programación.
2. Unidad de Producción.
3. Contratos.
4. Departamento de Servicios Generales y Administración Patrimonial.
5. Departamento de Vigilancia.
6. Superintendencia General de Servicios Técnicos.
7. Unidad de Recursos Financieros.
8. Superintendencia de Recursos Materiales
9. Unidad de Recursos Humanos

A continuación se muestra la localización geográfica de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" (Figura 4.17)



Figura 4.17 Localización Geográfica de la Refinería

4.11.1. Plantas Petroquímicas

En este sector se clasifican las instalaciones que elaboran los siguientes productos:

- benceno
- tolueno
- ortoxileno
- meta-paraxileno
- etilbenceno
- ciclohexano
- azufre
- heptano
- hexano
- aromina 100
- aromáticos pesados

* Plantas Reformadoras Catalíticas para aromáticos

- Reformadora BTX, con capacidad de 20000 B/D
- Reformadora de Nafta pesada, con capacidad de 12020 B/D
- Reformadora de Naftas, con capacidad de 20000 B/D

El propósito de estas plantas es procesar las naftas ligeras desulfuradas para obtener aromáticos. Las reacciones del proceso se llevan a cabo en presencia de un catalizador de platino-renio soportado en esferas de alúmina y en una atmósfera de hidrógeno.

Se obtiene como productos un reformado rico en aromáticos, gas licuado y una corriente de gas rica en hidrógeno.

* Planta Reformadora de Naftas-II

Esta planta puede operar con nafta completa para octano o con nafta ligera orientada hacia la producción de aromáticos. En 1993, se le adicionó un sistema de regeneración continua, lo que permite operarla durante todo el año. Asimismo, se modernizó el calentador y actualmente se fracciona el reformado para obtener una carga más ligera de UDEX.

* Planta de Extracción de Aromáticos (UDEX)

La capacidad de diseño de esta planta es de 14000 B/D. El reformado rico en aromáticos, obtenido en las plantas reformadoras, se transforma en extracto de aromáticos, el cual pasa a la sección de fraccionamiento.

* Planta de Fraccionamiento de Aromáticos

Esta planta fue diseñada para fraccionar 4600 B/D del extracto obtenido en la Planta UDEX, sin embargo, en la actualidad puede procesarse hasta 5200 B/D de extracto.

El proceso consiste en separar por destilación los componentes puros que contiene el extracto: benceno, tolueno, xilenos y aromáticos pesados, aprovechando sus diferencias en puntos de ebullición.

El benceno se obtiene en dos calidades: benceno industrial y benceno grado nitración, los cuales se usan para la fabricación de etilbenceno, nylon, hule sintético, insecticidas, detergentes, perfumes, etc. El tolueno es utilizado en la propia refinería como carga a la planta de Benceno. Otros usos de este producto son: los desinfectantes, explosivos (dinamita), colorantes, etc.

La mezcla de Xilenos se usa como carga a la Planta de Fraccionamiento de Isómeros de Xilenos de la propia refinería.

Los aromáticos pesados son empleados para la elaboración de gasolinas de alto octano.

* Planta de Fraccionamiento de Isómeros de Xileno

La planta fue diseñada para fraccionar 1290 B/D, sin embargo, en la actualidad puede procesar 1600 B/D de la mezcla de xilenos.

El proceso en esta planta consiste en la separación de los xilenos y etilbenceno; se caracteriza muy especialmente por ser un superfraccionamiento y por requerir condiciones de operación estrictamente controladas, debido a que los puntos de ebullición de los productos a obtener son muy cercanos y la calidad de los mismos muy alta.

En esta planta se obtienen:

Orto-xileno: se usa en la elaboración de fibras poliéster para ropa, pinturas, barnices, repelentes, insecticidas, etc.

Meta-paraxileno: sirve como carga a la planta de Xilenos en Cosoleacaque.

Etilbenceno: el cual se usa como carga a las plantas de estireno.

* Planta Fraccionadora de Solventes

La capacidad de la planta es de 6000 B/D. El uso de esta planta es versátil. Actualmente se utiliza para la elaboración de hexano, el cual a su vez es utilizado como solvente en la extracción de aceites vegetales, calibración de termómetros de baja temperatura, reacciones de polimerización, diluyente de pinturas, desnaturalización de alcohol, etc.

*** Planta de Benceno (HYDEAL)**

La capacidad de proceso de esta planta es de 1992 B/D de tolueno como carga. Tiene como objetivo proporcionar el benceno de alta pureza, utilizado como carga en las Plantas de Ciclohexano y Etilbenceno de la propia refinería. La reacción que se lleva a cabo es fuertemente exotérmica motivo por el cual es controlada estrictamente.

Cabe mencionar que los productos de la reacción se separan por destilación.

*** Planta de Ciclohexano (HYDRAR)**

La planta tiene una capacidad de 2596 B/D de ciclohexano, cuyo uso principal es la fabricación de caprolactama para fibras sintéticas. También se utiliza para elaborar negro de humo.

El proceso de esta planta es catalítico y se lleva a cabo en dos etapas: en la primera, el benceno producido en la planta HYDEAL se mezcla con hidrógeno en un reactor de lecho fluido, en presencia de un catalizador de Ni-Raney, teniendo sumo cuidado en el control por lo exotérmico de la reacción. En la segunda etapa, los productos de la primera reacción pasan a un reactor de lecho fijo, en donde el benceno no convertido se transforma a la sección de fraccionamiento, en donde se obtiene el ciclohexano con 99.8% de pureza.

*** Planta de Etilbenceno (ALKAR)**

La capacidad actual de esta planta es de 330 B/D de producción de etilbenceno, y tiene como objetivo proporcionar parte del etilbenceno, requerido como carga, a la planta de Estireno, localizada en la refinería de ciudad Madero.

*** Planta Recuperadora de Azufre**

Esta planta está diseñada para obtener 80 ton/día de azufre, y tiene como finalidad recuperar el azufre de las corrientes amargas del sistema de la refinería, disminuyendo la contaminación ambiental.

La propiedad exotérmica de la reacción se aprovecha para generar vapor en la sección de vaporización del horno de reacción.

Los productos finales de la refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" son:

1. *gas licuado*
2. *propileno*
3. *butilenos*
4. *isobutano*
5. *hexano*
6. *heptano*
7. *aromina 100*
8. *gasolinas (Nova y Magna sin)*
9. *benceno*
10. *tolueno*
11. *ciclohexano*
12. *etilbenceno*
13. *metaparaxileno*
14. *ortoxileno*
15. *gas*
16. *nafta*
17. *turbosina*
18. *kerosina*
19. *diesel sin y desulfurado*
20. *lubricantes industriales y combustóleo.*

4.11.2. Manual de Calidad de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas"

* ISO 9002, APARTADO 4.1

RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN

La Gerencia de la refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" en su búsqueda por la excelencia y consciente de las exigencias del mundo actual, ha decidido apoyar el desarrollo y la implantación de un sistema de Aseguramiento de Calidad de acuerdo con la norma ISO-9002, con la finalidad de que sus procesos, productos y servicios satisfagan a sus clientes, optimizando el uso de los recursos que la nación les ha confiado dentro de un ámbito de productividad, rentabilidad y mejoramiento continuo.

Es responsabilidad de la Gerencia proporcionar recursos y personal para la verificación e inspección para soportar la implantación del sistema de Aseguramiento de Calidad.

La Gerencia o su representante revisa y evalúa anualmente el sistema de Aseguramiento de Calidad implantado.

TABLA 4.15 MATRIZ DE RESPONSABILIDADES DEL SISTEMA DE CALIDAD SEGÚN ISO-9002-94

CRITERIOS DE ISO 9002-94	GERENTE	TOTAL PRODUCCION	TOTAL PROGRAMACION	TOTAL PLANEAR	TOTAL SST	TOTAL REC. HUMANOS	TOTAL R. MATERIALES	TOTAL SCAP	REP. DEL GERENTE	TOTAL OPC	TOTAL SEGURIDAD Y CL.
4.1 RESP. DE LA GERENCIA	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
4.2 SISTEMA DE CALIDAD	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I
4.3 REVISIONES DEL CONTROL	I	I	R	I	I	NA	I	I	I	I	I
4.4 CONTROL DEL DISEÑO			A R			A P L I C A					
4.5 CONTROL DE DOCUMENTOS	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I
4.6 COMPRAS	I	R	I	I	NA	NA	R	NA	I	I	I
4.7 PRECIO AL POR EL CLIENTE			A R			A P L I C A					
4.8 RESEY. Y RAST. DEL PROC.	I	R	I	I	NA	I	I	NA	I	I	I
4.9 CONTROL DEL PROCESO	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I
4.10 COMPRAS Y PROVEED.	I	R	I	I	NA	I	I	NA	I	I	I
4.11 EQUIPO DE INSP. MED. Y PREC.	I	R	I	I	I	I	I	NA	I	I	I
4.12 ESTADO DE INSP. Y PREC.	I	R	I	I	NA	NA	NA	NA	I	I	I
4.13 CONTROL DE PREC. AL PORFOR.	I	R	I	I	NA	I	I	NA	I	I	I
4.14 ACTIVOS PRODUCTIVAS	I	I	I	I	I	I	I	NA	I	I	I
4.15 MANEJO ALMACEN Y ENTREGA	I	R	I	I	NA	I	I	I	I	I	I
4.16 REGISTROS DE CALIDAD	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I
4.17 AUD. SISTEMAS DE CALIDAD	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I
4.18 CAPACITACION Y DESAR.	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I
4.19 SEGURIDAD	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I
4.20 PLANES DE EMERGENCIAS	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I

R=RESPONSABLE

I=INTERACCIONA

NA=NO APLICA

*** ISO 9002, APARTADO 4.2**

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Siguiendo los lineamientos de la Gerencia de la refinería, la implantación del sistema de calidad esta basado en la Norma Oficial Mexicana NMX-CC-4, equivalente al ISO-9002.

La implantación del sistema de aseguramiento de calidad, de acuerdo a la norma ISO-9002, se aplica en esta refinería por cada planta, desarrollando los procedimientos que afecten la calidad de los productos elaborados en cada una de ellas.

En los departamentos de apoyo y administrativos, se buscara la implantación del Sistema de Calidad y la aprobación interna.

Los responsables del Consejo, Comités y Subcomités de Calidad deben asegurar la difusión, implantación y aplicación en su área de responsabilidad de los documentos que constituyen en el sistema de Aseguramiento de Calidad.

Alcance: El sistema de Aseguramiento de Calidad implantado en la refinería abarca: 32 plantas de producción, un sector de bombeo y almacenamiento para manejo de carga y 26 productos; 2 sectores de servicios para proporcionar energía eléctrica, vapor, agua y aire; 14 talleres para el mantenimiento.

Consejo de Calidad

El consejo de calidad formado por los ejecutivos de la alta dirección, será responsable de tomar las decisiones al inicio del desarrollo e implantación del sistema de calidad, este consejo deberá conocer, analizar y aceptar, o en su defecto, modificar los planteamientos que sobre el aseguramiento de calidad le presenten los comités y subcomités.

Funciones y responsabilidades

Presidente: El gerente de la refinería es responsable de tomar las medidas necesarias para asegurar que la política de calidad sea entendida, implantada y mantenida adecuadamente.

Vocales: Los jefes de unidad, superintendentes y jefes de departamento formaran los comités y subcomités de calidad que sean necesarios y serán los responsables de desarrollar e implantar en su área de acción el sistema de aseguramiento de calidad y los manuales de calidad y de procedimientos, debiendo quedar registrados por el consejo de calidad.

Comités de Calidad

Los nueve comités de calidad que se encuentran funcionando en la refinería, son presididos por los vocales del consejo de calidad y los complementan el personal que depende directamente de ellos.

Responsabilidades: Supervisar la elaboración de los procedimientos que tienen influencia en la calidad del producto.

Supervisar la elaboración del programa para sensibilizar a todo el personal de su área de influencia con respecto a la calidad.

Preparar auditores internos para efectuar auditorías de calidad en sus departamentos, tomando en cuenta que el auditor debe ser independiente del área auditada.

Llevar seguimiento y dar apoyo a los grupos de trabajo y círculos de calidad. Nombrar al secretario técnico del comité el cual debe elaborar minutas de acuerdos de trabajo y reportar al secretario técnico del consejo todo lo relacionado con el sistema de aseguramiento de calidad.

Subcomités de Calidad

En la refinería se encuentran funcionando subcomités de calidad que son presididos por los vocales de los comités de calidad y los complementan el personal que depende directamente de ellos como vocales; se cuenta con los grupos de trabajo y círculos de calidad de todos los departamentos de la refinería. El registro de estos subcomités es controlado por el secretario técnico del consejo de calidad.

Responsabilidades: Formar grupos de trabajo para la implantación del sistema de aseguramiento de calidad. Participar en la elaboración de los procedimientos relacionados con la calidad del producto. Llevar a cabo los programas de sensibilizar al personal con respecto a la calidad.

Dar apoyo total para poder auditar el sistema de aseguramiento de calidad e implementar las acciones correctivas resultantes.

Nombrar al secretario técnico del subcomité, el cual debe elaborar minutas de los acuerdos de trabajo y reportar al secretario técnico del comité todo lo relacionado con el sistema de aseguramiento de calidad.

*** ISO 9002, APARTADO 4.3 REVISION DEL CONTRATO**

Existe una carta compromiso la cual contiene los siguientes puntos:

- Se identifican los requisitos de calidad solicitados por los clientes.

- Se define el detalle y se acuerdan los requisitos de cada cliente, cuidando que sean compatibles con las especificaciones establecidas.
- Se aclaran las diferencias entre los requisitos del cliente y las especificaciones de los productos.
- Se cuenta con los procedimientos necesarios para el manejo y revisión del contrato.
- La revisión del contrato es responsabilidad del departamento de informática industrial, que depende de la unidad de programación y evaluación que elabora los contratos y/o minutas protocolizadas, anotando los requisitos del proveedor y cliente.

*** ISO 9002, APARTADO 4.4 CONTROL DEL DISEÑO**

No aplica

*** ISO 9002, APARTADO 4.5 CONTROL DE DOCUMENTOS**

Se cuenta con los procedimientos para la organización, archivo, revisión y cambios, así como para la autorización y destrucción de documentos.

Para este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es el representante del gerente.

*** ISO 9002, APARTADO 4.6 COMPRAS**

- Evaluación de Subcontratista: En el caso de la refinería se toma en cuenta a los proveedores de materia prima y catalizadores, en ambos se audita su sistema de calidad y se toma en cuenta los resultados de otras auditorías realizadas por compañías similares a esta.
- Datos sobre compras: El documento de solicitud de compra debe contener los datos que describan claramente el producto solicitado, clase, tipo, modelo, grado o cualquier otra identificación, especificaciones mínimas, requisitos del proceso, así como las instrucciones de inspección.
- Clasificación de proveedores: Los principales rubros a considerar son; razón social de la compañía, su antigüedad como suministradores específicos, reconocimientos o constancias de otros clientes, considerando los mas importantes sistemas de calidad y los resultados más relevantes; se especificarán pruebas e inspecciones.

* **ISO 9002, APARTADO 4.7**
PRODUCTO SUMINISTRADO POR EL COMPRADOR

No aplica

* **ISO 9002, APARTADO 4.8**
IDENTIFICACION Y RASTREABILIDAD DEL PRODUCTO

Para este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Producción.

* **ISO 9002, APARTADO 4.9**
CONTROL DE LOS PROCESOS

El control de proceso y de como realizar la elaboración de los productos será de acuerdo al manual de operación de la planta de que se trate.

* **ISO 9002, APARTADO 4.10**
INSPECCIÓN Y PRUEBAS

Para este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Producción.

Las inspecciones y pruebas se realizarán de acuerdo a los procedimientos documentados para asegurar que el producto cumpla con requisitos especificados.

* **ISO 9002, APARTADO 4.11**
EQUIPO DE INSPECCIÓN , MEDICIÓN Y PRUEBAS

Para demostrar la conformidad que presentan los productos que se elaboran en esta refinería, se cuenta con lo siguiente:

- Censo de equipo para inspección, medición y prueba: El equipo de inspección es el usado en los laboratorios de control para muestras líquidas o gaseosas. Los equipos de medición son los medidores de flujo y básculas. Los equipos de prueba son aquellos donde se puede simular el comportamiento final de los productos.

- Programa de calibración y mantenimiento con procedimientos para cada equipo seleccionado, considerado crítico.
- Censo de equipo patrón de calibración con programa de certificación; la certificación del equipo patrón será realizada por la compañía externa que tenga vigente permiso expedido por la dirección general de normas. Para este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Producción.

*** ISO 9002, APARTADO 4.12**
ESTADO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS

- En caso de que el cliente así lo requiera y se establezca en el contrato, se recurrirá a un laboratorio acreditado para la inspección final, considerando especificaciones, volumen y peso entregado.
- Los registros contarán con la identificación de quien los apruebe, con lo anterior, se asegura la rastreabilidad de la unidad que realizó los registros.

*** ISO 9002, APARTADO 4.13**
CONTROL DE PRODUCTO NO CONFORME

- Se generan procedimientos para el control de productos no-conformes; estos especifican la decisión a tomar en caso de presentarse el producto No-conforme, así como el tratamiento que se debe dar al producto.
- Negociar con el cliente su aceptación de acuerdo con el clausulado del contrato por concesión o rechazo, documentando la decisión tomada.
- La mezcla de un producto No-conforme con otro producto conforme, se realiza bajo procedimientos de acuerdo, a requisitos especificados que satisfagan los requerimientos.

En este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Producción.

* ISO 9002, APARTADO 4.14 ACCIONES CORRECTIVAS

Se cuenta con procedimientos para:

- Investigar las causas de las no-conformidades y las medidas que deben tomarse para disminuir su repetición.
- Analizar todos los procesos, operaciones, autorizaciones, registros de calidad, informe de inconformidades de clientes, con el fin de detectar y reducir las no-conformidades.
- Iniciar las medidas preventivas y mantener controles para tener la seguridad de que se llevan a cabo las acciones correctivas.
- Tener identificados planes de emergencia así como el personal con la responsabilidad y la autoridad para actuar en aquellos casos en donde se involucran productos de entrega ininterrumpida.
- Hacer cambios en los procedimientos de acuerdo a las acciones correctivas, si es necesario.

En este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Programación y Evaluación.

