

300617
346
2ej

**UNIVERSIDAD LA SALLE A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA UNAM**

**ESTUDIO DEL MECANISMO Y PARTES DEL
LIMPIAPARABRISAS Y EL CONTROL ESTADISTICO
DE PROCESOS PARA SU PRODUCCION**

**TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE INGENIERO MECANICO - ELECTRICISTA
PRESENTA
RICARDO MUÑOZ ESQUIVEL**

ASESOR DE TESIS: ING. JORGE SALCEDO GONZALEZ.

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

CONTENIDO

	Pág.
Introducción.	
Capítulo 1. Generalidades.	..... 5
Capítulo 2. Calculo de los limpiaparabrisas.	..... 20
2.1. Calculo del motor (Corriente continua).	..... 20
2.2. Calculo de las fuerzas en el mecanismo.	..... 29
2.3. Calculo de la hoja.	..... 37
Capítulo 3. Control Estadístico de procesos.	..... 44
3.1. Variación de conceptos y análisis.	..... 44
3.2. Procedimiento para construir un histograma	..... 59
3.3. Conceptos de carta de control.	..... 68
3.4. Cartas de control por variables.	..... 82
Capítulo 4. Proceso de fabricación de los componentes del Limpiaparabrisas.	..... 95
Capítulo 5. Aplicación del C.E.P (Control Estadístico de Procesos).	..... 103
Conclusiones.	..... 126
Bibliografía.	..... 129

INTRODUCCION

Desde sus inicios el hombre siempre ha buscado la forma de satisfacer sus necesidades, situación que lo ha llevado a superarse continuamente, siempre buscando la forma más sencilla de lograr ésto, debido a que en el trayecto se ha encontrado con muchísimos problemas, por ello, en la actualidad ha alcanzado un nivel de desarrollo y tecnología que lo ha situado en un lugar privilegiado entre los demás habitantes de este planeta.

A través de los siglos el hombre ha logrado avances muy importantes en la ciencia, la cultura y la tecnología con descubrimientos e invenciones de maquinaria que le han servido en todos los aspectos de su vida diaria. Uno de los aspectos fundamentales en este desarrollo se aprecia en la participación de la ingeniería en el desarrollo del transporte de carga. Conforme los sistemas de transporte, ya sean terrestres, marítimos o aéreos, se sofisticaron y adquirieron mayor rapidez de locomoción, la visibilidad de las rutas y caminos se volvió más importante. Con el fin de resguardarse del viento en contra, se crearon los parabrisas. Uno de los principales problemas fué mantener esos parabrisas limpios y con una calidad de visibilidad adecuada para el transporte rápido, por lo que surgió la necesidad de crear un sistema para su limpieza. A esos sistemas, que van desde manuales hasta automáticos, se les

dió el nombre de Limpiaparabrisas, con el cual se les conoce hasta la fecha.

En la presente Tesis se analizarán diversos aspectos estructurales y funcionales de los Limpiaparabrisas modernos que se utilizan básicamente en la industria automotriz, basándonos únicamente en el cálculo del motor, las fuerzas que intervienen en el movimiento y el cálculo de la estructura de la hoja.

A primera vista este tipo de estudio parecería de poca importancia, si se toma en cuenta la complejidad y sofisticación de tantos sistemas que se utilizan en la Industria Automotriz. Sin embargo, además de los aspectos técnicos y científicos muy interesantes, que integran los factores de funcionalidad de los sistemas limpiaparabrisas, los análisis de éstos implican esfuerzos multinacionales de la ingeniería y la Industria Automotriz, para encontrar y manufacturar productos de menor costo y mayor efectividad.

El objetivo de esta Tesis es analizar los conocimientos de Ingeniería que intervienen en el desarrollo de sistemas de limpiaparabrisas que se utilizan en la Industria Automotriz actualmente.

Como objetivo secundario o concomitante del principal anterior, se analizará un proceso estadístico aplicado al control de calidad en la producción de las hojas limpiaparabrisas, para visualizar la importancia de un buen control de producción, así como el impacto que éste tiene ante nuestros clientes.

A continuación se describe brevemente el contenido de cada uno de los capítulos de esta Tesis:

Capítulo 1.- Generalidades: En este capítulo se describe que es un limpiaparabrisas, así como las partes que lo componen y los materiales que se utilizan para su construcción.

Capítulo 2.- Calculo de los limpiaparabrisas: Este capítulo esta dividido en tres secciones, donde se analiza, primeramente que motor vamos a utilizar en nuestro limpiaparabrisas dadas ciertas condiciones para que el torque de éste sea lo suficientemente grande para poder mover nuestro sistema. Después se calculan las fuerzas en el mecanismo, donde se analizará el mecanismo que transmite el movimiento del motor a las hojas que finalmente realizan la tarea de limpiar el parabrisas, así como las fuerzas que intervienen en dicho mecanismo, con esto podemos estudiar si nuestro sistema presenta algún problema de movimiento. Por ultimo estudiaremos la distribución de las fuerzas en la hoja limpiaparabrisas para analizar si ésta es estable.

Capítulo 3.- Control estadístico de procesos: En este capítulo se analiza la teoría del control estadístico de procesos, para que sirve, como se emplea, como se construye un histograma, que es una carta de control, que es una carta de control por variables, así como la importancia de lo citado anteriormente en la industria y algunos ejemplos prácticos de su aplicación.

Capítulo 4.- Descripción de procesos de fabricación: Aquí se analiza el proceso de fabricación de la hoja

limpiaparabrisas, al igual que el del mecanismo y el motor (corriente continua).

Capítulo 5.- Aplicación del control estadístico de procesos: Este capítulo se basa en la aplicación de la teoría analizada en el capítulo 3 de control estadístico de procesos a una característica de la hoja que es la altura del puente. Aunque es aplicable a otras características del limpiaparabrisas, solo se analiza en esta característica debido a que se pretende ejemplificar el uso y funcionalidad del control estadístico de procesos en la fabricación de autopartes.

CAPITULO 1.

GENERALIDADES.

El limpiaparabrisas es una parte vital de cualquier vehículo que tenga parabrisas, ya sea camión, avión o cualquier otro, debido a que gracias a éste se puede contar con la seguridad de poder limpiar el parabrisas del agua, nieve, o lodo que le pueda caer, impidiendo con esto la visibilidad.

Esto se logra por medio del movimiento de la hoja, llamado ciclo, que es el movimiento que describe desde su reposo hasta el punto más alto de su carrera y de regreso nuevamente a su punto de reposo (ver fig. 1.1).

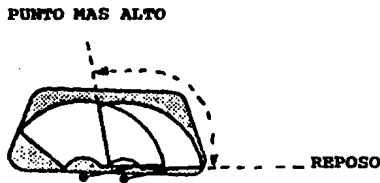


FIGURA 1.1

CICLO DEL LIMPIAPARABRISAS

Los tipos de hoja son clasificados por la manera de conectarse al brazo y por su largo, desde 10" hasta 18".

Existen tres tipos básicos de hojas para autos, que son los siguientes:

1.- Hojas tipo perno: La hoja tiene un conector para aceptar un perno.

2.- Hojas tipo recto: La hoja tiene un conector para aceptar una bayoneta.

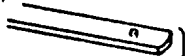
3.- Hojas tipo gancho: la hoja tiene un conector para aceptar un gancho.

Nota: La representación de estas hojas se puede visualizar con la fig. 1.2. donde se representan los extremos de los brazos limpiaparabrisas.

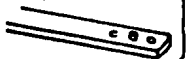
Hay muchos tipos distintos de extremos de brazos que se fabrican para adaptarse a los diferentes vehículos del mercado. Las ilustraciones que siguen muestran algunos ejemplos típicos:

Antes de comprar escobillas nuevas es esencial comprobar:

1. Tamaño y tipo de eje.
2. Longitud del brazo.
3. Tipo de acoplamiento de la escobilla.



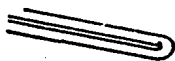
Extremo recto de bayoneta.



Extremo recto especial



Extremo de brazo especial (Varilla doblada) únicamente utilizado en el Toyota Celica.



Extremo de gancho francés.



Extremo de gancho alemán.



Extremo de gancho especial fabricado por S.E.V. Marchal.



Extremo de brazo especial fabricado por S.E.V. Marchal (tipo de pájaro).



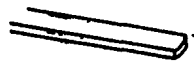
Acoplamiento lateral (pasador en la escobilla). Se utiliza en coches europeos y japoneses.



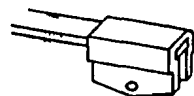
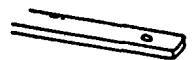
Acoplamiento lateral (pasador en el brazo). Se utiliza en coches americanos.



Brazo con torsión.

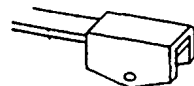


Extremo recto para sujeción por medio de tornillos (sólo en vehículos comerciales). El brazo tiene, a veces, orificios para los tornillos de fijación.



Extremo de horquilla (pequeño)

(Vehículos comerciales)



Extremo de horquilla (grande)

FIGURA 1.2

TIPOS DE BRAZOS LIMPIAPARABRISAS

Cuando se requiera referirse a una hoja, se debe definir su tamaño (largo) y su tipo. Ejemplo: Hoja de 18" tipo perno; ésto con el fin de poder identificar correctamente la hoja, en base a estándares internacionales.

Las partes básicas que componen una hoja limpia parabrisas son:

1.- Puente: Componente que sirve para enlazar a los eslabones (links) y en su parte central acepta el tipo de conector para el cual fue fabricado (perno, recto o gancho) (ver figura 1.3.).