* ISO 9002, APARTADO 4.15 MANEJO, ALMACENAMIENTO, EMBALAJE Y ENTREGA

En este punto de la norma se contempla lo siguiente:

- Almacenamiento de productos
- Manejo de producto final: Se consideran las diferentes actividades durante el manejo de los productos, personas responsables, con quien tienen que consultar o reportar en caso de problemas.
- Entrega del producto final
- Prevención del deterioro de materiales: Se establecen instrucciones para evitar deterioro o contaminación de materiales en proceso, almacenaje, transporte y entrega al cliente.
- Recepción, almacenamiento y manejo de productos: Se indica como y en que condiciones se recibirá el producto, como se almacena, tiempo de almacenamiento y condiciones, características especiales, seguridad, higiene, explosividad y toxicidad.

En este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Producción.

*** ISO 9002, APARTADO 4.16 REGISTROS DE CALIDAD**

Para este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es el Representante del Gerente.

Los registros de calidad deben de ser mantenidos para demostrar los logros del sistema. Todos los registros de calidad deben ser almacenados en un ambiente adecuado para minimizar el deterioro y su pérdida, deben mantenerse por un tiempo definido entre el cliente y proveedor, de acuerdo con lo establecido en el contrato.

*** ISO 9002, APARTADO 4.17 AUDITORIAS INTERNAS DE CALIDAD**

- Se efectúan auditorías internas programadas para verificar que las actividades relativas a la calidad cumplan las disposiciones definidas y para evaluar la efectividad del sistema.
- Las auditorías y las acciones correctivas deben desarrollarse siguiendo procedimientos escritos.
- Los resultados de las auditorías, se documentan y se envían al responsable del área auditada, a fin de implementar las acciones correctivas y comprobar su efectividad.

Para este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es el Representante del Gerente.

*** ISO 9002, APARTADO 4.18 ENTRENAMIENTO**

- Se cuentan con procedimientos para el entrenamiento del personal que realiza actividades que afectan a la calidad, por otro lado, también queda aclarado en el procedimiento la capacitación del personal que opera, calibra y da mantenimiento de equipo considerado crítico, así como el tipo de entrenamiento que recibirá el personal que cubrirá los puestos por ausencia, en el mismo procedimiento se especifica educación, grado escolar y/o profesión.
- Se conservan actualizados los registros de entrenamiento interno y externo del personal involucrado en las actividades que afectan a la calidad.

En este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Recursos Humanos.

*** ISO 9002, APARTADO 4.19**
SERVICIO

El proveedor debe establecer y mantener procedimientos para proporcionar los servicios al cliente y verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos.

El responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Programación.

*** ISO 9002, APARTADO 4.20**
TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Se establecen técnicas estadísticas para identificar la aceptabilidad, la capacidad del proceso y las características del producto.

Todo lo anterior se realiza de acuerdo a un procedimiento.

En este punto de la norma el responsable de la elaboración y aplicación de los procedimientos es la Unidad de Programación y Evaluación.

4.12. Planta de Producción de Ciclohexano (Proceso HYDRAR)

4.12.1. ¿Qué es Ciclohexano ?

El ciclohexano es un líquido incoloro de olor picante con una densidad relativa de 0.779 (20/4 °C). Sus límites de explosividad son de 1.3 a 8.4% en volumen de aire y se transporta en carrotanques y autotanques. El ciclohexano se produce comercialmente por la hidrogenación del benceno de acuerdo a la siguiente reacción (Figura 4.18)

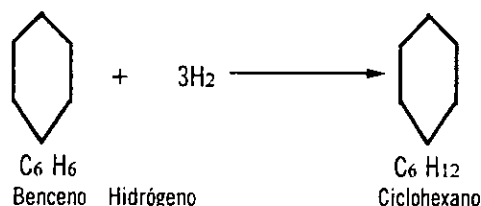


Figura 4.18

La materia prima utilizada en la producción de ciclohexano es el benceno, el cual un 77% proviene de la planta HYDEAL ubicada en la misma refinería, mientras que el resto corresponde a trasposos por barco provenientes de La Cangrejera, Ver.

El proceso comienza con la alimentación del benceno y del hidrógeno al reactor principal, cuyo sistema de catálisis es de lecho fluidizado, manteniendo en suspensión un catalizador a base de níquel. En dicho reactor se lleva a cabo casi en su totalidad la hidrogenación, sin embargo, es necesario pasar los efluentes a un segundo reactor (en este caso de lecho fijo) llamado de acabado.

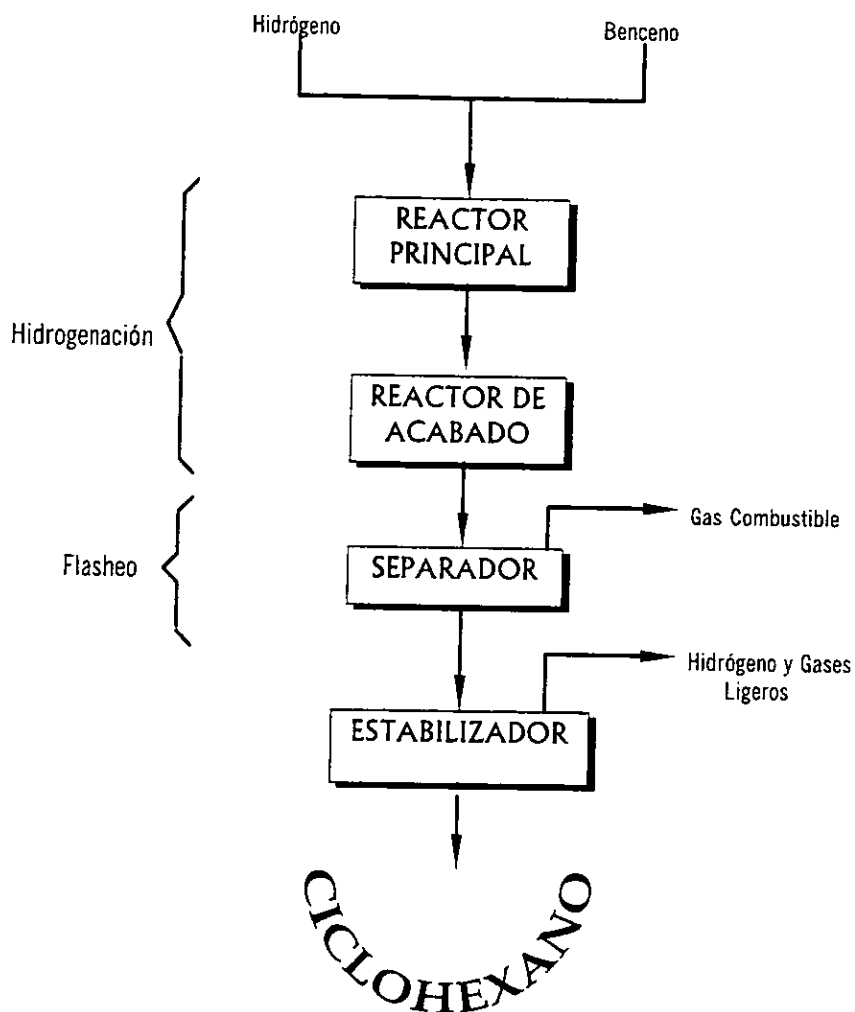
Los productos formados en este último reactor se pasan a un separador, donde por medio de una súbita reducción de presión se logra separar de la corriente principal una mezcla de gases combustibles; a esta operación se le denomina Flasheo.

Finalmente, la corriente proveniente del separador se manda a un estabilizador donde a su vez son separados del ciclohexano una mezcla de gases ligeros e hidrógeno.

Los rendimientos promedios de la reacción son del 99% y la pureza del ciclohexano obtenido depende de la calidad del benceno alimentado.

El siguiente diagrama (Figura 4.19) muestra las principales secciones de éste proceso:

Figura 4.19 Obtención De Ciclohexano



4.12.1.1. ¿En Que Consiste El Proceso De Hidrogenación Catalítica Total?

El objetivo de la hidrogenación catalítica total es el arreglo o reformación de la estructura molecular de ciertos carbohidratos por medio de la adición de hidrógeno, para obtener compuestos aromáticos, en especial de 8 carbonos, benceno y tolueno a partir de fracciones de nafta seleccionadas.

Los componentes esenciales de un proceso de hidrogenación catalítica son:

1. Reactores que contienen el catalizador en lechos fijos.
2. Calentadores para elevar la temperatura del hidrógeno y para proporcionar el calor de reacción.
3. Sistema enfriador del producto y un separador de gas y líquido.
4. Sistema de reciclaje de hidrógeno y gas.
5. Estabilizador para separar hidrocarburos ligeros disueltos en el líquido receptor.

La hidrogenación catalítica se realizaba originalmente utilizando lechos fijos de catalizador, pero estos lechos sólo pueden funcionar unos cuantos minutos antes de que los depósitos de carbono reduzcan o detengan la actividad catalítica. Por ello el lecho debe regenerarse quemando el carbono en condiciones cuidadosamente controladas para evitar la sinterización del catalizador y recuperar el valioso calor de la combustión. Dichas unidades eran difíciles de manejar y pronto se reemplazaron por otras variantes. Primero se hizo mover el catalizador mediante procedimientos mecánicos; después se adoptó el proceso de catalizador fluido. Los ingenieros notaron que, con agitación adecuada, un sólido finamente dividido suspendido en gas podría fluir como un líquido, se podía manejar con bombas para líquidos y realizar intercambio de calor en intercambiadores de doble tubo sin sedimentarse. Debido a que el gas es ligero y el sólido pesado, la mezcla tiende a poseer las propiedades del sólido, así que el alto calor específico hace que el control de temperaturas sea muy preciso.

La utilización de estos principios permitió que el contacto entre catalizador y vapor pudiera funcionar muy bien, que el control de temperatura se mejorara en gran medida, y al mover el catalizador como un fluido, ya no fue necesario confinarlo en un lecho fijo. La desintegración y la regeneración tienen lugar en dos unidades y los sólidos se separan de los vapores y de los gases utilizando separadores de tipo ciclón. Todos los ciclos son continuos.

Reactor de Lecho Fluidizado

En este diseño, la velocidad lineal hacia arriba de hidrógeno e hidrocarburos es suficientemente alta para expandir el lecho de partículas de catalizador e inducir así una situación de movimiento continuo y desordenado (aleatorio). La velocidad lineal hacia arriba no es tan alta, sin embargo, para que las partículas de catalizador salgan del reactor con los productos hidrolizados. Puesto que los lechos de catalizador fluidizado se encuentran en estado de agitación, existen condiciones isotérmicas. Hay remezclado de los productos hidrolizados.

Para compensar la reducción de la selectividad de hidrólisis debido a los efectos de la remezcla, se emplea más de un reactor en serie para obtener el beneficio de la operación por etapas.

Reactor de Lecho fijo

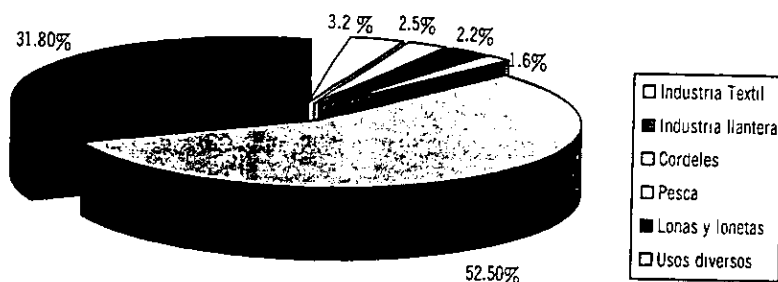
Los procesos de lecho fijo pueden clasificarse según el número de reactores empleados y la configuración del flujo con respecto a la secuencia de reactores y el fraccionamiento de los productos.

Este tipo de reactores son de arreglo simple que por lo regular se utilizan para dar un acabado a la sustancia que se procesa.

4.12.1.2. Usos del Ciclohexano

El ciclohexano se usa en México principalmente como materia prima en la producción de caprolactama y en menor grado como solvente en la elaboración de hule polibutadieno.

Por su parte la caprolactama se emplea exclusivamente en la producción de policaprolactama que es el polímero necesario para la fabricación de las fibras de nylon. De esta forma el destino final del ciclohexano se presenta en la figura 4.20.

Figura 4.20 Estructura del Mercado del Ciclohexano en México¹

4.12.1.3. Consumo Aparente De Ciclohexano

El consumo de ciclohexano en México comenzó en 1968 debido a que la producción de hule polibutadieno (iniciada en ese mismo año) lo requería como solvente, sin embargo, las cantidades demandadas eran de poca consideración (de 1000 a 2000 ton/año).

A finales de 1972 la empresa UNIVEX, S.A. arrancó su planta de caprolactama, por lo que ya en 1973, el consumo de ciclohexano llegó cerca de las 31000 toneladas.

A partir de ese año y hasta este momento el crecimiento promedio anual de la demanda es de 7.2%.

Con respecto a la oferta, PEMEX inició la producción de ciclohexano en 1968 pero no ha sido suficiente para abastecer la demanda y se ha tenido que recurrir a importaciones que en 1990 fueron del orden de las 33159 toneladas.

¹ Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo (1991)

4.12.1.4. Productos Derivados del Ciclohexano

Caprolactama

La caprolactama puede ser producida a partir de tres diferentes materias primas: ciclohexano, fenol o tolueno. La participación en la capacidad instalada de caprolactama en el mundo libre a partir de estas tres materias primas es de 70%, 26% y 4% respectivamente.

En México, la caprolactama se produce a partir de ciclohexano mediante el proceso DSM/HSO también llamado DSM convencional, mismo que es utilizado en nuestro país por la empresa UNIVEX en su planta de 51000 ton/año localizada en Salamanca, Gto.

La caprolactama, en México, se utiliza exclusivamente como materia prima en la fabricación de policaprolactama, que a su vez se utiliza para producir nylon 6.

El consumo nacional de caprolactama se inició con la producción de fibras nylon en 1962. La demanda tuvo que satisfacerse con importaciones, las cuales disminuyeron considerablemente a partir de 1974, cuando se normalizó la producción de la planta de UNIVEX que había iniciado operaciones a finales de 1973 con una capacidad de 40000 ton/año.

Fibras Nylon

La palabra nylon se acepta como un término genérico para designar a las poliamidas sintéticas. En esta forma nos encontramos que existen varios tipos de fibras nylon; sin embargo, comercialmente las más importantes son las denominadas nylon 6 y nylon 66, que entre las dos abarcan el 98% del consumo mundial de fibras nylon.

El nylon 66 se obtiene a partir de hexametilendiamina y ácido adípico mientras que el nylon 6, que es el que se produce y consume en México, se fabrica a partir de caprolactama.

Las diferencias entre uno y otro nylon, para la mayoría de sus aplicaciones finales, no son de consideración. Si bien el nylon 6 es más difícil de texturizar, en cambio acepta la coloración con mayor facilidad que el nylon 66.

Existen a su vez, tres tipos diferentes de nylon 6 que abastecen a diferentes mercados. El filamento textil se emplea en la manufactura de prendas de vestir; la fibra corta se utiliza principalmente en la fabricación de alfombras y tapetes y por último, el filamento industrial que se consume en su mayor parte en la fabricación de cuerdas para llantas y en la manufactura de redes de pesca y cordeles.

La producción de fibras de nylon en México la inició Celanese Mexicana en 1962. En la actualidad, existen cinco empresas productoras con una capacidad instalada total de 62870 ton/año.

EMPRESA	PLANTA	CAPACIDAD
Celanese Mexicana, S.A.	Ocotlán, Jal.	12300
	Querétaro, Qro.	6400
	Toluca, Edo. de México	<u>10270</u>
	Subtotal	28970
Fibras Químicas, S.A.	Monterrey, N.L.	13000
Fibras Sintéticas, S.A.	México, D.F.	7300
Kimex, S.A.	Tlalnepantla, Edo. de México	3500
Nylon de México, S.A.	La Leona, N.L.	<u>10100</u>
	Total	62870

Tabla 4.16

Hule Polibutadieno

La empresa Negromex, S.A. cuenta con una capacidad instalada de producción de hule polibutadieno de 40000 ton/año y es la única que lo elabora en México hasta la fecha.

El proceso utilizado por Negromex, emplea al ciclohexano como un solvente que le permite reducir los problemas de viscosidad y mantiene el poder de solución adecuado durante la polimerización; además de que influye en el tipo de polibutadieno que se desea obtener, es decir, en las diferentes proporciones de isómeros de polibutadieno que componen el polímero resultante.

El hule polibutadieno se utiliza en un 90% en la industria llantera mientras que el resto se destina a la fabricación de mangueras de alta y baja presión, así como de bandas para uso industrial.

4.13. Descripción del Proceso de Obtención del Ciclohexano

La planta que a continuación se describe, permite que por medio de un procedimiento de hidrogenación catalítica total se pueda obtener ciclohexano de muy alta pureza, a partir de una carga de benceno.

Características de operación.

1. La reacción es fuertemente exotérmica.
2. No hay reacciones secundarias de importancia.
3. Catalizador Níquel de Raney finamente dividido en suspensión con Ciclohexano.
4. Reactor Principal: Presión = 41 kg/cm² Temperatura = 214 °C
Presión parcial de hidrógeno mínima de 5 Kg/cm² = 12.5% de hidrógeno.
5. Reactor de Acabado Temperatura = 250 °C.
6. Vapor producido a 8.4 kg/cm² saliendo a línea de 3.5 kg/cm² de vapor.
7. El control de nivel de los reactores se efectúa con un flujo de aproximadamente 50% del flujo total del gas del proceso.
8. Catalizador original para el reactor principal: Alineación de Ni Al (1:1).
9. Catalizador preparado para el reactor principal: Níquel finamente dividido de carácter pirofórico.
10. Contenido máximo de azufre en el benceno para llenar las características de diseño es de 1.0 ppm.
11. Venenos del catalizador: Agentes oxidantes y azufre hasta 0.8% y aún 300 ppm de CO.
12. Preparación del catalizador Níquel de Raney: 2.25 Toneladas para producir 1 tonelada de Níquel para el reactor principal.
13. Capacidad del reactor principal: 1 tonelada de níquel preparado.
14. Rendimiento del catalizador Níquel de Raney preparado: Aproximadamente 3 meses si el azufre no rebasa el valor de 1 ppm en las cargas, produciendo 10000 toneladas de Ciclohexano.
15. Carga específica : $\frac{kg.Benceno}{kg.deCatalizador \cdot hr}$
16. Carga específica inicial: 6.0
Carga específica crítica: 80.0
17. Porcentaje máximo de impurezas (partículas extrañas) 8% máx.

Las especificaciones que el Ciclohexano debe cumplir son las siguientes (Tabla 4.17):

Pruebas	Unidades	Métodos	Especificaciones
Peso esp. 20/4°	--	D891-59 (1976)	0.776 - 0.779
Destilación	°C	D850-70 (1975)	
Amplitud	°C		1.0 máx.
Deberá incluir	°C		80.7 máx
Temperatura de congelación	°C	D1015-74	6.0 mín.
Color, PT - Co	--	D1209-69 (1974)	10 máx.
Materia no volátil	mg/lit	D1353-74	10 máx.
Pureza	% peso	D3054-72	99.6 mín.
Benceno	% peso	D3054-72	0.10 máx
Metil-ciclohexano	% peso	D3054-72	0.03 máx
Naftenos, incluyendo metilciclohexano	% peso	D3054-72	0.10 máx.
Heptano normal	ppm	D3054-72	125 máx.
Hidrocarburos alifático	% peso	D3054-72	0.02 máx.
Azúfre total	ppm	UOP 357-64	5 máx.

Tabla 4.17

La planta esta compuesta de tres secciones:

4.13.1. Sección Preparadora de Gas (Hidrógeno).

Esta sección tiene como objetivo suministrar a la sección de reacción un benceno en buenas condiciones al igual que un aceptable H_2 , libre de productos que afecten al proceso.

- Elimina el azufre contenido en el benceno y que causa un rápido envenenamiento del catalizador de la sección de hidrogenación.
- Elimina los hidrocarburos pesados, que si se arrastraran al fondo de la Torre Estabilizadora disminuirían la pureza del Ciclohexano.
- El benceno tratado en esta sección proviene de dos fuentes diferentes: Una corriente de la Planta de Benceno (HYDEAL) y la otra de traspasos por barco de la Cangrejera, Ver.

Estas dos corrientes se mezclan con el hidrógeno y se eliminan los hidrocarburos pesados por absorción con Kerosina, posteriormente por lavado con sosa se eliminan las trazas de azufre. La sosa que se llega a impregnar en la corriente se elimina por lavado con agua, finalmente la mezcla de benceno e hidrógeno se envía hacia la Sección de Hidrogenación.

4.13.2. Sección de Reacción o Hidrogenación.

Inicio de la Hidrogenación: De manera general, antes de cada inicio de operación, es necesario revisar cuidadosamente la unidad. Se aplicará la inspección más estricta a la Sección de Hidrogenación. Se debe de tener la absoluta seguridad de que no hay fugas de ciclohexano ni de hidrógeno. Una fuga en la circulación principal, es particularmente peligrosa ya que la presencia de Catalizador Níquel de Raney provocaría una ignición (flash) instantánea.

Poner atención a los sellos de las bombas de circulación principal o forzada. La presencia de Níquel de Raney en el drenaje de aceite puede ser muy peligrosa.

La sección de Hidrogenación se compone de dos reactores (reactor principal y reactor de acabado), funcionando en paralelo, completamente independientes uno del otro.

4.13.2.1. Variables De Operación

→ Reactor principal de Hidrogenación (Contiene al Catalizador).

Este reactor contiene al catalizador Níquel de Raney, la actividad de este catalizador depende de la técnica de fabricación, pero sobre todo éste es sensible a ciertos venenos.

El catalizador puede envenenarse en forma irreversible por el azufre o por cualquier otro agente oxidante (0.8% en peso de azufre, vuelve al catalizador prácticamente inactivo).

La actividad también se reduce si se tiene la carga al reactor con una cantidad demasiado elevada de CO (mayor de 300 ppm), el fenómeno es reversible pero la actividad no regresa completamente a su nivel cuando se elimina el CO (Monóxido de carbono).

→ Carga Específica del reactor.

Estas variables se expresan en kg. de Benceno por kg de Catalizador activo por hora. El valor inicial es tomado del cálculo del reactor y es del orden de 6.

Estos valores son escogidos de manera tal que la duración del catalizador sea de tres meses con una inyección de 1 ppm de azufre máximo. Esta carga específica aumenta en el transcurso de la corrida ya que se va envenenando una parte del Catalizador. El hecho de que esta variable aumente, no tiene influencia sobre el valor de la conversión salvo cuando se tiene un valor crítico del orden de 80, a partir de la cual la conversión cae rápidamente. En este momento debe de cambiarse el catalizador.

La concentración normal del catalizador en la fase líquida es de 10% en peso.

→ Presión parcial de hidrógeno y carga de benceno.

La presión parcial necesaria de hidrógeno para una buena marcha de la reacción es de 8 kg/cm² mínima.

Esta presión parcial se debe mantener constante de la presión total.

F_G = Gas de proceso (Hidrógeno) en kg.mol/hr

x = Concentración de hidrógeno en fracción mol

F_L = Benceno de carga en kg.mol/hr

P = Presión total de reactores

p = Presión parcial de hidrógeno

La presión parcial del hidrógeno a la salida de los reactores se calcula como sigue:

$$p = P \frac{x F_G - 3 F_L}{F_G - 2 F_L}$$

del valor de $F_L = F_G \frac{xP - p}{3P - 2p}$

Se tienen los valores:

$$P = 41.03 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.} \quad p = 5.0 \text{ kg/cm}^2$$

Así que la cantidad de Benceno inyectada a los reactores será de: $F_L = 0.0442$; $F_G = (8.0206 \times 1)$

NOTA: F_G representa el total de gas de carga al fondo del reactor y del gas de purga.

La presión a la salida de los reactores debe de mantenerse a un valor de 40 kgs/cm² manométricas.

- El flujo mínimo para cada reactor es de 665m³/hr (100450 bls/día). Tomando en cuenta las reducciones de flujo debidas a un error accidental en el gas o cualquier otra causa, la bomba de circulación principal tiene capacidad para 800 m³/hr (120800 bls/día).
- Durante el inicio de operación la densidad del ciclohexano varía de 0.78 a 0.50.

La reacción de hidrogenación se efectúa en fase líquida. El catalizador Niquel de Raney, se mantiene en suspensión en la fase líquida debido a la turbulencia creada por la inyección de gas y por la circulación principal exterior efectuada con ayuda de bombas.

La reacción de hidrogenación es fuertemente exotérmica, el calor producido es utilizado en el reactor para llevar el benceno de carga a la temperatura de reacción y para vaporizar el Ciclohexano producido. El calor excedente se elimina en los generadores instalados en la circulación principal exterior para la producción de vapor de agua saliendo por los acumuladores.

La corriente gaseosa del reactor principal, se envía al reactor de acabado. Este reactor de lecho fijo, permite asegurar la conversión total, así como mantener la conversión global en casi 100% al declinar la vida del Catalizador principal.

4.13.3. Sección de Estabilización.

Los productos de salida del reactor de acabado son la carga al Separador, el cual tiene como finalidad separar de la corriente principal la mezcla de gases combustibles que se forman. Esto se logra mediante la súbita reducción de presión.

La presión en el separador y en el circuito completo se controla por medio de una válvula ubicada sobre la salida de la mezcla de gases.

La fase líquida producida en el separador se manda a la Torre Estabilizadora de Ciclohexano conocida también como torre C-3405, misma que se encarga finalmente de separar al Ciclohexano de la mezcla de gases ligeros e hidrógeno. El ciclohexano del fondo de esta columna, una vez enfriado se envía a los tanques de almacenamiento.

La figura 4.21 Muestra gráficamente el proceso de producción de ciclohexano.

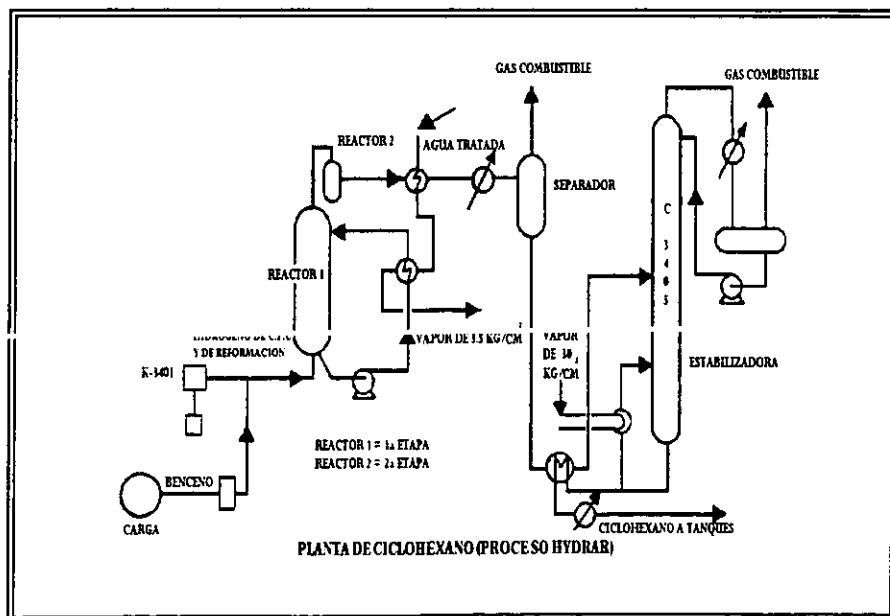


Figura 4.21 Proceso de Producción de Ciclohexano

4.14. Preparación De La Planta Para El Arranque

Antes de la operación inicial, es necesario lavar a conciencia y de poner en perfecto orden todos los recipientes, las líneas, los equipos, la instrumentación, etc. Es igualmente necesario efectuar una prueba hidrostática y una prueba de presión del conjunto de la unidad.

Las redes auxiliares deben ser limpiadas cuidadosamente y puestas en condiciones antes de ponerlas en servicio.

Las bombas serán verificadas y rodadas; se efectuará la circulación de agua necesaria para el lavado de líneas y recipientes para efectuar su rodaje.

Antes del inicio de operación de la unidad, es necesario verificar el buen funcionamiento del conjunto de las compresoras y de sus motores. Esto deberá hacerse siguiendo al pie de la letra las instrucciones de los proveedores quienes enviarán a este efecto instrucciones detalladas.

Las válvulas de control serán probadas y su sentido de abertura y cierre verificado.

La verificación del equipo eléctrico debe ser efectuada también antes del arranque. Los motores eléctricos se rodarán desacoplados. Su velocidad y su sentido de rotación serán verificados.

El dispositivo de circulación del Catalizador será probado y puesto en condiciones de operación.

Se retirarán las juntas ciegas donde quiera que la operación normal de la instalación lo necesite.

4.14.1. Verificación de los instrumentos.

Antes del arranque de la unidad, todos los instrumentos de medición y control deberán ser verificados en sus condiciones mecánicas y de ajustes a fin de asegurarse un servicio correcto y fácil.

Las tuberías de aire de instrumentos serán sometidas a pruebas de presión.

Los instrumentos serán calibrados de acuerdo con sus coeficientes calculados. Estos coeficientes se fijarán para cada indicador y registrador. Se asegurará que los instrumentos de temperatura correspondan con sus tomas correspondientes.

Los instrumentos de presión registradores e indicadores deberán verificarse, cuidando que sus rangos de medición correspondan con las presiones del circuito en el cual operan.

Los controladores e indicadores de nivel (excepto los de los reactores) así como las alarmas serán verificados durante el lavado de los recipientes y torres.

Verificar el funcionamiento de las alarmas de acuerdo con el instrumento de la unidad (sonora ó luminosa) en el cuarto de control.

4.14.2. Ejecución de Pruebas

Debido a que la descripción de como efectuar cada una de estas pruebas es demasiado extensa y puramente química, solo las mencionaremos a continuación:

1. *Prueba de Circulación forzada con ciclohexano frío.*
2. *Prueba de Circulación forzada con ciclohexano caliente.*

Nota: Estas dos pruebas se efectuarán en cada uno de los reactores que forman la sección de Hidrogenación. Con la ejecución de estas pruebas la sección de hidrogenación ya estará lista para poder iniciar el proceso de producción de ciclohexano.

3. *Prueba de Presión con Nitrógeno (7 kg/cm² efectivos), en toda la unidad.*

4.15. Buscar las Condiciones de Operación.

Puede suceder que durante el transcurso del calentamiento al reactor principal el benceno existente en el ciclohexano empiece a aparecer. Poner atención cuando la temperatura sea mayor de 130 °C.

La muy baja concentración de benceno puede ser mucho más importante que la inyección en la zona de hidrogenación a plena carga.

- Si el análisis del ciclohexano del reactor principal da un contenido de benceno mayor de 1.5%, es indispensable aumentar la cantidad de hidrógeno arriba del 50% durante los primeros minutos de la operación.
- Poner en operación la bomba de carga P-3406 con un flujo de benceno de 2.5 m³/hr (380bs/día).
- Abrir la válvula principal del reactor a un 30% para que empiece a fluir el hidrógeno hacia el reactor principal.
- Observar atentamente el posicionador de la válvula principal, que indica la abertura de la misma. Cuando empiece la reacción el hidrógeno disminuye (3 moles de hidrógeno por una mol de benceno) y la válvula cierra para mantener la presión en la sección.
- En efecto la reacción no empieza antes de una cierta concentración de benceno en la circulación principal. Esta concentración varía en cada planta y depende de los parámetros (flujo de circulación principal, temperatura, diámetro del reactor, construcción del distribuidor, etc.) y no se puede determinar de antemano.

- Cuando empieza la reacción, la concentración baja y no disminuye sino hasta cuando la cantidad de benceno que entra al reactor es superior al diseño, indicada por los instrumentos. En este momento la demanda de hidrógeno para la reacción es muy importante y debe proporcionarse de la sección preparadora de gas.
- Tómese en cuenta que, puede ser que el hidrógeno no sea suficiente y por lo tanto cae la presión del circuito. Esta presión puede caer hasta 25 kg/cm² sin peligro para el equipo y para el catalizador, siempre y cuando la temperatura no rebase los 225 °C.
- Controlar la temperatura. Desde el momento en que se observa su aumento, empezar a reducir el vapor de calentamiento hasta el cierre total. Abrir el agua de calderas al cambiador abriendo ligeramente las válvulas (la temperatura del agua debe ser cuando menos de 160°C) lo suficiente para establecer la circulación por la bomba secundaria del reactor principal para la generación de vapor.
- Después que la temperatura del reactor principal rebasa los 205°C accionar manualmente el control de temperatura, tratando de estabilizar la temperatura alrededor de los 215°C.
- Controlar la entrada de agua de calderas para una buena operación.
Importante: El agua de calderas es el único freno de la reacción. Si falla ésta cerrar inmediatamente la carga de benceno y de hidrógeno, porque sin generación de vapor la reacción es incontrolable.
- Cuando se tenga una temperatura cercana a los 215°C, poner en operación el controlador de temperatura, por las razones mencionadas anteriormente; teniendo cuidado de no ponerlo con mucha anticipación; las grandes variaciones de temperatura en el inicio de operación deben de controlarse manualmente o se corre el riesgo de rebasar los límites de control.
- Cuando se normalice la presión (o sea el consumo de hidrógeno) reducir la inyección de hidrógeno a través del controlador de flujo a su valor normal.
- Verificar el nivel del reactor principal. Es probable que durante el curso de la operación halla bajado por debajo de su nivel normal. Si el nivel es muy bajo se puede inyectar ciclohexano por medio de la bomba de sellos.
- Esperar que el sistema se normalice y tratar de controlar el punto de fusión (6.5°C) del ciclohexano del fondo del separador.
- Cuando el nivel de la torre estabilizadora (torre de ciclohexano) tiende a subir, aumentar el calentamiento del rehervidor (calentamiento al fondo de la estabilizadora). Elevar la temperatura del fondo a 204°C.

- ↳ Enviar el producto del fondo de la estabilizadora a los tanques de almacenamiento cuando el P_c (temperatura de congelación) sea mayor de 6.0°C .
- ↳ Cuando ya se tiene la temperatura de congelación correcta, aumentar la carga de benceno a $5.0 \text{ m}^3/\text{h}$ (760 bls/día) y paralelamente el 5.0% de hidrógeno. Es preferible durante el inicio mantener una presión parcial de hidrógeno de 2.0 a $10.0 \text{ kg}/\text{cm}^2$.
- ↳ Normalizar el control de las variables para ajustar la temperatura de congelación del ciclohexano producido.
- ↳ Aumentar la carga de benceno a $7.41 \text{ m}^3/\text{h}$ (1120 bls/día) (100% la capacidad de hidrogenación por reactor) y normalizar la operación.
- ↳ Cuando se tenga el nivel de líquido en el separador, abrir los bloqueos de su válvula principal y dejarla operando.
- ↳ Poner en operación el analizador de hidrógeno ANH-3401 de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- ↳ Se está operando con una presión parcial de hidrógeno a la salida del reactor principal superior a la de diseño, por lo tanto debe ajustarse al valor deseado de 5.5 a $6.0 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (presión parcial de hidrógeno).
- ↳ Volver a Inspeccionar totalmente la planta y su instrumentación.

Observaciones:

1. *Cuando los reactores operan en paralelo y el flujo total es inferior al de diseño, hacer lo posible por equilibrar los dos reactores.*
2. *La rápida desactivación es debida al envenenamiento del catalizador Niquel de Raney. La concentración del benceno rebasará el 5.0% al cabo de las 36 horas aproximadamente. Si la desactivación anarente se debe a una causa mecánica, no es necesario perder una carga de catalizador en la parada de la planta. Cuando ya se ha normalizado la disminución de la reacción en el reactor principal, observar la temperatura de este. Si la temperatura rebasa los 230°C inyectar una cantidad determinada de hidrógeno fresco por la línea de reducción del catalizador. Las reacciones secundarias, favorecidas por las altas temperaturas pueden llegar a bajar la temperatura de congelación del ciclohexano (por ejemplo: por la producción de metil-ciclopentano). Si la temperatura rebasa los 260°C , poner fuera de operación por causa de la baja conversión.*

3. *Muy importante:* La circulación principal o forzada es la base del proceso y un paro debido a una mala operación o una falta del circuito de aceite de sellos es de suma gravedad. Es indispensable vigilar la correcta inyección a los sellos mecánicos, asegurarse de que la bomba en operación tiene su inyección de aceite bien balanceada en succión y descarga. En caso de un paro de la circulación principal, establecer un burbujeo de gas a las bombas por las conexiones del gas de purga. En general nunca se debe dejar fuera de operación una bomba con catalizador sin lavarla y sin soplar con hidrógeno.