Existen tres tipos básicos de puente, que son:

- a) Puente tipo perno: Se obtiene una hoja tipo perno.
- b) Puente tipo perno o remache: Se obtiene una hoja tipo remache.
- c) Puente tipo gancho: Se obtiene una hoja tipo gancho.

Se pueden combinar estos tres tipos básicos para obtener por ejemplo: de una hoja tipo perno a una tipo gancho o de una hoja tipo perno a tipo recto, en la figura 1.3 solo se representa un caso generico, aunque la representación de estos puentes también se puede visualizar con la figura 1.2.

2.- Eslabón: Componente que sirve de enlace entre el puente y el flexor. El enlace del puente se hace por su parte central y el enlace al flexor se hace por sus extremos (ver figura 1.3.).

Existen dos tipos de eslabones, los fijos y los removibles.

a) Eslabón fijo: Una vez enlazado al puente, no se puede desensamblar, carece de muelle botón.

b) Eslabón removible: tiene una muelle botón que sirve para ensamblar y desensamblar el puente.

3.- Flexor: Componente de acero inoxidable o plástico que sirve de alma al elemento hule, para darle rigidez y flexibilidad necesarias a la hoja limpia parabrisas (ver figura 1.3.).

Solo se clasifican por su largo, de 11" hasta 18".

4.- Elemento de hule: Componente de hule que está en contacto directo con el parabrisas y ejecuta la limpieza del agua, nieve o lodo (ver fig. 1.3).

Se clasifican por su largo y por el número de topes (dos, uno o ninguno).

5.- Conectores: Componente que sirve para enlazar el brazo con la hoja (y técnicamente con el puente de la hoja) (ver fig 1.3).

Existen cinco tipos y dependen del brazo donde se quieran ensamblar.

a) Conector muelle puente: Componente que sirve para alojar a un perno.

b) Conector bayoneta: Componente que sirve para alojar una bayoneta.

c) Conector gancho: Componente que sirve para alojar un gancho.

d) Conector equipo pesado: Componente que sirve para alojar una "U".

e) Conector multifit: Componente que sirve para sustituir a los conectores bayoneta y gancho.

De lo anterior se representa un caso generico en la fig. 1.3, los demás casos se pueden visualizar en la fig 1.2.

6.- Remache: Componente que sirve para enlazar el conector al puente (ver fig 1.3).

Existen casos especiales en donde se utilizan dos eslabones fijos y otros donde en lugar de usar dos links se utilizan cuatro, estas hojas son conocidas como seis apoyos; también hay hojas con dos eslabones y son de cuatro apoyos.

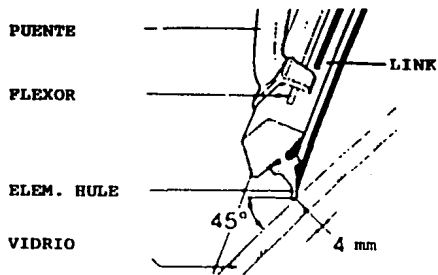
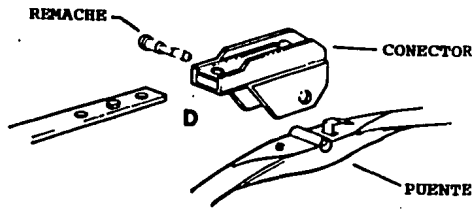


FIGURA 1.3
PARTES BASICAS DE LA HOJA LIMPIAPARABRISAS

El brazo del limpia parabrisas es la parte complementaria de la hoja, el cual sirve de enlace entre el mecanismo que provoca el movimiento ciclico y la hoja (ver fig 1.2).

Los diferentes tipos de brazos están dados prácticamente por los tipos básicos de hojas, es decir:

- Brazo tipo perno.
- Brazo tipo recto y bayoneta.
- Brazo tipo gancho.
- Brazo equipo pesado.
- Brazo tipo perno pesado.

Las partes que a continuación se describen son genéricas para todos los brazos, lo que los diferencia y le da el nombre a cada tipo de ellos es la forma en que esté fabricado uno de sus extremos y el tamaño de los componentes.

1.- Cabeza: Componente de Zamac que es inyectado en un molde y que sirve para ensamblar el total del brazo al automóvil, avión o camión (ver fig 1.4).

2.- Buje: Componente cilindrico de nylon, Bronce o acero inoxidable que se inserta en la cabeza y sirve de eje o poste para el movimiento de la cabeza (ver fig 1.4).

3.- Perno: Componente cilíndrico de acero que inserta en la cabeza y sirve de poste para alojar un gancho o un resorte (1.4).

4.- Canal: Componente de acero que es el cuerpo del brazo, en su extremo más ancho se ensambla la cabeza y en su otro extremo se ensambla una extensión (1.4).

Existen diferentes tipos de canales, dependiendo del brazo al que se haga referencia. La forma es la misma, sólo cambian las dimensiones y el calibre del material.

5.- Extensión: Solera de acero que dependiendo de su forma y terminación, le da el nombre o tipo de brazo. En uno de sus extremos se ensambla la canal (ver fig 1.4).

Las tres terminaciones de extensiones son.

- a) Terminación con un perno de acero inyectado.
- b) Terminación en recto con una proyección (seguro).
- c) Terminación en gancho.

6.- Resorte: Componente para dar una presión requerida en el extremo de la extensión (perno, recto, gancho) (ver fig 1.4).

7.- Gancho: Componente utilizado para conectar el resorte a la cabeza del brazo, el cual permite que el brazo se pueda abatir por grados de la horizontal (ver fig 1.4).

Básicamente Existen dos materiales con los cuales se puede fabricar el brazo de los limpia parabrisas, el plástico y el acero, nosotros basaremos principalmente nuestro estudio en aquellos limpiaparabrisas que se fabrican de acero, ya que éstos se utilizan mucho más en el mercado debido a que no sufren deformaciones con el cambio de temperatura de las estaciones y resisten mucho más la corrosión.

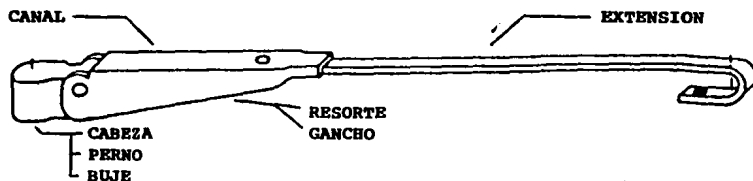


FIGURA 1.4
PARTES DEL BRAZO LIMPIAPARABRISAS

El acero es el nombre genérico para un grupo de metales ferrosos, compuestos principalmente de hierro, el cual debido a su abundancia, durabilidad, versatilidad y bajo costo son los materiales metálicos más baratos.

La versatilidad y durabilidad del acero se puede ver por el gran rango de propiedades mecánicas y físicas que existen en los diferentes tipos de aceros. Con la selección adecuada de carbono, aleaciones y tratamientos térmicos adecuados, el acero se puede hacer tan suave y dúctil, que podemos lograr que tome formas muy complejas en frío, como por ejemplo la carrocería de un automóvil. En controversia el acero se puede hacer extremadamente duro para resistir el uso, o suficientemente rudo para soportar grandes cargas y golpes sin que se deforme o rompa.

Además algunos tipos de aceros están fabricados para resistir el calor y la corrosión del medio ambiente y la gran variedad de químicos.

Los usos del acero son demasiado diversos para ser listados completamente o para servir como base para su clasificación. Muchos grados de acero son fabricados por más de un proceso, por lo que no sería válido hacer una clasificación de aceros basándonos en el método de fabricación. La clasificación más correcta sería por su composición química en los grandes grupos de aceros al carbón, aceros aleados y aceros inoxidable. Dentro de estos

grupos existen muchas subdivisiones basadas en composiciones químicas, propiedades físicas y mecánicas, así como sus usos ver figura 1.5.

Análisis químico nominal, porcentaje											
Tipo	Nombre	Ejemplo	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Otros
					Máxi- mo	Máxi- mo					
10xx	Carbono simple	1020	0.2	0.4	0.04	0.05					
11xx	Maquinado libre	1111	0.1	0.7	0.09	0.12					
13xx	Mn	1330	0.3	1.7	0.04	0.04	0.3				
3xxx	NiCr	3140	0.4	0.8	0.04	0.04	0.3	1.0	0.6		
40xx	Mo	4042	0.4	0.8	0.04	0.04	0.2			0.25	
41xx	CrMo	4140	0.4	0.8	0.04	0.04	0.3		1.0	0.20	
46xx	NiMo	4620	0.2	0.6	0.04	0.04	0.3	1.8		0.25	
47xx	NiCrMo	4720	0.2	0.6	0.04	0.04	0.3	1.0	0.4	0.20	
48xx	NiMo	4820	0.2	0.6	0.04	0.04	0.3	3.5		0.25	
50xx	Cr	5015	0.1	0.4	0.04	0.04	0.3		0.4		
52xx	Cr	52100	1.0	0.4	0.02	0.02	0.3		1.4		
61xx	CrV	6120	0.2	0.8	0.04	0.04	0.3		0.8		0.10 V
81xx	NiCrMo	8115	0.15	0.8	0.04	0.04	0.3	0.3	0.4	0.10	
86xx	NiCrMo	8650	0.5	0.8	0.04	0.04	0.3	0.5	0.5	0.20	
87xx	NiCrMo	8720	0.2	0.8	0.04	0.04	0.3	0.5	0.5	0.25	
88xx	NiCrMo	8822	0.2	0.8	0.04	0.04	0.3	0.5	0.5	0.35	
92xx	Si	9260	0.6	0.8	0.04	0.04	2.0				
93xx	NiCrMo	9310	0.1	0.6	0.02	0.02	0.3	3.0	1.2	0.10	
94xx	NiCrMo	94B30*	0.3	0.8	0.04	0.04	0.3	0.4	0.4	0.10	0.0005 B
98xx	NiCrMo	9840	0.4	0.8	0.04	0.04	0.3	1.0	0.8	0.25	

*"B" Se refiere a la presencia de boro.