4.16. Paro de la Sección de Hidrogenación

4.16.1. Paro Parcial (Recarga del Catalizador)

Esta operación se efectuará siempre que la actividad del catalizador de alguno de los reactores, se vuelva insuficiente. Durante la operación el flujo se disminuirá a fin de poder trabajar con un solo reactor.

El procedimiento descrito concierne al reactor principal. Si se trata del reactor de acabado se efectuarán las mismas operaciones, pero utilizando el equipo propio de ese reactor.

- Desconecte el proporcionador hidrógeno-benceno .
- Reduzca el flujo del benceno y del hidrógeno a 50% del valor nominal.
- Pare la corriente de benceno y aisle la línea de entrada cerrando la válvula correspondiente.
- Pare la inyección de hidrógeno con ayuda del controlador de nivel.
- Aísle esa línea con las válvulas.
- Deje que el nivel descienda hasta tener alarma por nivel bajo y corte completamente toda inyección de hidrógeno. actuando sobre el controlador de flujo. Bloque la línea.
- Corte la inyección de gas de purga dentro del sistema de regularización de nivel. Aísle ese sistema.
- Durante esa maniobra, vigile que nada perturbe la regulación de la presión diferencial del reactor de acabado.
- Aísle completamente el reactor principal por medio de las válvulas que se encuentran sobre la línea.

4.16.1.1 Enfriamiento

- Continúe la inyección de aceite de sellos durante todo el período de vaciado del catalizador.
- Controle manualmente el controlador de temperatura del reactor principal y abra lentamente esa válvula. Así la temperatura del reactor descenderá hasta cerca de 150°C.
- Cuando esa temperatura sea estable, bloquee la válvula. Pase a manual el controlador de nivel del acumulador de vapor y bloquee.
- La temperatura del reactor deberá ir bajando hasta unos 110°C. Después pare la bomba de circulación de agua.
- Introduzca muy suavemente el agua de enfriamiento (agua de río) dentro del cambiador del reactor y mantenga la circulación justa, hasta que la temperatura del reactor sea de 40°C.
- Vigile la presión del reactor y si es necesario, bájela hasta 12 kg/cm² además de abrir ligeramente la primera válvula de bloqueo.

4.16.1.2. Vaciado Del Catalizador

Durante toda la operación, la circulación principal se mantendrá en servicio salvo durante la purga definitiva. La inyección de aceite de sellos será siempre mantenida a fin de asegurar el lavado de los sellos mecánicos de las bombas que intervienen en el proceso, después de que estas son paradas.

- Abra la válvula de bloqueo sobre la entrada del recipiente del catalizador. Abra las válvulas situadas sobre las líneas de vaciado del catalizador (líneas de circulación principal debajo del reactor).
- Vigile la presión del reactor principal y el amperímetro de su bomba de circulación principal, hasta que se observe una caída neta del amperaje, cierre las válvulas de vaciado y pare la bomba.
- Antes de depresionar totalmente el reactor, envíe ahí 5m³ de ciclohexano y vuelva a poner en servicio la bomba de circulación forzada. Deje enjuagar bien el lado del reactor y nuevamente emprenda el vaciado en todos los puntos, pare la bomba y la purga en los puntos bajos.
- Mantenga en el reactor una ligera presión de hidrógeno. Si una ó más líneas de vaciado o de purga están obstruidas, efectúe una inyección de purga con la ayuda del hidrógeno de la red de hidrógeno de purga.

4.17. Paro Total

Esta operación no será efectuada en principio, más que para el paro anual de la unidad. Para llevar a cabo esta operación se proseguirá como sigue:

- ↳ Parar el reactor principal conforme a las instrucciones descritas anteriormente en el párrafo "Paro Parcial (Recarga del catalizador)".
- ↳ Parar el reactor de acabado.
- ↳ Enfriamiento de los reactores.
- ↳ Vaciado del catalizador.
- ↳ Paro de la estabilizadora.
- ↳ Purga con nitrógeno: antes de abrir se debe proceder a purgar con nitrógeno las tres secciones siguientes:
 - a) Reactores principal y de acabado, además del circuito de circulación forzada.
 - b) Torre estabilizadora.
 - c) Durante esta operación todos los directos, válvulas de bloqueo y de control con excepción de las válvulas que aíslan cada sección, deberán estar abiertas.
 - d) Se procederá por purgas sucesivas y por un arrastre final.
- ↳ Vaporizado: En caso de un paro prolongado ó de una reparación a efectuar sobre una de las secciones, es necesario vaporizar para eliminar todos los hidrocarburos. La operación de vaporización deberá durar alrededor de 6 horas. Las purgas y los venteos deberán estar abiertos durante esta operación. Durante esta vaporización no exceder la temperatura de servicio del equipo y aislar los instrumentos o aparatos que pudieran ser dañados.
- ↳ Lavado de los reactores y de las líneas de circulación principal hacia la atmósfera: Después de la vaporización los reactores y las líneas de circulación principal pueden aún contener una cierta cantidad de níquel de Raney motivo por el cual se debe llenar los reactores con 15m³ de agua y accionar las bombas para hacer circular el agua. Durante este tiempo recuperar el ciclohexano contenido dentro de los recipientes ubicados en los reactores y enviarlo a los tanques de almacenamiento. Cuando la circulación de agua dentro de los reactores halla sido estabilizada, abra todas las líneas de servicio entre la recirculación y la succión de las bombas. Presione ligeramente los reactores con nitrógeno.

4.18. Paro de Emergencia.

Se realiza bajo operaciones previamente establecidas dentro del manual de operación dependiendo del caso que se presente dentro de la planta. Los casos que ameritan un paro de emergencia son los siguientes:

1. Falla eléctrica.
2. Alimentación deficiente de hidrógeno en los reactores.
3. Falla de las bombas de circulación principal o falla de aceite de sellos.
4. Falla del sistema de gas de purga.
5. Falla del compresor.
6. Falla de aire de instrumentos.
7. Incendio.

4.19. Descripción Detallada De Las Principales Materias Primas Necesarias Para Producir Ciclohexano

4.19.1. Catalizador Níquel de Raney

* ¿Qué es un Catalizador?

Un catalizador es una entidad que cambia la velocidad de una reacción química, tomando parte íntimamente en ella, pero sin llegar a ser un producto.

Es importante destacar que la presencia de un catalizador en un sistema reaccionante, puede dar lugar a la aparición de nuevas formas de reacción, que en su ausencia serían difíciles o prácticamente imposibles.

A los catalizadores se les denomina también "Contactos" para expresar que en su acción es decisivo el contacto con los reactivos.

En la técnica, los catalizadores se utilizan para reacciones de síntesis y de degradación, para oxidaciones, hidrogenaciones, cloraciones, procesos con separación de agua, etc..

Algunos catalizadores tienen una zona de acción limitada y sólo pueden emplearse en un limitado número de reacciones especiales; otros son de aplicación mucho más general.

En general, se imponen a un contacto presentando, las siguientes características:

- ↳ Gran actividad;
- ↳ Rendimiento constante;
- ↳ Larga vida;
- ↳ Fácil regeneración.

Debe distinguirse entre catalizadores másicos y soportados. Los másicos están exclusivamente constituidos por sustancias activas, aunque no por esto presentan centros activos en cualquier punto de su masa. Es un ejemplo de estos catalizadores el Níquel de Raney.

* Catalizadores En La Hidrogenación De Hidrocarburos.

Debido al gran número de compuestos orgánicos que por diferentes razones se han tratado de hidrogenar, estos componen realmente una extensa información cuyo tratamiento sistemático resulta absolutamente imposible tratar de esquematizar en forma concreta a las reacciones de hidrogenación catalítica de hidrocarburos, es por ello que solamente mencionaremos los puntos que a nuestra consideración resultan los más importantes, para comprender las características esenciales de estas reacciones, desde el punto de vista de los catalizadores generalmente utilizados.

Tanto los catalizadores utilizados, como las condiciones de operación de estos procesos, dependen básicamente de la estructura del compuesto a hidrogenar. La enorme variedad de los compuestos orgánicos susceptibles de hidrogenarse, no permite dar detalles concretos de procesos determinados.

A temperaturas de reacción inferiores a 200°C, la hidrogenación de olefinas a hidrocarburos aromáticos, está favorecida termodinámicamente. Presiones de operación de hasta 200 atmósferas; permiten subir la temperatura de reacción a valores aproximados a 500°C. Es decir, en estos

sistemas el aumento de la temperatura suele estar asociado con el de la presión de trabajo, con objeto de equilibrar favorablemente la reacción. Sin embargo, la mayoría de las reducciones no requieren presiones superiores a las 100 atmósferas, ni temperaturas por encima de 200°C. Cuando la reacción tiene lugar a temperaturas inferiores a 100°C, ésta suele ser irreversible y fuertemente exotérmica.

En general, los catalizadores metálicos son mucho más activos en este tipo de reacciones que los óxidos metálicos semiconductores. Estos suelen emplearse en hidrogenaciones selectivas de ciertos compuestos y requieren mayores temperaturas y presiones de operación; sin embargo, la notable resistencia de estos óxidos metálicos al envenenamiento por elementos extraños, les confiere interesantes posibilidades industriales. En la tabla 4.18 se muestran los catalizadores de utilización más frecuentes en procesos comerciales de hidrogenación.

Tabla 4.18 Catalizadores comerciales en procesos de hidrogenación

	Fase activa	Soporte	Fase activa % en peso	Superficie m ² /g
Uso general	Ni	{ Al ₂ O ₃	14-65	50-170
Uso general (fase líquida, pequeña escala)	Níquel de Raney	-----	-----	-----
Uso general	Pt(*), Pd(*), Rh, Ru(*)	{ Al ₂ O ₃ , carbón	Variable	Variable
Hidrogenación selectiva	Cr ₂ O ₃ +CuO	-----	Cr ₂ O ₃ : 17-60 CuO : 37-82	10-40
Hidrogenación selectiva	Cr ₂ O ₃ +CuO+BaO	-----	Cr ₂ O ₃ : 38-46 CuO : 37-46 BaO : 8-12	14-50
Hidrogenación selectiva	CoO	SiO ₂ , Al ₂ O ₃	10-60	6-140

(*) También en forma de óxidos sin soportar.

La gran importancia del eventual envenenamiento de los catalizadores de hidrogenación amerita algunas consideraciones. El proceso de envenenamiento se lleva a cabo mediante la absorción, generalmente irreversible, de ciertos compuestos en los centros activos del catalizador, impidiendo así que estos sigan interviniendo en la transformación química. En ciertos casos, relacionando la configuración electrónica de determinadas sustancias con su capacidad para absorberse, es posible predecir qué tipo de compuestos pueden inhibir la actividad de un catalizador.

Aunque algunos metales (Hg, Fe, Sn, Pb, Bi, Zn, etc.), sus óxidos y sales pueden envenenar los catalizadores preparados con metales nobles, los venenos más importantes son sin duda alguna los elementos de los grupos Vb(N, P, As, Sb) y Vlb(S, Se, Te) y sus compuestos. Es notable en este sentido la acción negativa del azufre, tanto en forma orgánica como inorgánica.

La hidrogenación de benceno a ciclohexano y la de nafteno a tetralina o decalina, son los procesos más importantes de hidrogenación de hidrocarburos aromáticos. La hidrogenación catalítica de benceno en fase vapor se puede llevar a cabo en reactores de lecho fijo con temperaturas de 200 a 250°C, presiones de unas 10 atmósferas y catalizadores de níquel. Los rendimientos de ciclohexano se aproximan al 100% del teórico. Cuando la cantidad de azufre en la alimentación es pequeña puede utilizarse un catalizador en platino o rodio soportado. La reacción es altamente exotérmica (54 Kcal/mol de benceno hidrogenado a 250°C), por lo que conviene que el catalizador a emplear no sea extremadamente activo, sobre todo si la alimentación es muy rica en benceno. Según otro procedimiento, la hidrogenación de benceno se realiza en reactores con agitación mecánica y níquel de Raney como catalizador. Catalizadores de rutenio son especialmente útiles en

las hidrogenaciones de hidrocarburos aromáticos, donde es necesario evitar los procesos secundarios de hidrogenólisis.

Después de esta breve explicación sobre lo que es un catalizador y el uso de éste en la hidrogenación de hidrocarburos, a continuación describiremos a detalle al Catalizador Níquel de Raney utilizado en el proceso de producción de Ciclohexano.

4.19.1.1. Descripción Somera De La Sección De Preparación Del Catalizador Níquel De Raney.

Esta sección esencialmente está constituida por dos recipientes, la cuba de ataque (B-3408) y la cuba de lavado (B-3409) con sus equipos auxiliares. En esta sección, igualmente se tiene el tambor acumulador de Catalizador Agotado (B-3410), también con tres tambores de almacenaje de: etanol fresco (B-3416), etanol de lavado (B-3417) y benceno de lavado (B-3418).

El catalizador níquel de Raney se prepara por el ataque con sosa, de una aleación que contiene el 50% de níquel y 50% aluminio.

La vida del catalizador es tal que de acuerdo con la garantía, una tonelada de catalizador puede producir 10000 toneladas de ciclohexano si el benceno de carga contiene 1.0 ppm de azufre. Esta duración de vida es inversamente proporcional a la concentración de azufre de carga.

El reactor principal tiene la capacidad de una tonelada de catalizador. El rendimiento del ataque es del orden de 0.9 por lo que se necesitan 2.25 toneladas de aleación para preparar una tonelada de catalizador.

4.19.1.2. Carga de la Aleación

- ➔ Cargar aproximadamente 8m³ (50.4 bls) de agua desmineralizada (agua de plantas) a la cuba de ataque (B-3408).
- ➔ Poner en operación el agitador (G-3401), calentar el agua aproximadamente a 70°C, después mantener esta temperatura durante todas las operaciones.
- ➔ Cargar 2.25 toneladas de aleación, establecer la cortina de vapor en la superficie de la cuba de ataque.
- ➔ En seguida cargar progresivamente 250 kg de solución de sosa de 20% en peso (206 lts = 50 kg de sosa) de la línea prevista para este servicio.

- ➔ Ocho horas de agitación son suficientes para que el ataque se desarrolle completamente.
- ➔ Después de agitar 8 horas a esta temperatura, cargar 6m³ (37.8 bls) de solución de sosa de 205 en peso.
Agitar una hora más.

Solución de sosa de 205 a 20°C	Peso específico 1.2191
Solución de sosa de 205 a 30°C	Peso específico 1.2135
Solución de sosa de 205 a 40°C	Peso específico 1.2079

4.19.1.3. Lavado del Catalizador.

* Lavado con Etanol.

1. Todas las operaciones de lavado se efectúan en atmósfera de nitrógeno.
2. Después de la Decantación del catalizador, el agua se envía al drenaje químico.
3. En seguida efectuar cierto número de lavados (3 a 5) con etanol, cada lavado comprende las siguientes operaciones:
 - ➔ Cargar el etanol fresco;
 - ➔ Suspensión del catalizador por el agitador;
 - ➔ Decantación del catalizador;
 - ➔ Vaciado de etanol.
4. Cerciorarse que el etanol vaciado del primer lavado se envíe al canal.
5. Dos pruebas permiten decidir si el lavado con etanol ya es suficiente:

Prueba con Decalina.

- ➔ Poner en una probeta 19 volúmenes de decalina (o de benceno saturado de agua) y un volumen de etanol.
- ➔ Si no aparece una interfase (dos fases), el secado con etanol es suficiente.

Prueba No. 2

- ➔ Extraer una muestra de catalizador sin etanol y ponerlo en un recipiente que contenga benceno.
- ➔ El catalizador debe ponerse en suspensión sin embarrar las paredes del recipiente.

* Lavado con Benceno

- Se opera con atmósfera de nitrógeno.
- Para eliminar el etanol embebido en el catalizador, hay que asociar un procedimiento de 3 lavados con benceno.
- Estos lavados se efectúan siguiendo el mismo procedimiento de los lavados con etanol.

* Lavado Con Ciclohexano Y Transferencia A Reactores.

- A los tres lavados con benceno les sigue un lavado con ciclohexano que se desarrolla en la misma forma que los lavados que le preceden.
- Una cantidad de 3m³ de ciclohexano se cargan a la cuba de lavado y el agitador se pone en operación. Entonces el catalizador níquel de Raney en suspensión en el ciclohexano será enviado al reactor.

4.19.1.4. Uso De Níquel Pasivo.

El níquel pasivo se encuentra en una forma diferente al níquel del catalizador empleado para la hidrogenación del benceno en fase líquida.

- Efectuar una ligera inyección de nitrógeno.
- Abrir una de las respiraderas superiores de la cuba y cargar una tonelada de níquel pasivo y observar la formación de la suspensión.
- Cerrar el respiradero, efectuar dos purgas con nitrógeno del espacio libre de la cuba.

4.19.2. Benceno (C₆H₆)

Se obtiene por la extracción de naftas reformadas catalíticamente. Líquido claro, incoloro, inflamable, de olor característico, sus vapores al quemarse producen gran cantidad de humo narcótico y tóxico, con densidad relativa de 0.879 a 20/4° C con temperatura de ebullición de 80.1°C índice de refracción de 1.5011 y una temperatura de congelación de 5.4°C; miscible en alcohol, éter, acetona, tetracloruro de carbono, ligeramente soluble en agua.

Sus usos principales son: para la obtención de estireno, fenol, detergentes sintéticos, productos intermedios derivados del "nylon", anilina, D.D.T, principalmente.

Otros productos secundarios son: como fumigante, solvente y síntesis orgánicas.

Este producto se utiliza por el propio PEMEX como materia prima para elaborar dodecibenceno, etilbenceno, ciclohexano y cumeno.

En el sector secundario se consume como solvente y también como materia prima para elaborar anhídrido maleico, nitrobenzono, diclorobenceno, BHC, clorobenceno y pantacloronitrobenzono.

Tabla 4.19 Especificaciones Requeridas Para El Benceno.

Pruebas	Unidades	Métodos ASTM	Especificaciones
Peso espec. a 20/4°C	--	D891-59(1976)	0.875/0.880
Destilación: (1)	--	D850-70(1975)	
Amplitud de la destilación.	°C		1.0 máx.
La destilación debe incluir	°C		80.1
Acidez libre	--	D847-47(1976)	Nada
Contenido de H ₂ S y SO ₂	--	D853-71(1976)	Nada
Contenido de tiofeno	ppm	D1685-66(1976)	1.0
Corrosión	--	D849-47(1976)	Negativa
Color, PT-Co	--	D1249-69(1974)	20 máx.
Color de lavado ácido	--	D848-62(1972)	Std. No. 2 máx.
Temperatura de solidificación	°C	D852-67(1972)	5.0 mín

(1) Las temperaturas de destilación son corregidas a 760 mm Hg.