FIGURA 1.5

ESPECIFICACIONES QUÍMICAS SAE-AISI

Desde hace muchos cientos de años el hombre conoce el acero, aunque la forma en la cual logró obtenerlo varía, dependiendo de la época y el lugar geográfico.

Hoy en día los procesos que el hombre más utiliza para obtener acero del mineral del hierro son, ya sea por ácidos o los procesos básicos. Carbón, manganeso y silicón son recogidos con cierta facilidad por cualquiera de los dos procesos. Para lograr quitar el fósforo y el sulfuro es necesario lograr ciertas condiciones especiales, las cuales solo se pueden obtener por medio de procesos básicos, en donde obtenemos ciertos compuestos con fósforo y sulfuro durante la operación de refinado, logrando así separarlos del metal. Debido a la naturaleza química de los compuestos, cada proceso se debe de llevar a cabo con equipo alineado con refractores llenos de composiciones químicas adecuadas; de otra forma las mezclas reaccionarían y se neutralizarían provocando la destrucción de nuestro proceso. Aunque el proceso básico se lleva a cabo por medio de recipientes alineados con refractores con dolomita o magnasita, el proceso ácido se lleva a cabo por equipo alineado con refractores ácidos, como arena sílica sinterizada, o ganister.

La oxidación se emplea para transformar desechos en acero. Cada proceso para obtener acero utiliza una forma determinada para controlar la cantidad de oxígeno que entra al proceso de refinamiento. El oxígeno combinado con los

elementos no deseados (con excepción del sulfuro) y inevitablemente con un poco del hierro, para formar óxidos que ya sea que salen del compuesto como gases, o entran en la mezcla. El mecanismo que se utiliza para quitar el sulfuro no involucra directamente la reacción con el oxígeno, pero depende en que la mezcla esté suficientemente básica y las temperaturas estén lo suficientemente altas.

En general, los aceros con composición química similar tienen propiedades mecánicas y físicas similares, sin importar el proceso por el cual fueron obtenidos.

Los limpiaparabrisas que en nuestro caso analizaremos están compuestos de acero SAE 1010 y 1008, cuya composición química es:

SAE 1010	SAE 1008
C . - 0.18 - 0.13	C . - MAX 0.10
MN . - 0.30 - 0.60	MN . - 0.30 - 0.50
P . - MAX 0.040	P . - MAX 0.040
S . - MAX 0.050	S . - MAX 0.050

Otra parte muy importante del limpiaparabrisas es el elemento de hule, ya que este se encarga de barrer el agua o nieve del parabrisas.

El hule que se utiliza en los limpia parabrisas es hule natural al 100%; con carga de negro de humo, ya que es más antiderrapante, según norma SAE JD 200, al cual se le aplica cloro para así lograr hacerlo todavía más antiderrapante.

Aunque en la actualidad las hojas limpiaparabrisas deben ser diseñadas para resistir largos periodos de exposición al sol, lluvias, nieve, temperaturas extremosas, contaminación, sal, alquitrán, así como a los componentes usados en los talleres de lavado de automóviles. La realidad es que aún la mejor hoja limpiaparabrisas pierde su efectividad con el transcurso del tiempo. La parte más crítica del sistema de limpiado, así como la parte con la vida más corta de servicio es el repuesto de hule, no importa en que lugar del país radiquen los usuarios y que uso le den a sus limpiadores; repuestos u hojas, deben de ser revisados cada seis meses o menos.

CAPITULO 2.

CALCULO DE LOS LIMPIAPARABRISAS.

2.1. CALCULO DEL MOTOR (CORRIENTE CONTINUA).

Para el limpiaparabrisas se utilizará un motor de corriente directa con imanes permanentes. Para un sistema común se utilizará un tornillo sin fin con engrane y para sistemas menos comunes, como el caso de los limpiaparabrisas traseros y los limpiaparabrisas de los faros se utilizarán hasta dos juegos de engranes para transformar el movimiento rotatorio en oscilatorio. (Varillaje de cuatro barras, mecanismo de cremallera y piñón, mecanismo de rueda de manubrio, tornillo sin fin) (ver fig. 2.1). Con el fin de tratar de visualizar mejor este movimiento ver figura 2.2 donde aparecen otras vistas del motor donde va conectado el mecanismo.

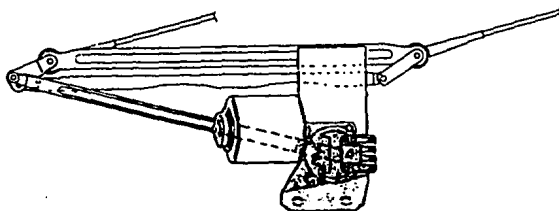
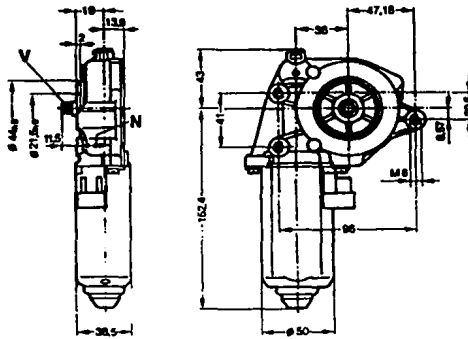
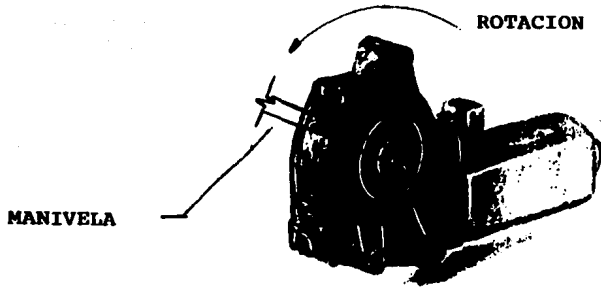


FIGURA 2.1

TRANSFORMACION DEL MOVIMIENTO ROTATORIO EN MOVIMIENTO
OSCILATORIO



N Altura de tomo 17,5
V Cuadrito 7

FIGURA 2.2

VISTAS LATERALES DEL MOTOR LIMPIAPARABRISAS

El rendimiento de los motores para el sistema de limpiaparabrisas son clasificados de diferentes maneras que los accionamientos eléctricos comunes. Las regulaciones legales, así como la aplicación de los requerimientos, usualmente especifican que la velocidad de operación de la primera frecuencia debe ser de $nB1 = 45 \text{ min}^{-1}$, y $nB2 = 65 \text{ min}^{-1}$ para la segunda frecuencia de oscilación.

La máxima fricción del hule con el parabrisas debe ceder ante el torque de arranque por cada brazo del limpiador, el cual debe ser suspendido por el motor a una velocidad mínima de $nA = 5 \text{ min}^{-1}$.

El torque de arranque M_{AN} en NM para la operación de un brazo limpiaparabrisas se calcula como sigue:

$$M_{an} = (F_{wfn}) \times (M_{max}) \times (F_s) \times (F_t) \times (L_A) \times (W_{hmaz}/W_{mot}) \times (1/N_{gear}) \times (R_{aw}/R_{ak})$$

Donde:

F_{wfn} = Carga nominal hacia abajo del brazo limpiaparabrisas en N (movimientos del brazo al parabrisas).

Mmax = Máximo coeficiente de fricción en seco. Del elemento de hule (2.5 a $Y = 43\%$ de humedad relativa).

fs = Factor que incluye la fricción en la unión del brazo (usualmente se considera 1.15)

ft = Factor de tolerancia que incluye la carga del brazo limpiador. (Usualmente 1.12).

LA = Longitud del brazo en m.

Whmax = Velocidad angular máxima del brazo limpiaparabrisas.

Wmot = Velocidad angular media de la manivela del motor.

Ngear = Eficiencia de la unidad de engrane usualmente se asume 8.0%. Se debe medir por separado si se utilizan componentes del mecanismo especiales.

Raw = Resistencia eléctrica del rotor al par en caliente.

Rak = Resistencia eléctrica del rotor al par en frío.

Basándonos en la teoría anteriormente expuesta, vemos que para el cálculo del torque del motor nos queda como incógnitas los siguientes valores:

Whmax, Wmot, Raw, Rak

Partiendo ahora de que la velocidad requerida del limpiaparabrisas debe ser alrededor de 50 a 60 rpm's, es decir Whmax, con una velocidad angular promedio del motor igual a 3000 rpm (estos datos se obtienen de estándares internacionales), ésto último debido a que la velocidad máxima del limpiaparabrisas y de la manivela del motor son iguales debido a que no existe ningún juego de engranes que lo alteren, por lo que nos queda como incógnitas las resistencias, de lo cual calculando se obtiene:

La resistencia de un material (en este caso cobre ya que es el material del cual está hecho el devanado del motor) ésta dada en función de la resistividad de dicho material, la longitud del conductor y el área del transversal del mismo.

$$R = \rho \frac{l}{a}$$

De lo cual:

$$\frac{R_{aw}}{R_{ak}} = \frac{\rho_{aw} \frac{l_{aw}}{a_{aw}}}{\rho_{aw} \frac{l_{ak}}{a_{ak}}}$$

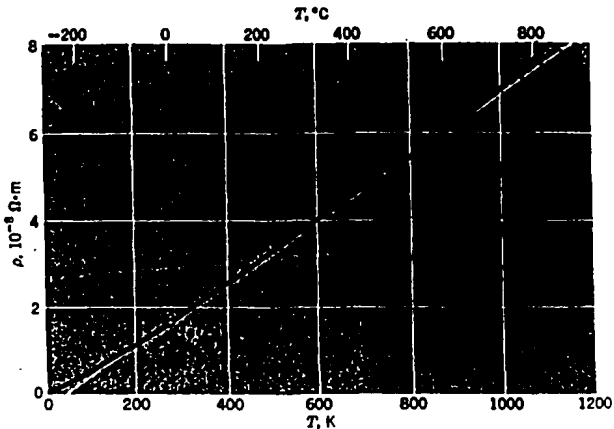
Si suponemos que el aumento en las dimensiones físicas del conductor son despreciables, entonces obtenemos:

$$\frac{R_{aw}}{R_{ak}} = \frac{\rho_{aw}}{\rho_{ak}}$$

Por lo tanto:

$$\frac{R_{aw}}{R_{ak}} = \frac{\rho_{aw}}{\rho_{ak}}$$

Ahora, tomando en cuenta la gráfica 2.2 en donde utilizaremos como límites -50 C y 150 C.



La resistividad del cobre como una función de la temperatura. La línea de trazos es una aproximación que se selecciona para que se ajuste a la parte de la curva comprendida entre los puntos marcados con círculos. Como punto de referencia se selecciona al indicado por T_0, ρ_0 .

GRAFICA 2.2

RESISTIVIDAD DEL COBRE COMO
UNA FUNCION DE LA TEMPERATURA

Esto para tratar de considerar un rango amplio de temperatura para el devanado del motor, por lo que obteniendo los resultados gráficamente tenemos:

$$a) -50 \text{ C} \text{ ---} = 1.23 \text{ m}$$

$$b) 20 \text{ C} \text{ ---} = 1.70 \text{ m}$$

$$c) 150 \text{ C} \text{ ---} = 2.64 \text{ m}$$

por lo que se deduce lo siguiente:

$$\frac{R_{aw}}{R_{ak}} = \frac{2.64 \Omega_m}{1.23 \Omega_m} = 2.1463$$

Si observamos la gráfica podemos notar que ésta tiende a ser una recta, por lo que trataremos de calcular sus valores en base a la siguiente ecuación:

$$Y = mx + b$$

Donde:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Por lo tanto:

$$m = \frac{6 \times 10^{-8} \Omega_m - 1.7 \times 10^{-8} \Omega_m}{(600^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C})} = \frac{6 \times 10^{-8} \Omega_m - 1.7 \times 10^{-8} \Omega_m}{(873.15^\circ \text{K} - 293.15^\circ \text{K})}$$

$$m = \frac{4.3 \times 10^{-8} \Omega_m}{580 \text{ K}} = 0.0074 \times 10^{-8} \frac{\Omega_m}{\text{K}}$$

Por lo que si:

17mm -- 2 m
2.5mm - b

Entonces:

$$b = 0.294 \text{ m}$$

Al sustituir en la ecuación obtenemos:

$$Y = 0.007 \times 10^{-6} \frac{\Omega \cdot \text{m}}{\text{K}} x + 0.2941 \Omega \cdot \text{m}$$

donde "x" es igual a la temperatura en grados Kelvin y "y" es la resistividad a dicha temperatura, por lo que calculando los mismos puntos "a" y "c" gráficos, obtenemos para:

$$-50 \text{ C} = 223.15 \text{ K} \text{ --- } Y = 1.94 \text{ m}$$

$$150 \text{ C} = 423.15 \text{ K} \text{ --- } Y = 3.42 \text{ m}$$

Por lo que la relación nos queda:

$$\frac{R_{aw}}{R_{ak}} = \frac{3.24 \Omega \cdot \text{m}}{1.92 \Omega \cdot \text{m}} = 1.76$$

Ya que el valor gráfico resultó más crítico que el analítico, esto debido a que el valor de la resistencia es más pequeño, tomaremos éste como válido para los cálculos.

Por lo tanto, sustituyendo los valores en la fórmula obtenemos que el torque es igual a;

$$M_{an} = F_{wfn} \cdot M_{max} \cdot f_s \cdot f_t \cdot L_a \cdot (W_{hmax}/W_{mot}) \cdot (1/N_{gear}) \cdot (R_{aw}/R_{ak}).$$

$$M_{an} = (7.5N) (2.5) (1.15) (1.12) (0.4mt) (60rpm/60rpm) (0.8) (1.76)$$

$$M_{an} = 13.617Nm = 1361Ncm$$

2.2. CALCULO DE LAS FUERZAS EN EL MECANISMO.

Para que el limpiaparabrisas funcione, es necesario que el movimiento del motor sea transmitido a la hoja y de esta forma se lleve a cabo la función de limpiado; por lo cual en este capítulo analizaremos como se realiza esto.

El movimiento se realiza básicamente por un mecanismo sencillo de varillas, el cual puede ser de diferentes formas, dependiendo del vehículo que lo utilice y las dimensiones de éste (ver fig. 2.2.1).

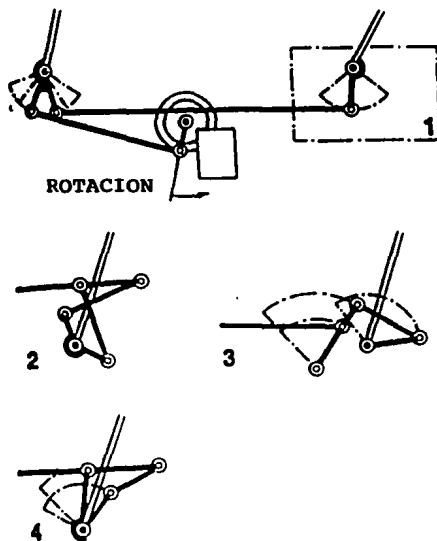


FIGURA 2.2.1

DIFERENTES MECANISMOS DE VARILLAJE (1,2,3,4).

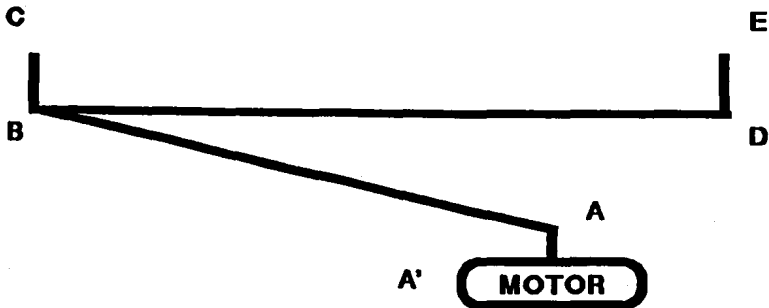
Para nuestro caso analizaremos el sistema representado en la figura 2.2.1, el cual es una representación clásica del sistema de varillaje para un auto mediano, el cual tiene las siguientes dimensiones:

$$A'A = 5\text{cm}$$

$$AB = 46.12\text{cm}$$

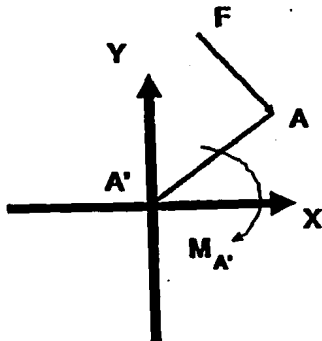
$$BD = 61.17\text{cm}$$

$$BC = DE = 7\text{cm}$$



Primero calcularemos las fuerzas sobre A'A por lo que:

Diagrama de Cuerpo Libre de A'A:



Si sabemos que $MA' = M_{an} = 1361 \text{ Ncm}$

entonces: $M = Fd$

por lo que: $F = (M/d) = (1361 \text{ Ncm}/5\text{cm}) = 272.2 \text{ N}$

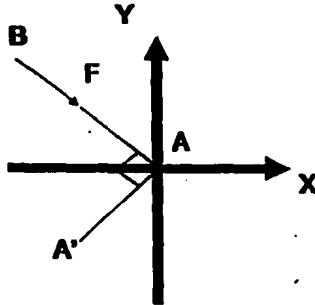
donde F es la fuerza resultante perpendicularmente a la manivela A'A.

continuando el análisis de la figura vemos que existen dos puntos de importancia en los cuales la fuerza es máxima con respecto al brazo AB.

Primer caso :

Cuando existen 90° entre $A'A$ y AB

Diagrama de Cuerpo Libre de AB :

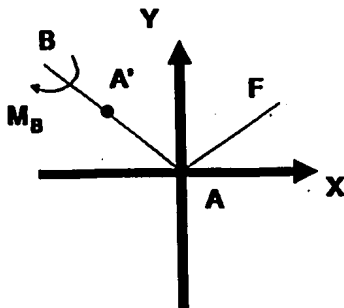


En este caso el vector F se encuentra aplicado en la misma dirección que el brazo AB , por lo que dicha fuerza se transfiere igual en el punto B , para generar el torque al brazo BC .