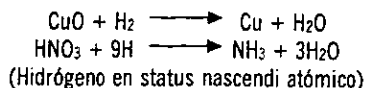
4.19.3. Hidrógeno

El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el elemento más ligero, catorce veces y medio más ligero que el aire. A -252.8°C se condensa dando un líquido incoloro.

El hidrógeno es poco soluble en agua, siendo soluble en algunos metales. Se quema al aire con llama apenas visible y muy caliente. Las mezclas de hidrógeno (o con aire) se llaman mezclas detonantes por ser muy explosivas. El hidrógeno se une con muchos otros elementos, como por ejemplo, con oxígeno para dar agua (H₂O), con azufre dando sulfuro de hidrógeno (H₂S), con nitrógeno para dar amoníaco (NH₃), con carbono, dando metano (CH₄), con cloro, dando cloruro de hidrógeno (HCl), etc.

Con los metales se combina formando hidruros (por ejemplo: NaH, CaH₂).

El hidrógeno es un buen agente reductor, pues se une fácilmente con el oxígeno de los óxidos metálicos:



En general, el hidrógeno en estado naciente (en forma atómica) es capaz de reducir a muchos elementos desde un grado de valencia superior a uno inferior.

Estado natural:

El hidrógeno libre sólo existe parcialmente en algunas emanaciones volcánicas (0.1-30%), presentándose en forma de sus combinaciones, por ejemplo, en el agua, en todos los ácidos y bases, en casi todas las combinaciones orgánicas (por ejemplo, petróleo, carbones, gasolinas, benceno, alcoholes, grasas, hidratos de carbono, albúminas, etc.).

Se estima en 0.88% en peso, la proporción del hidrógeno en la superficie de la tierra (aire + agua + 16 km de la corteza).

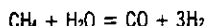
Obtención:

En las pasadas décadas, el hidrógeno se obtenía casi exclusivamente a partir de coque, a través de gas de generador y gas de agua. El monóxido de carbono contenido en estos gases se convertía con vapor de agua en hidrógeno y dióxido de carbono mismo que se eliminaba de la mezcla por lavado a presión. Recientemente, el petróleo desempeñaba un papel de importancia como materia prima en todos los países donde se dispone de petróleo barato.

La obtención de hidrógeno en la electrólisis cloro-álcali no tiene gran importancia en comparación con los otros métodos.

El hidrógeno se almacena en depósito (gasómetros) y se transporta por tuberías o en vasijas de acero a 150 atmósferas de presión. Como el transporte es difícil y costoso, las fábricas con gran consumo de hidrógeno prefieren producirlo por uno de los métodos citados.

Otras fuentes de hidrógeno: La producción de hidrógeno para el gas de síntesis se ha desplazado en los últimos años con celebridad extraordinaria del empleo del carbón (gas de agua - gas de generador) al de productos del petróleo, como materia prima. En U.S.A. el hidrógeno se obtiene ya desde hace tiempo por conversión catalítica de gas natural con vapor de agua:



Actualmente, el empleo de fracciones líquidas de productos de petróleo para la obtención de hidrógeno aumenta fuertemente en todo el mundo como consecuencia del crecimiento de las necesidades mundiales de

hidrógeno y del aumento de los tonelajes disponibles de fracciones líquidas del petróleo, que como tales tiene escasa significación económica.

Las crecientes necesidades de hidrógeno deben referirse al fuerte aumento de la síntesis de amoníaco en muchos países y sobre todo a la importancia continuamente creciente de los métodos de hidrocracke e hidrogenación en las refinerías (craqueo de hidrocarburos con simultánea adición de hidrógeno y eliminación del azufre que contiene las fracciones, en forma de SH_2).

En la actualidad son tres los métodos que vienen en consideración para la producción de hidrógeno con empleo de fracciones de petróleo.

1. Deshidrogenación de hidrocarburos saturados.
2. El Reformado en fase vapor.
3. La combustión parcial.

4.21 Aplicación de las Herramientas Estadísticas al proceso de Ciclohexano.

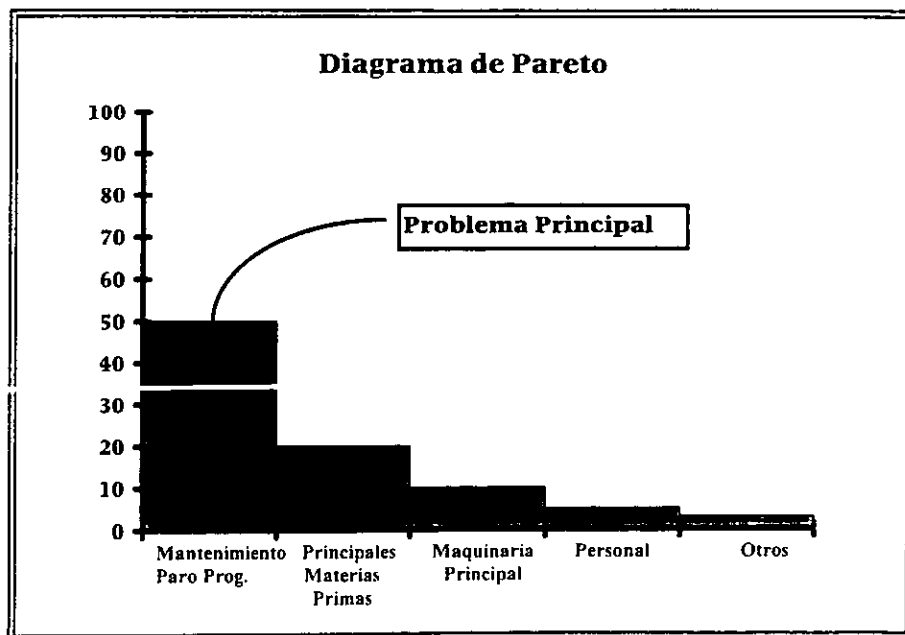
Etapa 1. Selección del Problema

La planta de producción de Ciclohexano decidió iniciar una campaña para incrementar el porcentaje de pureza del producto final, debido a que esta baja se presenta con frecuencia justamente después de realizar un paro programado mismo que se efectúa cada tres meses.

Para solucionar tal problema se decidió hacer uso de las herramientas Estadísticas. El estudio se inició el 1 de Septiembre de 1997 un día después de haberse realizado un paro parcial en la planta.

El primer paso consistió en averiguar cual era la causa o problema principal que afectaba directamente a la pureza del Ciclohexano y para lo cual se realizó un Diagrama de Pareto de Causas el cual nos arrojó los siguientes resultados:

Figura 4.21



En base a los resultados se estableció el siguiente objetivo:

Mejorar en puntos clave el mantenimiento que se hace en la planta en condiciones de paro programado para aumentar el porcentaje de pureza en el Ciclohexano producido. Llevar a cabo un análisis que proporcione información importante al personal que interviene directamente en el proceso para que le sea más fácil y rápido reconocer las causas que originan efectos no deseables sobre la calidad del producto final.

Etapas 2. Comprender la Situación Actual

Para tener un mejor planteamiento del problema fue necesario comprender cual era la situación que prevalecía en la planta de Ciclohexano por lo cual fue necesario tomar diversas muestras (3 muestras diarias) en un período de 14 días (1-14 de Septiembre de 1997), muestras que se analizaron por medio de dos métodos de medición de pureza de alta resolución usados en el laboratorio de la misma planta. Estos métodos son Cromatografía de análisis y Cromatografía en fase gaseosa.

A continuación daremos una breve explicación de estos dos sistemas:

Cromatografía de análisis:

La Cromatografía es un método relativamente reciente, y a diferencia de otros métodos; éste se emplea en la separación de mezclas muy complejas con la finalidad de conocer los componentes que la forman.

El procedimiento consiste en colocar en un extremo de una tira de papel filtro, una gota de la muestra de la que se requieren conocer los componentes o contaminantes que se encuentran en ella como es el caso del Ciclohexano; se deja que la gota seque y cuando ésta ya se ha secado, entonces se cuelga el papel filtro dentro de un matraz cerrado el cual contiene un disolvente, el que por capilaridad asciende por el papel filtro, cuando el disolvente llega a la gota, los componentes o contaminantes de la mezcla de acuerdo con su solubilidad, se van desplazando en el papel, siendo más rápido el desplazamiento del disolvente que contiene el componente más soluble, y el menos soluble o que ha sido fuertemente absorbido por el papel se mueve a menor distancia, siendo esta la forma en que los componentes al separarse y colorearlos, es posible identificar con facilidad la clase a la que pertenecen y el porcentaje que ocupan dentro de la mezcla examinada al comparar estos resultados con tablas y patrones que contienen las impurezas potenciales que se presentan en el Ciclohexano comercial.

Cromatografía en fase gaseosa:

Esta es una técnica de las más usadas actualmente y que consiste en inyectar en un extremo de un tubo calentado lleno de un sólido finamente dividido o mezclado con un líquido viscoso, la muestra en este caso de Ciclohexano para conocer el porcentaje de pureza que se presenta en dicha muestra. Para ello, por el tubo se hace pasar un gas generalmente helio, el que al vaporizarse junto con los componentes o ser absorbido por el relleno de la columna, al ir saliendo los vapores activan un detector o registro gráfico mismo que tiene una capacidad de 3000 conteos/min. y que por medio de un trazo se determinan los niveles de pureza de la muestra analizada.

Tanto estos métodos como todos los aparatos que comprenden el laboratorio de pruebas químicas de la planta están perfectamente calibrados además de cumplir con las normas ASTM D3054-81 (1985) mismas que describen detalladamente el proceso de análisis de muestras.

La tabla 4.20 muestra los datos obtenidos al medir la pureza del ciclohexano dado en porcentaje.

NOTA: Los límites de Especificación de Pureza para el Ciclohexano son: LEI=99.6% y LES=100%

Turno	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
1° Turno	99.55	99.60	99.62	99.69	99.79	99.80	99.85
2° Turno	99.57	99.58	99.65	99.74	99.80	99.79	99.87
3° Turno	99.57	99.60	99.65	99.79	99.83	99.82	99.89
Turno	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
1° Turno	99.88	99.91	99.89	99.88	99.91	99.90	99.91
2° Turno	99.87	99.89	99.89	99.87	99.90	99.90	99.89
3° Turno	99.90	99.89	99.88	99.88	99.90	99.89	99.88

VMA	VMA
99.91	99.55
99.90	99.57
99.90	99.57

Tabla 4.20

Para realizar el Histograma se hicieron los siguientes cálculos:

1. $n = 42$
2. $X_{\max} = 99.91$ $X_{\min} = 99.55$
3. $a = 0.01$
4. $K = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{a} + 1 = \frac{99.91 - 99.55}{0.01} + 1 = 37$
5. $C' = (K / \sqrt{n})a = (37 / \sqrt{42})(0.01) = 0.057$
6. $C = 0.06$
7. $C_1 = X_{\min} - \frac{a}{2} = 99.55 - \frac{0.01}{2} = 99.545$
8. Construcción de tabla de frecuencias:

Tabla 4.21

Frontera de clase	Valor medio	Conteo	Frecuencia
99.545 - 99.605	99.575	I	6
99.605 - 99.665	99.635		3
99.665 - 99.725	99.695		1
99.725 - 99.785	99.755		1
99.785 - 99.845	99.815	II	7
99.845 - 99.905	99.875	I	21
99.905 - 99.965	99.935		3

9. Medida del eje vertical: Frecuencia
10. Dibujar el Histograma (Figura 4.22).

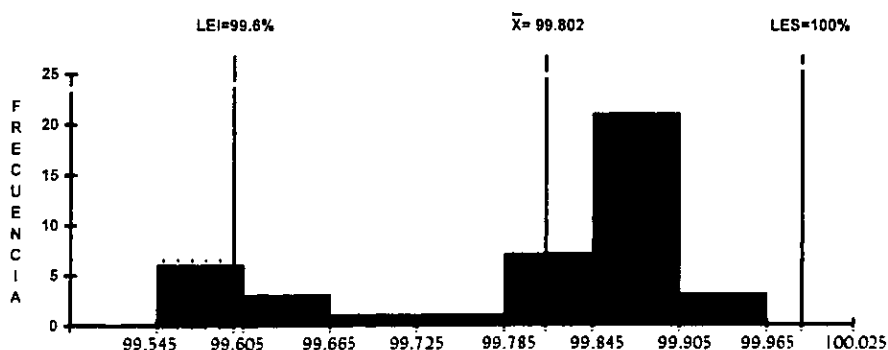


Figura 4.22

Calculando el promedio y la Desviación Estándar de los datos tenemos lo siguiente:

Tabla 4.22

Valor medio	Frec (f)	X	Xf	X ² f
99.575	6	-3	-18	54
99.635	3	-2	-6	12
99.695	1	-1	-1	1
99.755	1	0	0	0
99.815	7	1	7	7
99.875	21	2	42	84
99.935	3	3	9	27
	$\Sigma = 42$		$\Sigma = 33$	$\Sigma = 185$

Para la Media de la muestra:

$$X' = X_0 + (\Sigma Xf / n)(c)$$

$$X_0 = 99.755 \quad c = 0.06 \quad n = 42$$

$$X = 99.755 + (33/42)(0.06)$$

$$\bar{X} = 99.802 \text{ (Media de la muestra)}$$

Para la Desviación Estándar:

$$S = c \sqrt{\left[\Sigma X^2 f - \frac{(\Sigma Xf)^2}{n} \right] / (n-1)}$$

$$S = 0.06 \sqrt{\left[185 - \frac{(33)^2}{42} \right] / 41}$$

$$S = 0.06 (1.9697)$$

$$\therefore S = 0.1181$$

NOTA:

Como se puede observar de la muestra tomada (n=42), solo una pequeña cantidad de ciclohexano producido (aproximadamente un 9.52 %) sale de especificación durante los 3 primeros días después de haber realizado un paro parcial, para corregir tal situación es que se realiza el presente estudio.

A continuación se presenta el formato utilizado para la elaboración del Histograma de la Figura 4.23

PRODUCTO Ciclohexano		DEPARTAMENTO <i>De Pruebas Químicas</i>		FECHA 1-14 de Sept. 97	
CARACTERÍSTICA DE CALIDAD % de Pureza		PROCESO/MAQUINA <i>Producción de Ciclohexano</i>		OPERADOR	
ESPECIFICACIONES % Pureza 99.6 min. (D5054-72 ASTM)		INSTRUMENTO DE MEDICIÓN <i>Cromatografía de análisis</i> <i>Cromatografía en fase gaseosa</i>			
MÉTODO DE MUESTREO Al azar		RESPONSABLE J.Q. Miranda		APROBO Ing. Valdés	
FRONTERAS DE CLASE	VALOR MEDIO (VM)	CONTEO	1 f	2 X	3 fx
					4 x ² f
99.545-99.605	99.575	I	6	-3	-18
99.605-99.665	99.635		3	-2	-6
99.665-99.725	99.695		1	-1	-1
99.725-99.785	99.755		1	0	0
99.785-99.845	99.815	II	7	1	7
99.845-99.905	99.875	I	21	2	42
99.905-99.965	99.935		3	3	9
FORMA DE LA DISTRIBUCION APROX. NORMAL		OBSERVACIONES	$\Sigma f = 42$	$\Sigma fx = 33$	$\Sigma x^2 f = 185$
X M E D I A	$X_0 = 99.755$ $n = 42$ INTERVALO DE CLASE 0.06	S Desviación E s t a n d a r	$S = C \sqrt{(\Sigma fx^2 - (\Sigma fx)^2 / n) / (n-1)}$	CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES	FUERA DE ESPECIFICACION 9.52%
	$X = X_0 + (\Sigma fx / n)(c)$ $X = 99.802$		$S = 0.06(1.9697)$ $S = 0.1181$		DENTRO DE ESPECIFICACION 90.48%

Figura 4.23

Etapla 3. Identificar y Seleccionar las Causas

El siguiente paso consistió en identificar y seleccionar las causas, para lo cual se elaboró primeramente un Diagrama de Causa y Efecto general del proceso de mantenimiento en condiciones de paro programado (Diagrama de Ishikawa) el cual se muestra a continuación:

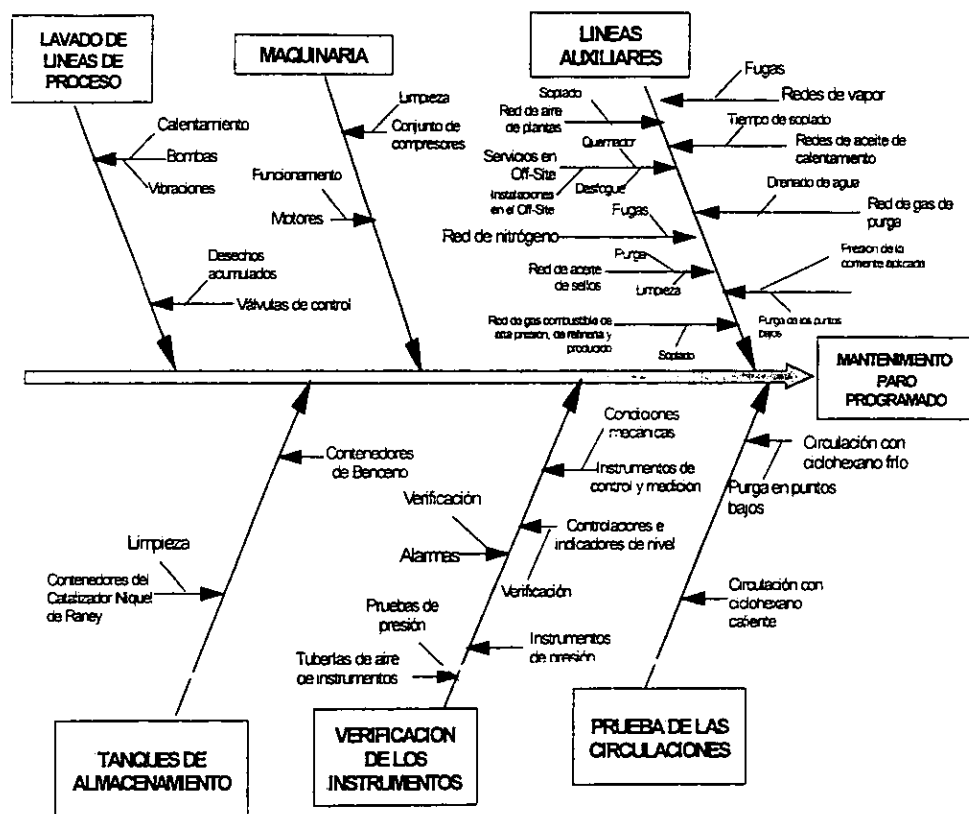


Figura 4.24 Diagrama de Ishikawa General

Se continuó por identificar las causas vitales que producían el bajo porcentaje de pureza en el ciclohexano, después de efectuar un paro programado.