Segundo caso:

Para este caso consideraremos el momento que la barra BA se encuentra en la misma posición que la barra $A'A$, por lo que la fuerza se encuentra a 90° de ambas y por lo tanto es máxima.

Analizando el diagrama vemos:

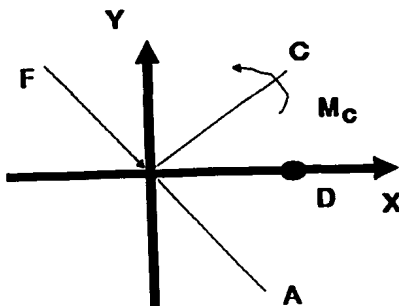


por lo que el par en B es igual a:

$$M_B = Fd = 272.2 \text{ N (7 cm)} = 1253.864 \text{ Ncm}$$

Ahora analizando las fuerzas para la barra BC obtenemos:

Diagrama de Cuerpo Libre de BC:

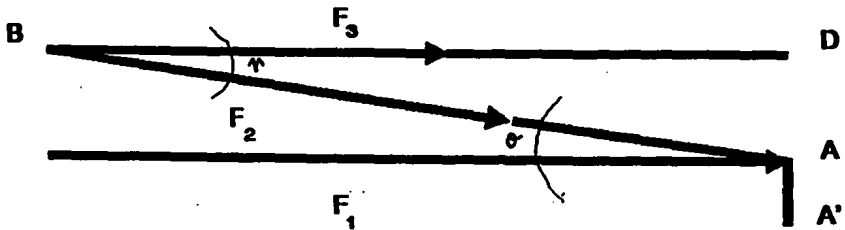


Por lo que: $F_1 = Mc/d$

$$Mc = F_1 d = 272.2 \text{ N (7 cm)} = 1905.4 \text{ Ncm}$$

por lo tanto, el par máximo sobre BC = 1905.4 Ncm que es el del brazo limpiaparabrisas.

Para el siguiente caso, que es el de la barra BD tenemos de acuerdo al diagrama:



Esto es considerando F_1 paralelo a F_3 por lo que F_2 es igual a:

$$F_2 = F \cos \theta$$

y F_3 por lo tanto es:

$$F_3 = F_2 \cos \theta$$

El caso más crítico para nuestros cálculos se presenta cuando $\cos \theta$ y $\cos \theta$ son menores o iguales a uno, que independientemente de que esta condición se cumpla podemos suponer que ambos tienden a 1, por lo tanto tenemos:

$$F_2 = F \cos \theta = F$$

$$F_3 = F_2 \cos \psi = F_2$$

por lo tanto:

$$F_3 = F \cos \theta \cos \psi$$

$$F_3 = F$$

De lo anterior se deduce que:

$$F_3 = 272.2 \text{ N}$$

Por tanto, el par que recibe el otro limpiador por medio de la barra DE es igual al par de la barra BC, lo cual también se pudo haber deducido por simetría.

Por último calcularemos la fuerza que recibe la hoja limpiaparabrisas como sigue:

$$M = Fd$$

por lo tanto:

$$F = M/d$$

Sustituyendo tenemos:

$$F = 1905.4 \text{ Ncm}/43.41 \text{ cm} = 43.89 \text{ N}$$

Donde el valor de 43.41 cm es la longitud estándar de un brazo limpiaparabrisas.

Ahora, analizando la fuerza que recibe el limpiaparabrisas y comparando ésta con la fuerza que éste debe vencer para lograr el movimiento, notamos lo siguiente:

De la teoría sobre fricción sabemos que la fuerza de fricción máxima que puede desarrollarse es proporcional a la fuerza normal, por lo que si se considera que la fuerza normal del limpiaparabrisas es igual a 7.5 N (que se obtiene de estándares internacionales) notamos que dicha fuerza es aproximadamente 5.8 veces más grande, si aparte de esto consideramos que el coeficiente de fricción es realmente más bajo ya que por lo general el limpiaparabrisas funciona solo cuando llueve, la fricción debido al agua disminuye y por tanto podemos deducir que nuestro sistema está bastante sobrado y no debe de presentar ningún problema de movimiento.

De este modo podíamos deducir que lo único que hace falta es justificar la fuerza sobrada en el sistema, lo cual es relativamente sencillo, ya que ésta se debe a la fricción debida al aire cuando el automóvil se encuentra en movimiento, aunque el análisis específico de esto no se verá en esta tesis.

2.3 .CALCULO DE LA HOJA.

En este caso las hojas limpiaparabrisas se calculan considerándolas como armaduras, ya que lo que nos interesa es una estructura que sea equilibrada, para lograr así obtener un barrido uniforme a lo largo de todo nuestro parabrisas.

En realidad lo que sucede es que la distribución de las fuerzas a lo largo de nuestras hojas sí varían, ya que varía la forma de nuestro parabrisas, pero lo importante es que las fuerzas se distribuyan en forma equitativa por lo que a las hojas se les da cierta libertad de movimiento, aunque para casos prácticos lo que haremos es considerarla como una estructura sólida.

Las fuerzas que actúan sobre los miembros de la hoja se pueden calcular por medio de la definición de diagrama de cuerpo libre de una porción de la hoja, la cual incluya una o más incógnitas y la relación de las ecuaciones de equilibrio. Si el cuerpo libre considerando, corresponde a un nodo de las hojas, se dice que las fuerzas se calculan por el método de los nudos. Si dos o más miembros no concurrentes, son cortados para obtener el cuerpo libre o éste incluye dos o más nudos, el proceso de cálculo de las fuerzas internas se denomina método de las secciones.

Nosotros basaremos nuestro estudio en el método de nodos ya que éste para nuestro caso es bastante sencillo.

Cuando se utiliza el método de los nodos para calcular las fuerzas en los miembros, de nuestras hojas, el primer nodo que tomaremos en consideración no debe contener más de dos fuerzas desconocidas, así como los nudos restantes.

Tampoco se deben introducir más de dos incógnitas nuevas. Luego, para calcular la fuerza que actúa sobre un miembro próximo al centro de la hoja, es necesario calcular la fuerza que actúa en todos los miembros comprendidos entre un extremo de la hoja y el miembro en consideración. En el caso especial en que todos los miembros de un nodo, excepto uno son colineales. La fuerza en el miembro no colineal se calcula a partir de la suma de fuerzas en la dirección perpendicular a los miembros colineales.

Cuando la porción que se aísla de la hoja incluye dos o más nudos, tal como los tramos d ó e en la Fig. 2.3.1. El diagrama de cuerpo libre correspondiente, evidencia un sistema de fuerzas coplanares concurrentes, tal como lo indican las Fig. 2.3.2. Un sistema de fuerzas de esta clase cuenta con tres ecuaciones de equilibrio independientes y en consecuencia pueden calcularse tres fuerzas desconocidas.

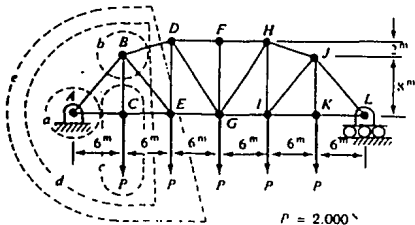


FIGURA 2.3.1

AISLAMIENTO DE UNA ARMADURA

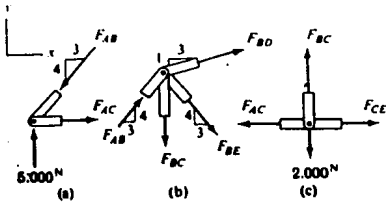
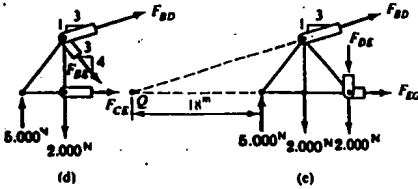
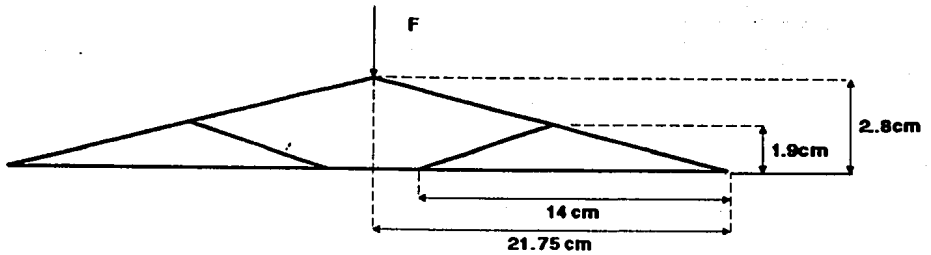


FIGURA 2.3.2

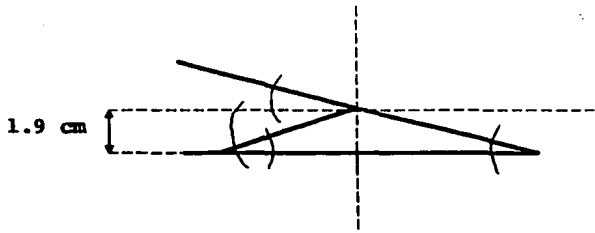
SISTEMA DE FUERZAS COPLANARES Y CONCURRENTES



Para nuestro caso calcularemos una hoja limpiaparabrisas con las dimensiones que aparecen en la siguiente figura, los cuales se obtuvieron de una hoja de 17 pulgadas.