Por esta razón se hizo nuevamente otro Diagrama de Ishikawa tal como se muestra a continuación:

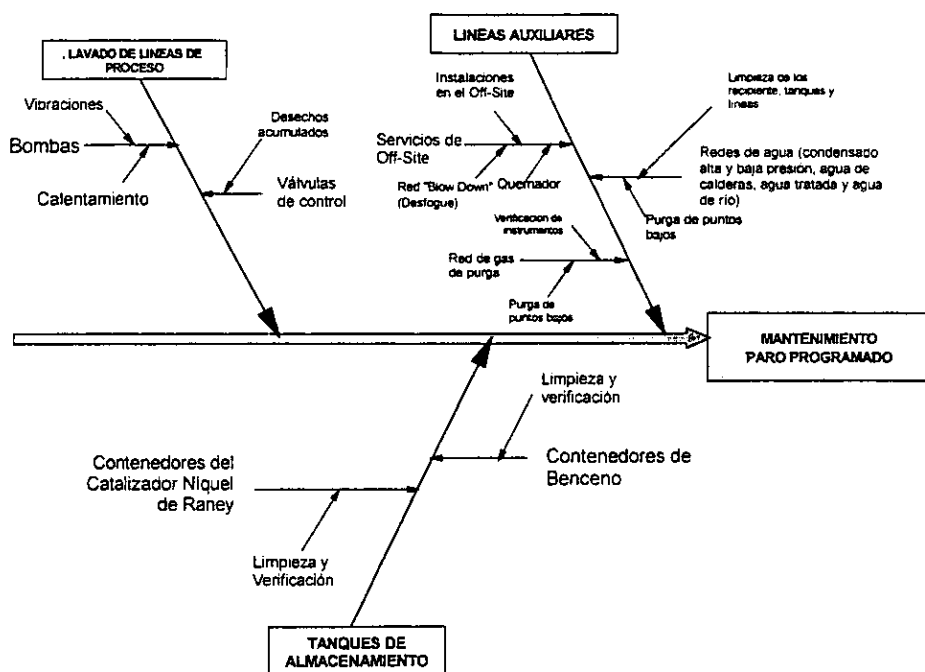


Figura 4.25 Diagrama de Ishikawa de Causas Vitales

Etapa 4. Confirmación de las Causas

Esta etapa es esencial, ya que consiste en confirmar si las causas seleccionadas son verdaderas o no. Para hacerlo se elaboró la tabla 4.23 la cual incluye el método a seguir para confirmar las causas seleccionadas como vitales del Diagrama de Ishikawa de la etapa anterior, también contiene quién fue responsable de hacerlo, la fecha y los resultados obtenidos de la confirmación o prueba efectuada. Estas últimas columnas son llenadas después de la confirmación de las causas.

No.	CAUSA SELECCIONADA	METODO DE CONFIRMACION	PERSONA ENCARGADA	FECHA	RESULTADOS COMENTARIOS	C
1	Redes de agua (Condensado de alta y baja presión, agua de calderas, agua tratada y agua de río).	Checkar los recipientes, las líneas y los tanques que componen a esta sección. Revisar que el proceso de purga en los puntos bajos sea adecuado ya que es aquí donde se juntan los cuerpos extraños que contaminan al ciclohexano.	Fernando	—		
2	Red de gas de purga o hidrógeno	Revisar que se aislé cuidadosamente todos los instrumentos existentes en la red. Purgar los puntos bajos a fin de drenar la mayor agua posible.	Juan Carlos	—		
3	Servicios en Off-Site	Checkar el conjunto de redes del quemador para asegurarse que las tuberías no están obstruidas en ningún punto. Probar y calibrar todas las válvulas de seguridad. Verificar que la red Blow Down sea limpiada perfectamente utilizando vapor de baja presión.	Séctor	—		
4	Servicio de limpieza en proceso	Checkar que no exista ningún cuerpo extraño, dentro de las tuberías y recipientes que pudieran provocar durante la operación de la unidad graves problemas por la obstrucción de las partes móviles de bombas y compresoras.	Fernando	—		
5	Tanques de Almacenamiento	Verificar su estado físico, limpiar y drenar el agua perfectamente.	Alberto	—		

Tabla 4.23

Para confirmar las causas se tuvo que esperar hasta el siguiente paro programado para el 30 de noviembre de 1997.

Antes de la confirmación física de las causas se elaboró un Diagrama de Dispersión para observar el efecto que produce la presencia de impurezas sobre la calidad del ciclohexano.

Para la elaboración de este Diagrama se tomaron como datos las mediciones realizadas después de efectuado el paro parcial con fecha del 1° al 14 de Septiembre de 1997 y que se muestran a continuación:

X = % de impurezas (causa)
 Y = % de pureza del ciclohexano (efecto)

X	Y	X	Y
3	99.55	0.5	99.88
3	99.57	0.5	99.87
3	99.57	0.5	99.90
3	99.60	0.5	99.91
3	99.58	0.5	99.89
2	99.60	0.5	99.89
2	99.62	0.5	99.89
2	99.65	0.5	99.89
2	99.65	0.5	99.88
2	99.69	0.5	99.88
2	99.74	0.5	99.87
1	99.79	0.5	99.88
1	99.79	0.5	99.91
1	99.80	0.5	99.90
1	99.83	0.5	99.90
1	99.80	0.5	99.90
1	99.79	0.5	99.90
1	99.82	0.5	99.89
1	99.85	0.5	99.91
0.5	99.87	0.5	99.89
0.5	99.89	0.5	99.88

Tabla 4.24

Graficando los datos de la Tabla anterior tenemos el siguiente Diagrama de Dispersión:

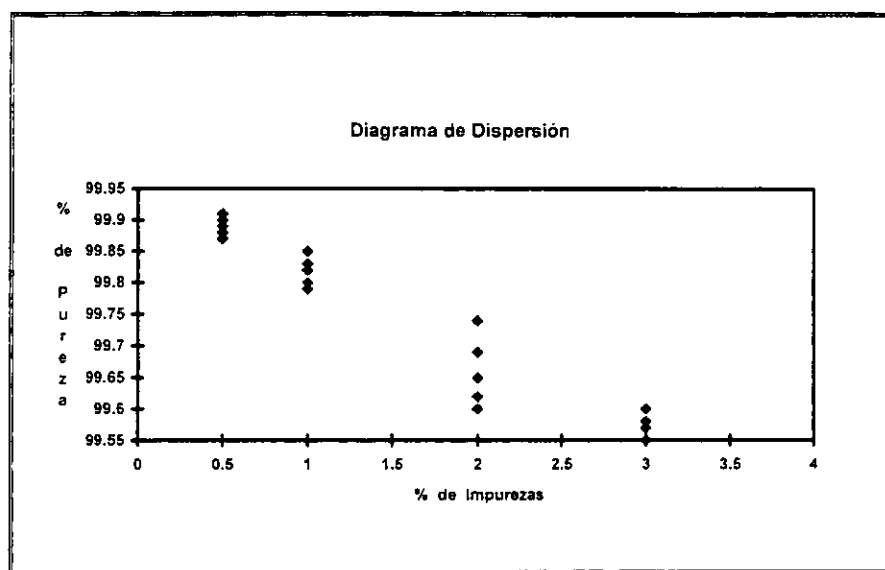


Figura 4.26

El siguiente paso después de construir el Diagrama de Dispersión, fue probar si existe correlación o no y de que tipo, para lo cual se utilizó el método de comparación con patrones comunes, el cual nos dio como resultado que existe una Correlación Negativa, dicho en otras palabras a mayor porcentaje de impurezas, menor porcentaje de pureza de ciclohexano.

Los resultados finales de la aplicación de esta etapa se muestran en forma resumida en la Tabla 4.25. que es la misma que se mostró anteriormente, pero ahora se incluyen los resultados obtenidos en el paro efectuado el 30 de noviembre.

No.	CAUSA SELECCIONADA	METODO DE CONFIRMACION	PERSONA ENCARGADA	FECHA	RESULTADOS COMENTARIOS	C
1	Redes de agua (Condensado de alta y baja presión, agua de calderas, agua tratada y agua de río).	Checar los recipientes, las líneas y los tanques que componen a esta sección. Revisar que el proceso de purga en los puntos bajos sea adecuado ya que es aquí donde se juntan los cuerpos extraños que contaminan al ciclohexano.	Gerardo	30-11-97	Se encontraron muchas impurezas en los puntos bajos de las líneas de agua tanto de baja como de alta presión.	✓
2	Red de gas de purga o hidrógeno	Revisar que se aisló cuidadosamente todos los instrumentos existentes en la red. Purgar los puntos bajos a fin de drenar la mayor agua posible.	Juan Carlos	30-11-97	Se aislaron con cuidado todos los instrumentos de la red y no se encontró ninguna alteración.	X
3	Servicios en Off-Site	Checar el conjunto de redes del quemador para asegurarse que las tuberías no están obstruidas en ningún punto. Probar y calibrar todas las válvulas de seguridad. Verificar que la red Blow Down sea limpiada perfectamente utilizando vapor de baja presión.	Séctor	30-11-97	se aumentó la presión para drenar perfectamente el agua y eliminar todas las partículas extrañas que se presentaron en el conjunto de redes.	✓
4	Lavado de líneas de proceso	Checar que no exista ningún cuerpo extraño, dentro de las tuberías y recipientes que pudieran provocar durante la operación de la unidad graves problemas por la obstrucción de las partes móviles de bombas y compresoras.	Fernando	30-11-97	Se revisaron las bombas y compresoras y su estado es óptimo, solamente se registró un mínimo grado de impurezas en una línea de la red.	✓
5	Tanques de Almacenamiento	Verificar su estado físico, limpiar y drenar el agua perfectamente.	Alberto	30-11-97	El estado de los tanques de almacenamiento de las principales materias primas se encuentran en excelentes condiciones.	X

Tabla 4.25

Con los resultados registrados en la Tabla 4.25 podemos concluir ahora que lo afecta directamente a la pureza del ciclohexano por varios días, es el descuido en la revisión de todos y cada uno de los componentes de las redes de tuberías principales, pues al desbridarlas se encontraron en los puntos bajos muchas impurezas como residuos del catalizador sin procesar, hidrocarburos pesados y diversos cuerpos extraños.

Otro error consistió en la presión de aire con que se soplaban las líneas puesto que esta no era lo suficientemente fuerte para arrojar a las impurezas que se encontraban incrustadas.

Etapas 5. Contramedidas y Toma de acciones Correctivas

Después de haber seleccionado las causas y haberlas confirmado se prosiguió a la elaboración de un plan de contramedidas para contrarrestar su efecto.

Posteriormente en el siguiente paro programado para el 1° de marzo de 1998, se deberá de probar si son o no efectivas.

Contramedidas Decididas

Contramedida 1.

Redes de agua (condensado alta y baja presión, agua de calderas, agua tratada y agua de río).

La acción consistirá en que las redes de condensado de alta y baja presión serán limpiadas partiendo de los cabezales con una fuerte corriente de agua.

Para esto es necesario quitar las juntas y las bridas localizadas junto a los colectores y hacer circular el agua en sentido inverso a su funcionamiento normal con la finalidad de eliminar cualquier cuerpo extraño.

Las redes de agua de calderas serán limpiadas y verificadas haciendo circular el agua por medio de las bombas.

Los recipientes correspondientes a esta área serán lavados y purgados y después llenados de agua de calderas.

Las líneas de alimentación de los enfriadores pueden no ser desbridadas sino simplemente lavadas con una fuerte circulación de agua a través de los enfriadores.

No olvidarse durante la inyección de agua, de purgar las líneas a la atmósfera para eliminar el aire. Es muy importante purgar abundantemente los puntos bajos ya que como se comprobó previamente es aquí donde se juntan los cuerpos extraños o residuos químicos de la reacción.

En conclusión, lavar y purgar totalmente los recipientes y la red de tuberías que comprenden a cada sección.

Contramedida 2

Servicios de Off - Site

Se aumentará la presión de soplado para limpiar el conjunto de redes del quemador con la finalidad de asegurarse que las tuberías no estén obstruidas en ningún punto.

Tomar en cuenta que todas las válvulas de seguridad deberán estar probadas y calibradas antes de instalarse y antes de que se efectúe la operación inicial.

La red "Blow Down" (Desfogue) será limpiada con vapor de baja presión, después de realizar un soplado satisfactorio. Enfriar y purgar el conjunto y conectar la red con el quemador.

Para las instalaciones en el Off-Site. Limpiar las redes con una fuerte corriente de agua si hay una bomba en el circuito, si no soplar perfectamente con vapor frío.

Contramedida 3

Lavado de líneas de Proceso.

La meta de esta operación será eliminar totalmente todo cuerpo extraño, especialmente desechos de construcción como pedacería de fierro, soldadura, e hidrocarburos pesados, etc., que se encuentran frecuentemente dentro de las tuberías y recipientes que conforman a esta sección y que pueden provocar graves problemas por obstrucción de las tuberías o destrucción de las partes móviles de bombas y compresoras además de una considerable baja en el porcentaje de pureza del ciclohexano.

La circulación deberá mantenerse de 12 a 24 horas. Durante el tiempo de lavado las bombas serán estrechamente vigiladas y se remediarán todos los incidentes como el calentamiento anormal, vibraciones, etc. El gasto se ajustará de tal manera que los motores no sean sobrecargados. Durante el lavado purgar frecuentemente los puntos bajos en las purgas existentes de las válvulas de control para eliminar los desechos que se acumulan generalmente en esos puntos.

Al final del lavado, los cambiadores serán alineados al circuito. Los instrumentos deberán estar aislados y las válvulas de purga de esas tuberías serán abiertas.

Al cabo de 12 a 24 horas de circulación si el lavado se juzga satisfactorio, parar las bombas y vaciar la instalación abriendo todas las purgas, los bloqueos de las válvulas de control y los venteos.

Drenar la unidad al máximo, debridar las tuberías en los lugares convenientes a fin de permitir el perfecto escurrimiento del agua.

Se juzga conveniente abrir todos los cambiadores que no tienen directo y limpiarlos ya que numerosos desechos se acumulan en este sitio.

Recolocar las válvulas de control que hallan sido retiradas, verificar su funcionamiento, poner en su lugar las placas de orificio.

Por último verificar el alineamiento de cada bomba.

Etapas 6. Confirmar el Efecto de la Mejora

Después de haber sugerido las contramedidas en la etapa anterior, para solucionar el problema de bajo porcentaje de pureza en el ciclohexano que se presenta justamente después de realizar un paro parcial o programado, se prosiguió a confirmar si éstas realmente mejorarían o no el problema. Para esto fue necesario esperar al paro programado para el domingo 1° de Marzo de 1998; pero antes de aplicar estas contramedidas, fue muy importante ver si las condiciones modificadas de operación para efectuar el mantenimiento eran benéficas.

En este caso, analizando las condiciones de operación y tomando en cuenta las opiniones del personal especializado de la planta, se llegó a la conclusión de que si se realizaba minuciosamente las operaciones de lavado, purgado y soldado tal como se sugiere en las contramedidas, se acortaría el tiempo en que se efectuaba el mantenimiento en aproximadamente dos horas más Tal como lo podemos observar en la siguiente gráfica (Figura 4.27):

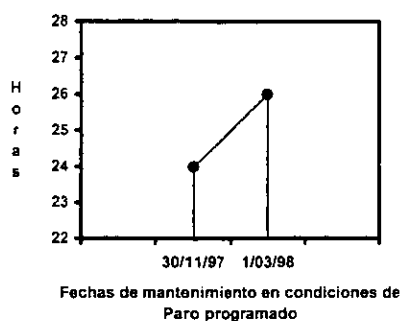


Figura 4.27

Para resolver este problema se solicitó la ayuda del área de Ingeniería Industrial la cual se encargó de optimizar de la mejor manera posible el plan de tiempos y movimientos que se tenía para un paro programado, pero sobre todo lo que realmente resolvió el problema fue la cooperación y el entusiasmo por parte del personal de la planta, para lograr una producción de ciclohexano con un nivel óptimo de pureza justamente después de realizar un paro parcial en la planta.

A continuación mostraremos que realmente las contramedidas aplicadas en el paro parcial del 1° de marzo, ya con el método perfeccionado (tiempos y movimientos) representa una mejora.

Para hacer la comparación y así confirmar el efecto de la mejora, se tomó nuevamente una muestra de $n=42$ en un periodo de 14 días (2 al 15 de marzo) misma que mostramos a continuación.