Como la armadura es simétrica calcularemos la mitad, ya que la otra mitad es exactamente igual.



$$= \text{Tg} \frac{2.8}{21.75} = 7.34$$

$$= \text{Tg} \frac{1.9}{5} = 20.8$$

Tomando en cuenta la mitad de la estructura obtenemos lo siguiente:

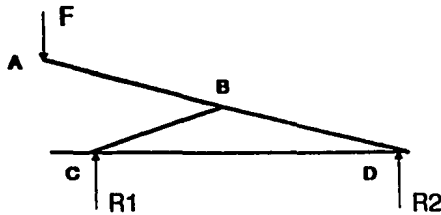
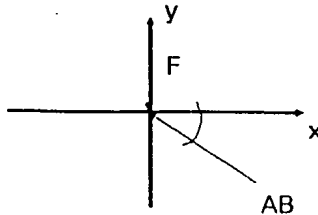


Diagrama de Cuerpo Libre de A:

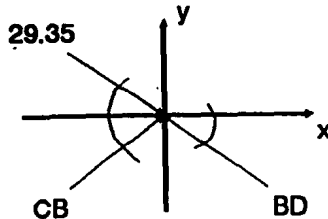


$$F_y = 0$$

$$-F + AB \sin = 0$$

$$AB = \frac{F}{\sin} = \frac{3.75}{\sin 7.34} = 29.35$$

Diagrama de Cuerpo Libre de B:



$$F_x = 0$$

$$29.35 \cos 7.34 + CB \cos 20.8 - BD \cos 7.34 = 0$$

$$29.1 + CB \cos 20.8 - BD \cos 7.34 = 0 \quad \dots (1)$$

$$F_y = 0$$

$$-29.35 \sin 7.34 + CB \sin 20.8 + BD \sin 7.34 = 0$$

$$-3.749 + CB \sin 20.8 + BD \sin 7.34 = 0 \quad \dots (2)$$

De (1) obtenemos:

$$29.1 + CB \cos 20.8 - BD \cos 7.34 = 0$$

$$CB \cos 20.8 = BD \cos 7.34 - 29.1$$

$$CB = \frac{BD \cos 7.34 - 29.1}{\cos 20.8}$$

$$CB = 1.0609 BD - 31.128 \quad \dots (3)$$

Sust. de (3) en (2):

$$-3.749 + (1.0609 \text{ BD} - 31.128) \text{sen } 20.8 + \text{BD} \text{sen } 7.34 = 0$$

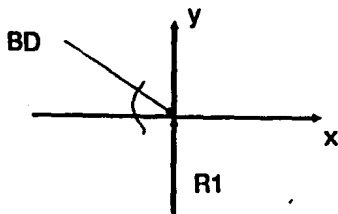
$$-3.749 + 0.3767 \text{ BD} - 11.0537 + 0.1277 \text{ BD} = 0$$

$$0.3767 \text{ BD} + 0.1277 \text{ BD} = 14.8027$$

$$\text{BD} (0.3767 + 0.1277) = 14.8027$$

$$\text{BD} = \frac{14.8027}{0.3767 + 0.1277} = 29.347$$

Diagrama de Cuerpo Libre de D:



$$F_y = 0$$

$$-\text{BD} \text{sen } 7.34 + R_1 = 0$$

$$R_1 = \text{BD} \text{sen } 7.34$$

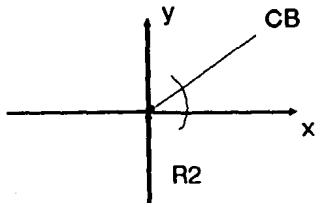
$$R_1 = 3.749$$

Por lo tanto:

$$\text{CB} = 29.347 (1.0609) - 31.128$$

$$\text{CB} = 0.00623$$

Diagrama de Cuerpo Libre de C:



$$R2 - CB \text{ sen } 20.8 = 0$$

$$R2 = CB \text{ sen } 20.8$$

$$R2 = 0.0022$$

Como podemos observar de los cálculos anteriormente realizados, la mayor parte de la fuerza se encuentra en el extremo del limpiaparabrisas. Esto se puede explicar en forma lógica ya que es necesario que los extremos del limpiaparabrisas estén en contacto continuamente con el parabrisas para lograr así que se barra el agua adecuadamente, independiente de la forma del parabrisas ya que en la actualidad, éstos se han vuelto más estilizados, con formas más caprichosas; el otro punto tiene menos fuerza y su función es básicamente para estabilizar el sistema.

CAPITULO 3.

CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS

3.1 VARIACION DE CONCEPTOS Y ANALISIS

Los métodos estadísticos son herramientas analíticas utilizadas para evaluar al hombre, materiales, máquinas o procesos. Las evaluaciones obtenidas por estos métodos ayudan en el mantenimiento de los resultados deseados por medio de datos pasados para predecir capacidades. Dichos métodos analíticos son herramientas que proporcionan datos a todos los niveles de supervisión para una actuación apropiada.

Algunas ventajas de las técnicas estadísticas, para interpretar información de ingeniería y controlando productos manufacturados son:

1. Más calidad uniforme a un nivel mayor.
2. Menos gasto por medio de una reducción de trabajo repetitivo y fragmentación.
3. Mejorar los procedimientos de inspección por medio de un mejor planeamiento y una mejor ejecución.
4. Mayor producción por hombre por hora máquina.
5. Mejorar la tolerancia de diseño.
6. Mejores relaciones a nivel planta a través de esfuerzos coordinados.

El control a través de métodos estadísticos difiere de los procedimientos de manufactura de un producto de acuerdo a su horario y después clasificándolos dentro de las categorías de lotes aceptables y no aceptables. Eventualmente estos métodos de control sirven para decidir:

1. Cuando un proceso está operando a un nivel satisfactorio.
2. Cuando el nivel de procesos no es satisfactorio y las acciones correctivas que son necesarias para evitar que se manufacturen productos de mala calidad.

La causa de las diferencias en la confiabilidad y la calidad de un producto es la variabilidad. De este modo la variabilidad es la causa real para utilizar métodos estadísticos. Variación ha sido definida como "la diferencia entre las cosas que pueden ser parecidas por que fueron producidas bajo condiciones muy similares".

3.1.2. TIPOS DE INFORMACION

Un paso significativo en el análisis de información es ordenar los valores observados. Cuando estos valores son listados en orden numérico y frecuencia, la ordenación es llamada distribución de frecuencia. La distribución de la frecuencia muestra un ejemplo de corrección de datos. y Su valor más importante radica en que la información que revela es en relación a la forma de distribución.

El análisis de variación, utilizando diferentes procedimientos, puede ser aplicado a prácticamente cualquier dato. Dos tipos generales de datos son encontrados entonces:

a) Datos Discretos.

Cuando los datos sólo pueden actuar en un conjunto particular de valores, es decir, cada observación puede asumir únicamente valores dados, y no puede existir observaciones entre valores, son llamados discretos.

Por ejemplo, los defectos en la línea de producción deben ser un número entero 0, 1, 2 ó 3. Un $1/2$ defecto no puede existir o $1\ 1/4$ defectos no existen, excepto como un valor aproximado. Los puntos de la superficie de los datos son datos discretos.

b) Datos continuos.

Los datos continuos pueden actuar en cualquier valor potencial dentro de un rango determinado. Dentro de este rango, la única restricción en cada valor en particular es la limitación de la medición. Los datos aparentan variar como los datos discretos, pero esta característica es artificial, impuesta por la capacidad de instrumentos de medición. Por ejemplo, el diámetro de una flecha puede ser medida por una escala de vernier como 0.410 pulgadas, por un decimo de micrómetro como 0.4096 pulgadas o por un gauger

como 0.40958 pulgadas.

3.1.3 CONSTRUYENDO UNA FRECUENCIA DE DISTRIBUCION

Quando se construye una serie de medidas, es una práctica común tabular las lecturas sucesivamente, como se demuestra en la (fig. 3.1). Este método tiene un mérito únicamente cuando el orden es importante. Es inmediatamente aparente que los mismos datos en una Frecuencia Tally (Fig.3.2) revelan mucha más información acerca de patrones de variación que la información tabulada. La frecuencia Tally es el método recomendado para compilar datos excepto cuando el orden de las mediciones es importante.