Turno	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
1° Turno	99.57	99.67	99.75	99.80	99.83	99.87	99.91
2° Turno	99.60	99.70	99.79	99.84	99.87	99.87	99.90
3° Turno	99.65	99.72	99.79	99.82	99.86	99.90	99.90
Turno	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
1° Turno	99.92	99.90	99.89	99.91	99.90	99.90	99.90
2° Turno	99.89	99.91	99.89	99.90	99.90	99.91	99.90
3° Turno	99.90	99.89	99.89	99.90	99.90	99.90	99.90

XM	Xm
99.92	99.57
99.91	99.60
99.90	99.65

Tabla 4.26

Se prosiguió a la realización de un nuevo Histograma para lo cual se hicieron los siguientes cálculos:

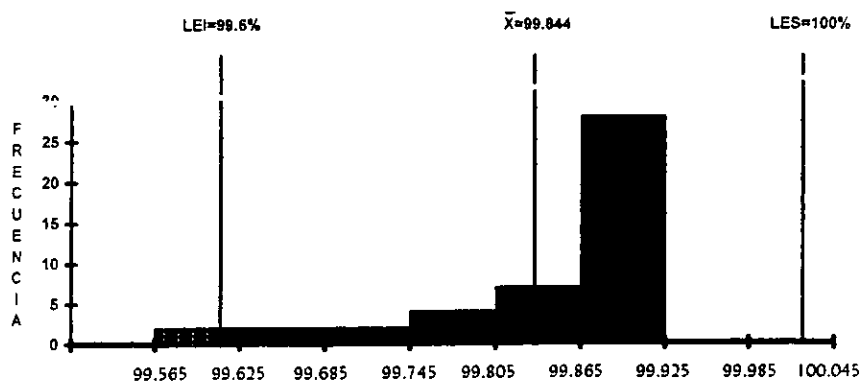
1. $n = 42$
2. $X_{\max} = 99.92$ $X_{\min} = 99.57$
3. $a = 0.01$
4. $K = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{a} + 1 = \frac{99.92 - 99.57}{0.01} + 1 = 36$
5. $C' = (K / \sqrt{n})a = (36 / \sqrt{42})(0.01) = 0.055$
6. $C = 0.06$
7. $C_1 = X_{\min} - \frac{a}{2} = 99.57 - \frac{0.01}{2} = 99.565$
8. Construcción de tabla de frecuencias:

Tabla 4.27

Frontera de clase	Valor medio	Conteo	Frecuencia
99.565 - 99.625	99.595		2
99.625 - 99.685	99.655		2
99.685 - 99.745	99.715		2
99.745 - 99.805	99.775		4
99.805 - 99.865	99.835		4
99.865 - 99.925	99.895		28

9. Medida del eje vertical: Frecuencia

10. Dibujar el Histograma (Figura 4.28).



Calculando el promedio y la Desviación Estándar de los datos tenemos lo siguiente:

Tabla 4.28

Valor medio	Frec (f)	X	Xf	X ² f
99.595	2	-2	-4	8
99.655	2	-1	-2	2
99.715	2	0	0	0
99.775	4	1	4	4
99.835	4	2	8	16
99.895	28	3	84	252
	$\Sigma = 42$		$\Sigma = 90$	$\Sigma = 282$

Para la Media de la muestra:

$$X' = X_0 + (\Sigma Xf / n)(c)$$

$$X_0 = 99.715 \quad c = 0.06 \quad n = 42$$

$$X' = 99.715 + (90/42)(0.06)$$

$$\bar{X} = 99.844 \text{ (Media de la muestra)}$$

Para la Desviación Estándar:

$$S = c \sqrt{\left[\Sigma X^2 f - \frac{(\Sigma Xf)^2}{n} \right] / (n-1)}$$

$$S = 0.06 \sqrt{\left[282 - \frac{(90)^2}{42} \right] / 41}$$

$$S = 0.06 (1.4745)$$

$$\therefore S = 0.0885$$

A continuación mostraremos la comparación de Histogramas antes y después de efectuada la mejora.

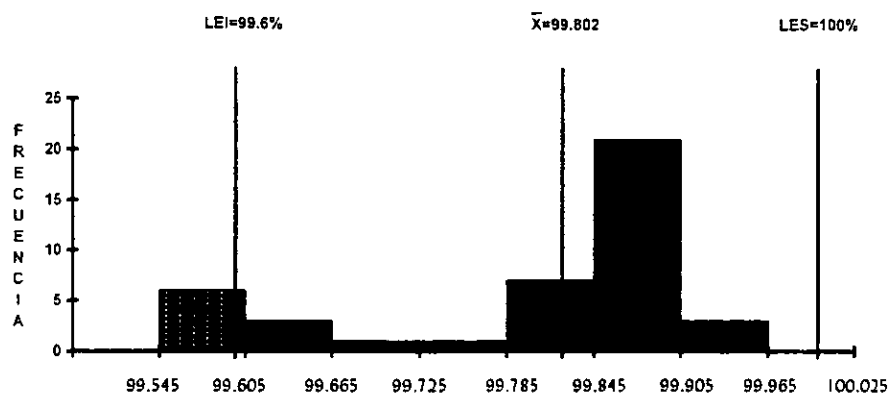


Figura 4.22 Histograma Antes de la Mejora

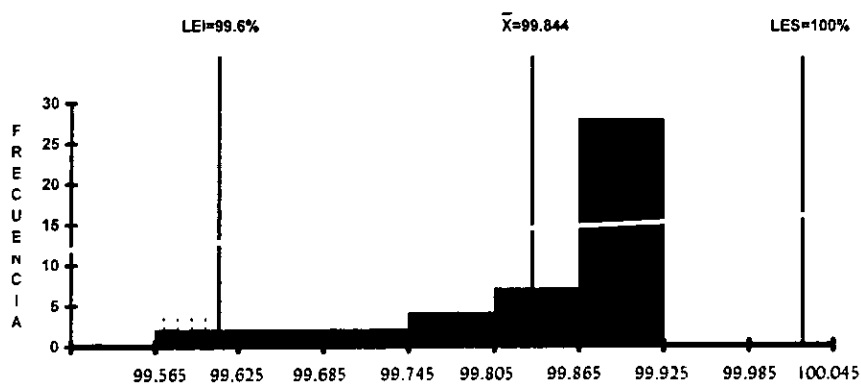


Figura 4.28 Histograma Después de la Mejora

Nota: Como se puede observar, después de aplicar las acciones correctivas se redujo un porcentaje considerable de producto No-conforme producido después de haber efectuado un paro programado, aproximadamente un 7.52%, lo que representa desde el punto de vista económico una buena ganancia.

A continuación se presenta el formato utilizado para la elaboración del Histograma de la figura 4.29

PRODUCTO Ciclohexano		DEPARTAMENTO De Pruebas Químicas		FECHA 2-15 Marzo-98	
CARACTERISTICA DE CALIDAD % de Pureza		PROCESO/MAQUINA Producción de Ciclohexano		OPERADOR	
ESPECIFICACIONES % Pureza 99.6 min. (D3054-72 ASTM)		INSTRUMENTO DE MEDICION Cromatografía de análisis Cromatografía en fase gaseosa			
METODO DE MUESTREO Al azar		RESPONSABLE J.Q. Miranda		APROBO Jag. Valdés	
FRONTERAS DE CLASE	VALOR MEDIO (VM)	CONTEO	1 f	2 X	3 fx
					4 x ² f
99.565-99.625	99.595	II	2	-2	-4
99.625-99.685	99.655	II	2	-1	-2
99.685-99.745	99.715	II	2	0	0
99.745-99.805	99.775	IIII	4	1	4
99.805-99.865	99.835	IIII	4	2	8
99.865-99.925	99.895	IIII IIII IIII IIII IIII III	28	3	84
FORMA DE LA DISTRIBUCION APROX. NORMAL		OBSERVACIONES	$\Sigma f = 42$	$\Sigma fx = 90$	$\Sigma x^2 f = 282$
X M E D I A	X _o = 99.715 n = 42 INTERVALO DE CLASE 0.06	S Desviación	$S = C \sqrt{[\Sigma fx^2 - (\Sigma Xf)^2 / n / (n-1)]}$	CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES	FUERA DE ESPECIFICACION 2%
	X = X _o + (Σfx/n)(c) X = 99.844	E s t a d i s t i c i o	S=0.06(1.4745) S=0.0885		DENTRO DE ESPECIFICACION 95.5%

Figura 4.29

Etapas 7. Estandarización de la Acción Correctiva

Después de haber confirmado el efecto de la mejora, actualmente esta en proceso la Estandarización de las acciones correctivas sugeridas ya que es importante mencionar que esta investigación pertenece a una prueba piloto de aplicación de Herramientas Estadísticas para el mejoramiento de la Calidad del producto final y para un proceso de Estandarización se requiere llevar a cabo procedimientos administrativos, de operación, de capacitación y educación necesarias para asegurarse de que los cambios formen una parte integral del contenido de trabajo de cada uno de los involucrados, mismas que serán realizadas por el personal de la Unidad de Programación y Evaluación para su plena aceptación.

Etapas 8. Conclusión del Proyecto

Para llevar a cabo este estudio fue necesario profundizar y evaluar al proceso de producción de Ciclohexano con la finalidad de rastrear el problema que repercutía directamente en el bajo porcentaje de pureza del Ciclohexano producido en la planta.

Realmente tomo tiempo resolver el problema (6 meses) aplicando las Herramientas Estadísticas debido a que nos enfrentamos a un problema crónico, el cual no se podía resolver por otros medios. Sin embargo los resultados que obtuvimos fueron muy satisfactorios tal como se demostró, además de que adquirimos una experiencia invaluable en todo lo referente a la aplicación de Herramientas Estadísticas en procesos químicos para resolver problemas que afectan a la calidad del producto final.

Por último es importante mencionar que la planta de Ciclohexano fue certificada aproximadamente desde hace dos años ya que cumple con todas las normas especificadas por la Serie ISO 9000, lo que da por resultado una unidad controlada aproximadamente en un 95 %.

Conclusiones

Durante el desarrollo de esta investigación pudimos comprobar que el uso de las Herramientas Estadísticas nos permiten organizar las informaciones que se tienen sobre el proceso y que facilitan las tomas de decisiones necesarias para pasar a la acción.

La aplicación de estas herramientas a los dos casos prácticos nos llevó a un proceso de análisis el cual abarcó tres grandes etapas que fueron:

- ☞ Análisis y descripción del pasado del proceso mediante la recolección de datos.
- ☞ Modelizar el futuro con la ayuda de los datos del pasado.
- ☞ El último punto fue la evaluación del proceso, no solamente para ver si cumplía con el modelo establecido (estándares), sino para localizar puntos críticos, antes de definir acciones correctivas o de mejora.

No podemos dejar de mencionar que el desarrollo de esta Tesis implicó dos problemas muy importantes a resolver, el primero fue la dificultad de entender los procesos tanto el de transportación de Petróleo y sus derivados por Ductos como el de Producción de Ciclohexano ya que estos comprenden las áreas de Química y Petroquímica mismas que para nosotras eran desconocidas casi en su totalidad.

Es importante mencionar que todos los procesos que se llevan a cabo dentro de PEMEX-REFINACIÓN son sumamente complejos pues intervienen en ellos una infinidad de factores a considerar para poder tener una buena panorámica de análisis.

El segundo problema al que nos enfrentamos y que consideramos el más importante fue la obtención de información y datos adecuados para realizar nuestro análisis ya que existen políticas dentro de Petróleos Mexicanos que restringen de sobremanera la información; por esta causa los datos establecidos dentro de los dos análisis solamente se asemejan a la realidad en un 80%, es decir corresponden a una muestra representativa; puesto que el uso de las Herramientas Estadísticas aún no ha sido estandarizado en todos los

Conclusiones

procesos, por consiguiente no existe una política sobre el manejo de información que facilite su aplicación, lo que hace de los dos casos prácticos una prueba piloto cuya finalidad es demostrar la ventaja que representa el aplicar las Herramientas dentro de los procesos de PEMEX-REFINACIÓN.

Para obtener la información y datos que necesitábamos fue necesario elaborar una serie de cuestionarios apoyados en Técnicas de la Entrevista incluso en algunas preguntas se utilizó la Técnica de Benchmarking; esto con el objetivo de tener preguntas muy claras cuyas respuestas nos arrojaran datos precisos y que estos mismos cuestionarios no representaran ninguna complicación ni mucho menos una inversión considerable de tiempo para las personas hacia las que iban dirigidos.

Después de que obtuvimos la información y de darle un ordenamiento sistemático, fue entonces cuando pudimos aplicar las Herramientas Estadísticas y comprobar realmente que representan un instrumento al servicio de una política de prevención y de mejora continua. Pues en esencia nos llevó a definir medidas preventivas para evitar los problemas que se estaban suscitando dentro de estos dos casos, además de prever en cierto grado que no se vuelvan a repetir estas vicisitudes detectadas y de dejar antecedentes que facilitarán en el futuro la rastreabilidad de cualquier otro problema que se presente.

La realización de esta Tesis significó para nosotras un gran reto debido a que partimos casi de la nada ya que solo contábamos con conceptos puramente teóricos, pero gracias al apoyo y colaboración del equipo que forma la Superintendencia de Sistemas de Calidad pudimos lograr una conclusión favorable de esta Tesis.

Bibliografía



1. Annual Book of ASTM Standards (1993)
Volume 06.04 Paint - Solvents; Aromatic Hydrocarbons.
Section 6 Paints, related coatings, and aromatics.
Publication Code number (PCN): 01-060493-14.
ASTM 1916 Race Street, Philadelphia USA.
American Society for testing and materials, Philadelphia P.A.
2. Arrona H: Felipe J.
Herramientas Básicas para Planeación y Mejora de la calidad
ICASA Editorial
Monterrey, N.L., 1990
305 páginas
3. Astle Melvin J.
Petroquímica
Traductor: Dr. Pedro A. Badin
Editorial Kapelusz S.A. Buenos Aires, Argentina 1962
Colección Universitaria Serie: Química
310 páginas
4. Blanco Jesús y Linarte Ricardo
Catálisis (fundamentos y aplicaciones industriales)
Editorial Trillas México, D.F.
Primera edición, junio 1978
170 páginas
5. Considine Douglas M.
Tecnología del Petróleo
Traducción: Roberto Palacios Martínez
México, D.F., Editorial, Publicaciones Marcombo, S.A.. 1988
394 páginas

Bibliografía

6. Colunga Dávila Carlos
Administración para la Calidad: Como hacer competitiva a nivel mundial una empresa.
Editorial México: Panorama, 1995
161 páginas
7. Control Estadístico de Procesos
Editado por el ITAM
Notas del curso: Administración de la Calidad
8. Ductos - Organo de Información del Comité Interorganismos de Ductos.
Publicación Bimestral No. 3 Año 1
Septiembre - Octubre 1997
Institución responsable: PEMEX - REFINACION
32 páginas
9. Especificaciones de Productos Petrolíferos Junio 1996
Institución responsable: PEMEX - REFINACION
Subdirección de Producción
Gerencia de Control de producción
Unidad de Control químico
210 páginas
10. Fea Guglielmetti Ugo
Competitividad es Calidad Total/Manual para salir de la Crisis y generar empleos
Serie: Creación y desarrollo empresarial
México, Editorial Alfaomega 1995
251 páginas
11. Feigenbaum Armand V.
Control total de la Calidad
Traducción: Ma. Ascensión G. de la Campa Pérez Sevilla
Editorial: C.E.C.S.A. México, D.F. 1994
Tercera edición 1994
922 páginas
12. Folgar Oscar Francisco
Aseguramiento de la Calidad ISO 9000
Buenos Aires, Argentina 1996
Ediciones Macchi
341 páginas

Bibliografía

13. Garaicochea P. Francisco
Apuntes de Transporte de Hidrocarburos
Editado por la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
Departamento de Exploración del Petróleo
Unidad de difusión de Facultad de Ingeniería (1990)
210 páginas
14. Hitoshi Kume
Herramientas estadísticas Básicas para el mejoramiento de la Calidad
Traducción: Eloísa Vasco Revisión Técnica: Daniel Tarquino
Colombia, Editorial Norma, 1994
220 páginas
15. Juran J.M.
Juran y el Liderazgo para la Calidad
Traducción: Jesús Nicolau Medina y Mercedes Gozalbes Ballester
Ediciones Díaz de Santos, S.A.
Madrid, España 1990. 2ª Edición
363 páginas
16. Juran J.M./Gryna Frank M.
Análisis y Planeación de la Calidad
Traductor: Ismael Warleta de la Quintana
Editorial Barcelona; México: Reverte 1984
736 páginas
17. Manual de Especificaciones PEMEX - REFINACION
Autorizado por las Subdirecciones Comercial y de Producción.
Año 1997
115 páginas
18. Memoria Descriptiva y Justificativa del conjunto de Plantas para la obtención de Aromáticos y
solventes en el complejo industrial de la Cangrejera, Veracruz.
Varios autores.
Publicado por el Instituto Mexicano del Petróleo
Ubicación: Facultad de Química UNAM
310 páginas.

Bibliografía

19. Norma Mexicana IMNC
Administración de la Calidad y elementos del sistema de Calidad
Parte 4: Directrices para el mejoramiento de la Calidad
NMX-CC-006/4: 1996 IMNC ISO 9004/4:1993
COTENNSISCAL
ASOCIACION MEXICANA DE CALIDAD A.C.
INSTITUTO MEXICANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION A.C.
Primera edición, Mayo 1996
34 páginas
20. Perfil del Producto Ciclohexano
Institución responsable: PEMEX-REFINACION
Subdirección Comercial
Coordinación de Mercadotecnia y Planeación Comercial
Diciembre de 1988
50 páginas
21. Petróleos Mexicanos Norma 3.374.02
Sistemas de Tuberías de transporte de petróleo (Construcción)
Institución responsable: Instituto Mexicano del Petróleo (1985)
165 páginas
22. Procesos Típicos y Tendencias Tecnológicas en la Refinación
Institución Responsable: Instituto Mexicano del Petróleo
NUM. 2 Julio 1997
30 páginas
23. Requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, mantenimiento e inspección de tuberías de transporte.
Norma VIII - 1 (1984)
Institución responsable: Instituto Mexicano del Petróleo (Subdirección General de Capacitación)
156 páginas
24. Revista PMT (Promotora Mexicana de Tuberías)
Institución responsable: Promotora Mexicana de Tuberías
Periodicidad (Bimestral)
Boulevard de las Bahías s/n
Interior Isla del Cayacal
Lázaro Cárdenas, Michoacán
NUM. 14 Octubre 1997
26 páginas

Bibliografía

25. Sistemas de Gestión de la Calidad ISO 9000: Directrices para las empresas de países en desarrollo.
Bajo la autorización de: Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT
Organización Internacional de Normalización (ISO)
Ginebra, suiza: CCI, 1993 XVII
288 páginas
26. Schroeder Roger G.
Administración de Operaciones: Toma de Decisiones en la función de operación.
Traductor: Jaime Gómez Montaraiza
Revisión Técnica: Marcia González Osuna
México: Mc Graw-Hill, 1983
Tema: Decisión
734 páginas
27. Stobaugh Robert B.
Petrochemical Manufacturing and Marketing Guide
Volume 1: Aromatics and Derivatives
Gulf Publishing Company, Houston, Texas 1986
241 páginas
28. Tegeder Fritz and Mayer Ludwig
Métodos de la Industria Química
Versión española por el Prof. Dr. Rafael Usón
Editorial: Reverté, S.A. Barcelona 1980
238 páginas
29. Vachette Jean-Luc
Mejora continua de la Calidad (Control estadístico del Proceso)
Gestión Empresarial
Traducción autorizada por Amélioration continue de la qualité
Ediciones CEAC, S.A. 1992 Barcelona España
307 páginas
30. Waller Jenny, Allen Derek, Burns Andrew
El Manual de administración de la Calidad
Traducción: Juan Carlos Jolly
México, Editorial Panorama S.A. de C.V., 1995
243 páginas

Bibliografía

31. Whithier Pierre
El Petróleo: Refino y tratamiento químico
Traducción: Manuel Alzola González
Publicaciones del Instituto Francés del Petróleo
Editorial CEDSA S.A., Madrid 1996
286 páginas
32. Zairi Mohamed
Administración de la Calidad Total para Ingenieros
Traductor: Antonio Eroles Gómez
México, D.F, Editorial Panorama, 1993
316 páginas
33. Zuccolotto M. Héctor
Calidad Total aquí y ahora
Tema: Círculos de Calidad
Editorial Panorama, México, D.F, 1992
169 páginas

Glosario

A₂ Factor para facilitar el calculo de los limites de control $A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$

A₃ Factor para facilitar el calculo de los limites de control $A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$

Alúmina: Oxido de aluminio (Al₂O₃) que se halla en la naturaleza, ya puro y cristalizado (corindón, zafiro y rubí) ya formado con otros cuerpos como las arcillas y los feldespatos es el componente principal del esmeril natural y de la bauxita (mena de aluminio).