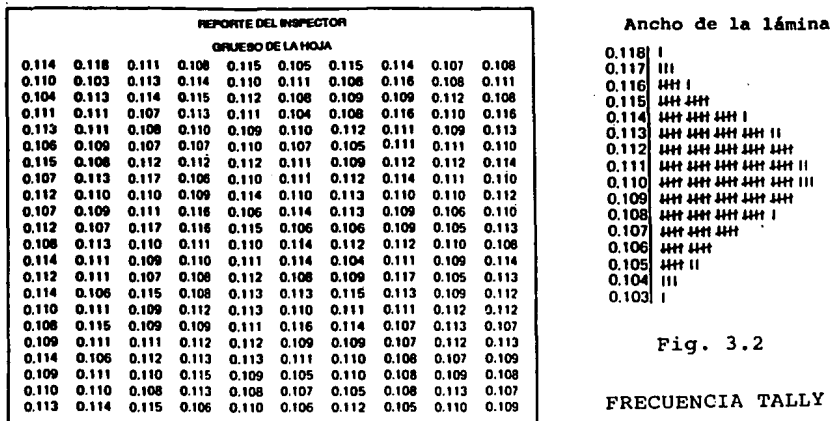


Fig. 3.1

DATOS DE LA FRECUENCIA TALLY

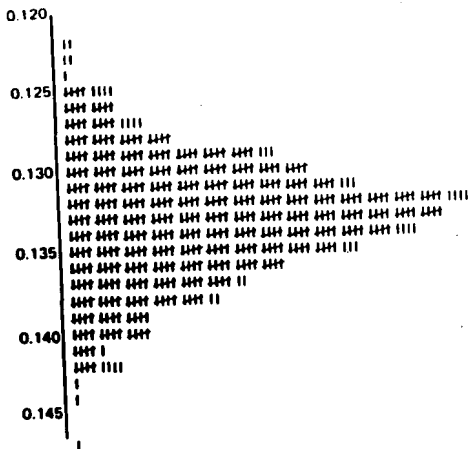


Fig. 3.3 (Izq.) Frecuencia Tally

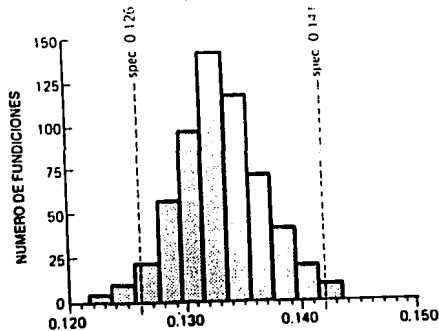


Fig. 3.4 (Der.) Histograma

La frecuencia tally se construye a través de:

1. Determinar las lecturas más grandes y las más pequeñas dentro de los datos.
2. Tabular en una columna todos los valores desde el más grande hasta el más pequeño.
3. Anotar junto a las columnas el número de observaciones para cada valor.

Un ejemplo de una operación industrial demuestra como un proceso se ha desarrollado a través de un periodo de tiempo determinado. La frecuencia tally proporciona una fotografía del patrón de variabilidad. Un histograma, o

gráfica de barras, puede ser considerada como una forma de frecuencia de distribución especial y refleja la misma información que la gráfica de Tally. Sin embargo, si el ejemplo es muy grande con frecuencias bajas para algunos valores o si el ejemplo es pequeño con una amplia dispersión, este patrón es probable que esté distorsionado, limitando así su utilidad (Ver fig. 3.3, 3.4 y 3.5). Es esencial que algún método de agrupación de datos sea encontrado para proporcionar un patrón de variabilidad más compacto.

SIN AGRUPAR		AGRUPANDO	
Torque (lb-in.)	Tally	Torque (lb-in.) (class midpoints)	Tally
20	||	19	||||,
19	|	16	|||| ||| ||| ||| |
18	|	13	|||| ||| ||| ||| ||| ||| |||
17	||||	10	|||| ||| ||| ||| ||| ||
16	|||| ||| |||	7	|||| |||
15	|||| |||		
14	||||		
13	|||| ||| |||		
12	|||| ||| ||| ||| ||		
11	|||| ||| |||		
10	||||		
9	|||| |||		
8	|||| |		
7	|		
6	|		

Fig. 3.5 Frecuencia Tally

EFFECTOS DE LOS INTERVALOS EN LA FIG. DEL HISTOGRAMA

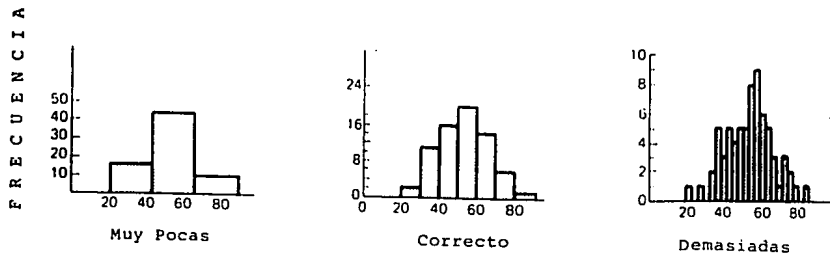


Fig. 3.6

Para revelar lo más posible acerca de distribución, el número de intervalos de clase en la construcción de un histograma debe ser seleccionada cuidadosamente. Si el número es demasiado grande o demasiado pequeño, la figura verdadera de la población estimada puede estar oculta (fig. 3.6).

Las bases de un histograma rectangular siempre son iguales en un intervalo de clase y en la anchura. Todas las medidas dentro de cualquier intervalo de clase, son caracterizadas por el punto central del intervalo. Cada altura de rectángulo es proporcional a la frecuencia de clase de tal forma que el área total de histograma es proporcional a la frecuencia total.

Teóricamente, un histograma de datos discretos únicamente consiste de variables de altura, líneas infinitamente delgadas e intervalos discretos erguidos. Sin embargo, el acercamiento práctico es presentar estos datos utilizando gráficas de barras (fig.3.7).

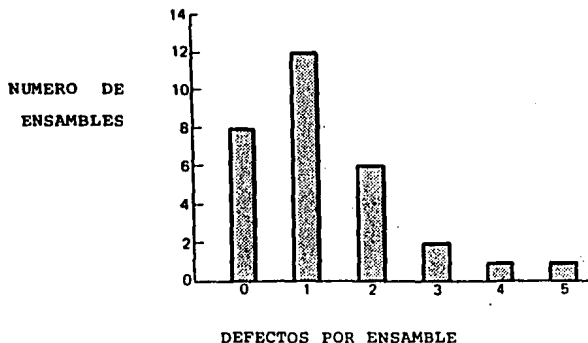


Fig. 3.7

3.1.4 ANALISIS CON HISTOGRAMAS

Después de haber construido un histograma; Inmediatamente contestará tres preguntas:

- a) El producto es consistente de acuerdo a los chequeos anteriores?
- b) El producto está bien centrado?
- c) Es aparente que el producto se esté encontrando con especificaciones de ingeniería?.

Refiriéndonos a las figuras 3.3 y 3.4, se nota que el histograma es aproximadamente simétrico, lo que indica que el proceso en general es normal y que la variabilidad se debe a cambios ocurridos; El promedio está cercano a la especificación del punto central, implicando que el proceso está bien centrado y que la dispersión es mayor a los límites de la especificación, indicando que el proceso tiene que ser mejorado ya que la tolerancia no es realística o que ambos deben ser ajustados.

Los histogramas frecuentemente revelan, sin tener que hacer un análisis, mucha información acerca del proceso o del producto bajo observación y porque son de tan fácil entendimiento para el personal operativo proporcionan ayuda

material, haciendo mejoras. Un histograma puede ser utilizado para los siguientes propósitos;

- 1.- Supervisar la fuerza del material
- 2.- Evaluar procesos
- 3.- Indica la necesidad de aplicar acciones correctivas
- 4.- Mide los efectos de las acciones correctivas
- 5.- Determina los efectos de las acciones correctivas
- 6.- Determina la capacidad de las máquinas
- 7.- La una imagen de las características de la vida
- 8.- Compara operadores
- 9.- Compara vendedores
- 10.- Compara productos

Un simple histograma es útil para análisis, Sin embargo su uso es limitado porque;

- a) Requiere de muchas medidas
- b) No toma el tiempo en consideración
- c) No separa los dos tipos de variaciones- la variación debido a cambios y la variabilidad debido a factores

asignables

d) No muestra tendencias

Esencialmente un histograma es una fotografía "Después de la muerte" en la que nos muestra una situación que ya ocurrió. Para ilustrar patrones de variabilidad o para indicar un realce o mejora, el histograma es inmejorable. Sin embargo se debe hacer una observación como precaución; un histograma esconderá mucha más información de la que revela si el control del mismo no es ejercitado. Observe que en la Fig. 3.8 la distribución de frecuencia, sumando la corrida de los días, falla al revelar el realce en el proceso sobre el periodo de tiempo señalado.

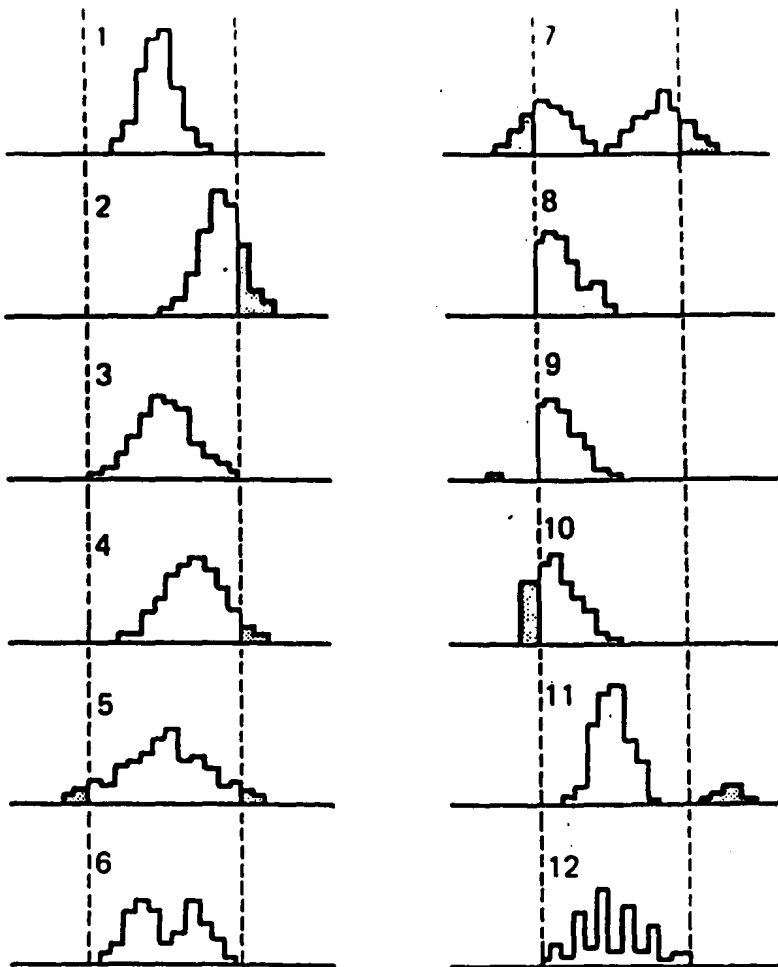
	8:00	9:00	10:00	11:00	1:00	MUESTRAS DIARIAS
0.825-0.830						
0.830-0.835						
0.835-0.840	ESPECIFICACION INFERIOR					
0.840-0.845						|
0.845-0.850	|	|				|
0.850-0.855	||||	|				|
0.855-0.860	||||	|||	||			|
0.860-0.865	||||	||||	|||	||		|
0.865-0.870	||||	||||	||||	||||	|	|
0.870-0.875	||	||||	|||	||||	||||	|
0.875-0.880		|	|||	||||	||||	|
0.880-0.885	ESPECIFICACION SUPERIOR		|	||	||||	|
0.885-0.890					||	|
0.890-0.895						|