Aluminio: El aluminio funde a 660°C y hierve a unos 2330°C. Su conductividad térmica es tres veces mejor que la del hierro y sólo la mitad de la del cobre. También se utiliza aluminio como reductor para reacciones químicas. Utilizando polvo de aluminio se puede obtener metales como el cromo y el manganeso, exentos de carbono, a partir de sus óxidos que son difícilmente reducibles (aluminotermia), o se puede producir hierro líquido a partir de sus óxidos y sin suministro de energía exterior.

Anodo de sacrificio: Es aquel que se consume al proporcionar la corriente de protección. Esta fabricado de un material que presenta menor resistencia que el material de la tubería al paso de la corriente lo que ayuda a evitar la corrosión por corriente electrolítica.

Azufre: Elemento no metálico divalente del grupo del oxígeno, de color amarillo, insípido; símbolo S; número atómico 16; peso atómico 32.006; insoluble en agua pero soluble en bisulfuro de carbono; se presenta en varias formas alotrópicas; es muy abundante en la naturaleza, sobre todo en forma de sulfuros y sulfatos, y hasta nativo en los volcanes. Es componente de muchas materias orgánicas e indispensable para la vida; reacciona con los metales para formar sulfuros y arde en el aire con llama azul formando anhídrido sulfuroso. Su más importante aplicación industrial es en la preparación de ácido sulfúrico; se usa también en la fabricación de pólvora, cerillas, pulpa de papel, caucho vulcanizado, insecticidas y fungicidas, etc., y en medicina (ejemplo: drogas sulfas como sulfanilamida y sulfatiazol).

B₆ Factor que se utiliza en el cálculo del limite de control superior en la carta S cuando σ es conocido.

B₅ Factor que se utiliza en el cálculo del limite de control inferior en la carta S cuando σ es conocido.

Bls, bl: Barril Unidad de medida utilizada en el petróleo y sus derivados que equivale a 159 litros.

Brida: Reborde en forma de disco o platillo con que terminan los tubos o árboles que han de empalmarse en sus extremos así como los cilindros de los motores para sujetar sus envueltas.

Glosario

C Es el número de defectos por unidad muestreado.

C_{pk} , C_p y C_{pm} Índices de Capacidad del proceso.

C_4 Factor que se emplea en el cálculo de la línea central de la carta S cuando σ es conocido. Depende del tamaño de los subgrupos.

Característica de control: Es una variable que se usa para conducir el control de un proceso.

Colector: Conducto subterráneo en el cual vierten las alcantarillas sus aguas.

Control: Es el proceso empleado para satisfacer normas o estándares.

Copas de Uretano: Sirven para desplazar el líquido y tienen resistencia a los hidrocarburos con un mínimo de hinchazón, también sirven para sellar contra las paredes del tubo e impulsar el diablo.

Corrosión localizada: Es una corrosión que se desarrolla en zonas específicas de una superficie metálica. Esto da como resultado el desarrollo de cavidades que pueden ir desde profundas y de diámetro pequeño hasta las depresiones relativamente poco profundas.

Corrosión por corriente electrolítica: Es una forma de corrosión localizada. Es el ataque de las superficies metálicas que están en contacto con la tierra.

Pueden presentarse de dos tipos:

- Corrosión debido a la tierra.
- Corrosión debida al ataque de corrientes vagabundas, en las que las corrientes electrolíticas manejadas externamente causan daños a la superficie de la tubería que esta en contacto con la tierra.

Daño por hidrógeno: Deterioro de las propiedades mecánicas de un metal debido a la interacción de este con algún compuesto del hidrógeno. Esta interacción puede ser de tal magnitud que provoque que el metal sea inadecuado para su uso o pueda fallar en el servicio. Por ejemplo puede llegar a causar ampollas en el metal, mismas que en un momento dado provocan una fractura.

Datos: En estadística son valores numéricos referidos a cierta variable.

Datos estadísticos: Son datos que provienen de mediciones y conteos.

Dato verbal: Dato que proviene de la intuición y de la lógica.

Glosario

Dato continuo: Datos que proviene de mediciones.

Dato discreto: Datos que proviene de conteos.

Decantación: Inclinar lentamente un recipiente para que caiga el líquido sin que saiga el sedimento formado en el fondo. Por decantación se entiende también como la forma de extraer la esencia de una cosa.

Defecto (no conformidad): Falta de conformidad a alguna especificación, o falla, de un producto (un mismo producto puede presentar varios defectos a la vez).

Defectuoso (No conformante): Unidad de producto o artículo con uno o más defectos.

Derecho de vía: Área específica asignada, principalmente sin construcciones que obstruyan el paso libre de un ducto.

Desulfurar: Quitar a un cuerpo todo o parte del azufre que contenga.

Detector electromagnético: Instrumento ubicado en el interior del ducto que indica el paso del diablo durante las corridas.

Diablo: Este instrumento se emplea en la limpieza e inspección interior de los ductos. También conocido como "cochino".

Diagrama de control: Herramienta gráfica que permite monitorear un proceso en el tiempo. Su finalidad es proporcionar evidencia sobre cuando conviene intervenir sobre un proceso y cuando dejarlo en paz.

Diagrama de control para atributos: Diagramas que se utilizan para procedimientos que idenuican piezas con múltiples característica de calidad que están fuera de especificación dentro del criterio "PASA-NO PASA".

Diagrama de control para variables: Se utiliza cuando se efectúan mediciones de una característica de calidad.

d_2 Factor de sesgo en la estimación de σ tabulados en función de n . Se emplea para el calculo de los límites de control de la carta R cuando se conoce σ .

D_1, D_2 Factores que se emplean en el calculo de los límites de control en la carta R cuando se conoce σ .

Glosario

D₃, D₄ Factores empleados en el cálculo de los límites de control para la carta R cuando no se conoce σ .

Esfuerzo a la tensión: Es la carga aplicada dividida entre el área de la sección transversal de la tubería.

Esfuerzo tangencial: Es el esfuerzo producido por la presión de un fluido en la pared de un tubo, que actúa circunferencialmente en un plano perpendicular al eje longitudinal del tubo.

Estadística: Conjunto de técnicas y métodos para la generación y el análisis de datos así como de obtención de inferencias (afirmaciones rigurosas e inteligentes) acerca de un fenómeno del cual se seleccionaron los datos.

Estadística Descriptiva: Es aquella que aplica los procedimientos que permiten organizar y resumir los datos colectados, de modo de tener una presentación ordenada de ellos.

Estadística Inductiva: Es aquella que trata de obtener conclusiones generales a partir de datos que se deducen de muestras para la correcta toma de decisiones.

Estandarización: Hacer de acuerdo a un modelo.

Etanol: Alcohol etílico.

Examen visual: Este examen visual comprende la percepción a la vista de defectos de fabricación y daños de manejo del tubo. Los tubos encontrados defectuosos deben ser sustituidos.

Exotérmico: En términos químicos es la reacción que se produce con desprendimiento de calor.

Factor de eficiencia de junta: Es un factor que depende del proceso de soldadura de la tubería y que se utiliza para obtener el esfuerzo apropiado al multiplicar el esfuerzo máximo permisible.

Fluido de prueba: Fluido que se emplea para la ejecución de la prueba hidrostática. Este puede ser agua o algún derivado del petróleo que no se vaporice a la presión atmosférica.

Gas amargo: Gas que contiene ácido sulfhídrico y bióxido de carbono.

Glosario

Índice de la capacidad de un proceso: Indicador que compara la distribución de probabilidad de una característica de calidad con sus especificaciones.

Intercambiador: Aparato que permite el calentamiento o enfriamiento de un fluido por medio de otro fluido que se encuentra a diferente temperatura y separado del primero por una pared metálica.

Item: Cada uno de los elementos de que consta un conjunto de informaciones procesables.

Junta: Material de relleno tal como cuerda de algodón impregnada de grafito y que se emplea para rellenar las cajas de estopas de las bombas etc.

LC Línea central, esta representada por la media ($\bar{X}$) de las muestras.

LCI Límite de control inferior, se determina a partir de 3σ por debajo de la línea central.

LCS Límite de control superior, se determina a partir de 3σ sobre la línea central.

LEI Límite Inferior de especificación, se emplea en los histogramas para determinar que porcentaje de la población, producto, lote, etc. se encuentra por debajo las especificaciones.

LES Límite Superior de Especificación, se emplea en el Histograma para determinar que porcentaje de los población, producto, lote, etc. Se encuentra por encima de las especificaciones.

Media: Medida de tendencia central. Es el valor alrededor del cual se localizan los datos.

Medidas descriptivas: Medidas de tendencia central como son:

- a) Media
- b) Mediana
- c) Moda

Medidas de dispersión como son:

- a) Rango,
- b) Desviación estándar

Micra: Unidad de medida equivalente a la milésima parte de un milímetro.

Moda: Valor que con mayor frecuencia se presenta en una agrupación de datos.

Glosario

Monóxido de Carbono: Gas incoloro, inodoro y venenoso (CO), que arde con llama azul pálida y se produce en las combustiones incompletas; se emplea como aceite reductor en varios procedimientos industriales, y para el alumbrado; una parte de monóxido de carbono en 10.000 de aire es suficiente para producir síntomas de envenenamiento; se halla presente en el escape de automotores.

Muestra: Subconjunto de una población que contiene las mediciones obtenidas en un experimento, también se considera el procedimiento a través del cual se obtienen un conjunto representativo de la población.

Muestreo: Conjunto de técnicas de inspección.

Nafta: Hidrocarburo líquido incoloro y volátil, destilado del petróleo, el término se aplica indistintamente a varias sustancias semejantes entre sí, y especialmente al hidrocarburo intermedio entre la gasolina y la benzina que se usa como solvente y combustible.

Naftenos: Nombre del grupo de hidrocarburos saturados polimetilénicos que corresponden a la fórmula C_nH_{2n} , llamados también ciclanos, cicloparafinas y ciclo-oleínas.

np Número de artículos defectuosos.

Nitrógeno: El nitrógeno puro es un gas incoloro, inodoro e insípido, que a -195.8°C , se condensa para dar un líquido incoloro, claro como el agua y se solidifica a -210.5°C , formando cristales blancos. Químicamente, el nitrógeno es relativamente inerte y sólo se le puede hacer reaccionar por suministro de considerables cantidades de energía. El nitrógeno no es venenoso y el "ahogo" en mezclas gaseosas ricas en nitrógeno no se debe a la toxicidad de este sino a la falta de oxígeno. Pese a las grandes cantidades de nitrógeno existentes en el aire (78 vol %) la cantidad total de nitrógeno en la atmósfera, el agua y la corteza terrestre se estima solamente en 0.03% en peso. Los minerales nitrogenados son escasos y los únicos yacimientos de importancia son los de nitrato en Chile.

Número de defectuosos: Número D de artículos defectuosos observado en una muestra con n especímenes.

Odómetro: Consta de dos ruedas que representa una longitud específica de tubería recorrida por el equipo. La localización de los puntos de interés puede ser exactamente determinada mediante el número de indicaciones del Odómetro y la medición de distancias precisas a lo largo de la tubería desde referencias conocidas tales como válvulas e imanes.

p Fracción defectiva. Proporción p entre el número de especímenes defectuosos y el número total de especímenes de la muestra

$$p = \frac{\text{no de defectos}}{\text{No de especímenes}}$$

Glosario

Partículas magnéticas: La inspección por partículas magnéticas consiste en crear un campo magnético transversal al área donde se localiza una soldadura. Este campo tiene la suficiente intensidad para indicar que área de la unión por soldadura presenta defectos en la cara exterior del ducto. Los defectos que pueden detectarse por medio de esta prueba son: soldaduras abiertas, uniones mal soldadas y grietas.

Picaduras: Las picaduras son una forma de ataque corrosivo extremadamente localizado que resulta en agujeros del metal. Las picaduras se inician en los puntos donde son probables las discontinuidades en la película de óxido protector del metal.

Ppm: Partes por millón.

Pirofórico: Sustancia que se inflama al contacto con el aire.

Población: Conjunto de individuos, conjunto total de las posibles mediciones u observaciones de interés para un determinado problema.

Presión de diseño: Es el valor de presión (P) utilizado en la fórmula de espesor mínimo, el cual debe ser mayor al presión máxima de operación en condiciones estables.

$$p = \frac{2st}{d} * F * E * T$$

Presión máxima de operación: Es la presión máxima en cualquier punto de la tubería que puede desarrollarse operando el ducto al 100% de su capacidad en condiciones normales de operación.

Proceso estable: Proceso sujeto solo a variación común. No presenta cambios en la característica de la calidad

Protección catódica: Es un proceso electroquímico cuyo objetivo es prevenir la corrosión causada por corrientes electrolíticas en la superficie externa del ducto. El sistema consiste en hacer circular una corriente directa procedente de un rectificador.

Prueba hidrostática: Prueba que consiste en aplicar la presión máxima de operación o la máxima presión de diseño a un segmento del ducto por un periodo de tiempo determinado, utilizando un fluido de prueba (puede usarse agua). Esta prueba se realiza con el fin de asegurar que un segmento que ha sido reparado o cuando se utiliza tubería nueva se encuentra en óptimas condiciones de operación.

Prueba de ultrasonido: Prueba que tiene el propósito de examinar el estado de las uniones por soldadura, localizando anomalías que puedan presentar estas.

Glosario

Rango: Diferencia entre el mayor valor y el menor valor que se presenta en un agrupamiento de datos. Si la característica de calidad sigue una distribución normal, entonces el rango de la muestra es una variable aleatoria cuya medida es: $R=d_2 \sigma$

Reactor: Aparato Industrial en los que se desarrolla una reacción química.

Rectificador: Aparato alimentado con corriente alterna y que proporciona corriente directa.

S Desviación estándar de la muestra. Si la característica de calidad sigue una distribución normal, entonces la desviación estándar de la muestra S es una variable aleatoria cuya medida es: $s=c_4 \sigma$

Sinterizar: Soldar o conglomerar metales pulverulentos sin alcanzar la temperatura de fusión, con el auxilio de materias extrañas o sin él; en metalurgia se mezcla el hierro con polvos de coque para obtener conglomerados que puedan tratarse en los altos hornos.

Sosa cáustica (Hidróxido sódico): La sosa cáustica es una sustancia incolora e higroscópica que se vende en el comercio en forma de trozos, escamas, hojuelas, granos o barras. Se disuelve en agua con fuerte desprendimiento de calor y la disolución acuosa se llama lejía de sosa. Tanto la sosa cáustica como su disolución acuosa atacan la piel.

La sosa cáustica tiene muchas aplicaciones en la industria química, principalmente en forma de lejía de sosa, que se prepara donde ha de usarse y en cualquier concentración deseada por disolución en agua de la sosa sólida. Como campos principales de empleo, citaremos: Industrias de algodón, seda artificial, plásticos, textiles y de jabón, en la fabricación de diversos productos químicos, etc.

Trampa de diablos: Instalación utilizada para el envío o recibo del diablo. Las trampas de diablos están unidas a las líneas principales, pero aisladas por medio de válvulas con el fin de llevar a cabo las corridas de diablos y tener seguridad mientras se realizan tales operaciones. La diferencia entre las trampas de envío y las de recibo está en el tubo de salida o de llegada. Este es más pequeño en la trampa de envío y tiene el mismo diámetro que la línea. El tubo de salida en las trampas de recibo es más grande porque permite que el diablo penetre o se aloje en la trampa y no se quede atorado en la válvula de paso del diablo.

U Número de defectos por unidad.

Uretano: Compuesto de plástico, comercialmente se le encuentra en dos formas: elastómeros y en forma de espumas.

Glosario

Válvula de Compuerta: Están diseñadas para permitir el fluido en línea recta, con una caída mínima de presión, puede usarse para transportar cualquier líquido, gas o vapor. Este tipo de válvula opera mediante una compuerta que se mueve en forma perpendicular a la línea del flujo y se asienta en medio de dos anillos para obturar el paso del flujo.

Válvula de seguridad: Este tipo de válvulas se emplean cuando se manejan fluidos compresibles (gases y vapores). Permite el escape o relevo del exceso de fluido contenido en un recipiente a presión, antes de que está sobre pase la presión de ruptura.

Válvula de purga: Esta válvula se utiliza cuando el fluido que se maneja es no compresible (líquido). Esta válvula funciona de acuerdo al incremento de la presión.

Variable aleatoria: Es aquella característica de calidad de una muestra cuyo valor no puede conocerse hasta que se observa.

Vástago: Pieza que forma parte de la válvula de compuerta, viene provista de una rosca que se une a la compuerta. Junto con el volante forma el mecanismo de desplazamiento de la compuerta.

Varianza (v): Medida de dispersión que expresa el momento de inercia de un conjunto de datos. Promedio de las desviaciones estándar de los subgrupos al cuadrado.

$$\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Venteo: Exponer al aire.

Vetcolog: Tipo de diablo utilizado en la inspección de la tubería de la línea de transporte.

σ Desviación estándar de la población, como parámetro de la distribución normal se estima como $\sigma = \frac{R}{d_2}$

$\bar{X}$ Media de la muestra $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

μ Media de la población. Como parámetro de la distribución normal se estima a μ como igual a $\bar{X}$.

ρ Densidad