ESTUDIO DE FRECUENCIA DE DISTRIBUCION

Fig. 3.8

LIMITE SUP. LIMITE INF.
ESPECIFICADO ESPECIFICADO

LIMITE SUP. LIMITE INF.
ESPECIFICADO ESPECIFICADO



EJEMPLOS TÍPICOS DE VARIACION

Fig. 3.9

3.1.5 EJEMPLOS DE VARIACIONES

En la (figura 3.9), se muestran 12 ejemplos de histogramas de típica variación. Se pueden explicar de la siguiente manera:

1. Una situación ideal donde la dispersión es substancialmente dentro de los límites especificados y la distribución está bien centrada.
2. La distribución está fuera de centro con partes afuera del limite superior.
3. Una distribución con esparcimiento aproximadamente igual a los límites especificados, bien centrado y muy satisfactorio.
4. Una distribución con dispersión aproximadamente igual al ejemplo #3, donde se aleja del centro con partes que pasan especificación.
5. Una distribución donde la dispersión es mayor a los límites de especificación con partes fuera de ambos límites.
6. Una distribución binomial que sugiere dos máquinas diferentes, dos tipos de materiales diferentes o dos tipos de productos están involucrados.
7. Una distribución doble con un total de dispersión mayor a los 6 ejemplos anteriores, resultando así, un incremento en el trabajo repetitivo o desperdicio.

8. Un proceso operando fuera de centro, donde algunas piezas han sido inspeccionadas al 100% y las defectuosas han sido despejadas. Esto también podría indicar lecturas excéntricas o alguna otra variable donde únicamente los valores positivos pueden ser medidos.

9. Un proceso parecido al ejemplo #8 en donde el 100% de inspección no ha sido enteramente efectivo.

10. Un proceso similar al ejemplo #8 o #9 indicando un límite de seguridad, un reto establecido incorrectamente, o un operador teniendo problemas para decidir en casos fuera del límite.

11. Una distribución bien centrada con otra distribución más pequeña, la cual puede ser el resultado de incluir piezas extras en un lote.

12. Una distribución donde el operador ha favorecido ciertas lecturas porque el reto era inadecuado o difícil de interpretar.

3.1.6 CALCULOS DE DATOS Y FRECUENCIA DE DISTRIBUCION

Un histograma puede ser descrito por su tendencia central y por su dispersión o variabilidad. Las medidas utilizadas comúnmente para describir la tendencia central son;

1. Media: Los ejemplo de valores sumados y divididos por el

número observado (n); el promedio aritmético; el centro de gravedad para la distribución.

2. Mediana: Es la observación que cae en el centro cuando las observaciones se ordenan en forma creciente. Si el número de observaciones es par, se escoge como mediana al valor medio entre las dos observaciones de en medio.

3. Moda: Se define como el valor que ocurre con mayor frecuencia; la barra más alta del histograma.

Las medidas más comúnmente utilizadas para describir dispersión o variabilidad son:

a) Varianza: Promedio del cuadrado de las desviaciones con respecto a su media.

b) Desviación estándar: Es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

c) Rango: La diferencia entre el valor más grande y el más pequeño en el ejemplo.

Para el análisis de distribución, la media y la desviación estándar son las características normalmente utilizadas.

Utilizando símbolos algebraicos para representar cualquier valor aislado, se utilizan las siguientes ecuaciones para realizar sus cálculos:

MEDIA= $\frac{\text{LA SUMATORIA DE LOS VALORES}}{\text{TAMAÑO DE LA MUESTRA}(n=)}$

VARIANZA= $\frac{\text{SUMATORIA DE LAS DESVIACIONES DE LA MEDIA CUADRADO}}{\text{TAMAÑO DE LA MUESTRA MENOS UNO}}$

DESVIACION ESTANDAR= LA RAIZ CUADRADA DE LA VARIANZA

EL RANGO= EL VALOR MAS GRANDE MENOS EL VALOR MAS PEQUEÑO

3.2. PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUIR UN HISTOGRAMA

Un histograma se construye para mostrar los patrones de variación inherentes en la información. Debe ser construida con precisión, aunque se tengan que tomar decisiones arbitrarias. La figura puede ser alterada por medio de confiabilidad en el tamaño de las clases y su anchura. Para tener consistencia en la construcción, las siguientes líneas son recomendadas;

3.2.1 Pasos para la reconstrucción:

1. Determinar el rango de los datos restando la medida más pequeña de la mayor y designarla como R.

Ejemplo 1.

Medida más grande observada = 1.1185 pulgadas

Medida más pequeña observada = 1.1030 pulgadas

$R = 1.1185 \text{ pul.} - 1.1030 \text{ pul.} = 0.0155 \text{ pul.}$

Ejemplo 2.

Medida más grande observada = 51,500 kilogramos

Medida más pequeña observada = 39,700 kilogramos

$R = 51,500 \text{ kilogramos} - 39,700 \text{ kilogramos} = 11,800$
kilogramos

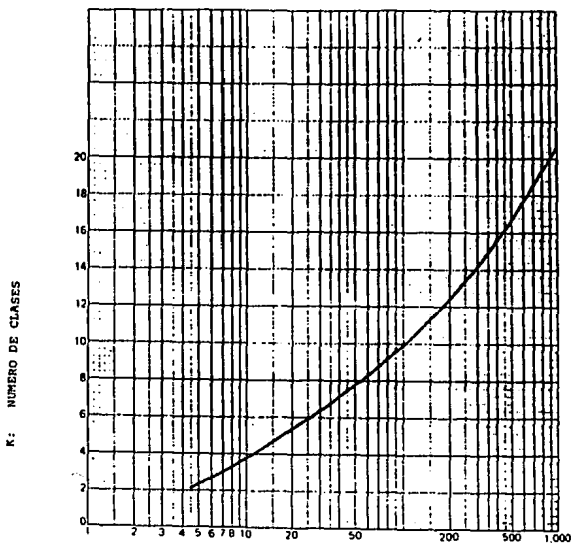
2.Registrar la unidad de medición utilizada.

Ejemplo 1

MU = 0.0001 pulgadas

Ejemplo 2

MU = 100 kilogramos



n: NUMERO DE MEDICIONES
(GRAFICA PARA DETERMINAR K)

Fig. 3.10

3. Determinar el número de clases y el ancho de la clase.
- a. El número de clases, k , depende del total de medidas, n .
 - b. Obtener el número de clases preferentes, k , de la gráfica mostrada en la (fig.3.10).

Ejemplo 1.

$n = 50$

$k = 7.7$ o 8 classes

Ejemplo 2

$n = 100$

$k = 9.9$ o 10 classes

- c. Calcular el ancho de la clase dividiendo el rango, R , por el número de preferencia de la clase, k .

Ejemplo 1

$R/K = 0.0155$ pulgadas/ 8 = 0.0019375 pulgadas

Ejemplo 2

$R/K = 11,800 \text{ kilogramos} / 10 = 1,180 \text{ kilogramos}$

d. La anchura de clase seleccionada debe ser un número impar, múltiplo de una unidad de medición, MU. Este valor, preferentemente, debe estar cercano a la anchura calculada en el paso 3c.

Ejemplo 1

MU = 100 kilogramos

El ancho de la clase = 0.0019 pulgadas o 0.0021 pulgadas (múltiplo # impar es 19 o 21, respectivamente).

Ejemplo 2

MU = 100 kilogramos

Anchura de clase = 1,100 kilogramos o 1,300 kilogramos

(múltiplo # impar es 11 o 13, respectivamente)

4. Establecer el punto central de la clase y sus límites.

a. El primer punto central debe estar localizado cerca de la medida más grande observada. Si es posible, debe ser un incremento conveniente.

Ejemplo 1.

Punto central de la primera clase = 1.1185 pulgadas

Ejemplo 2.

Punto central de la primera clase = 51,500 kilogramos

b. El ancho de las clases siempre deben ser iguales de tamaño.

c. Hay que expresar los límites de las clases en términos de una mitad de unidad pasando la precisión del límite de la unidad de medida original. Esto evita hacer gráficas para observar las medidas en el límite de las clases. Si el procedimiento bajo el paso 3 es seguido correctamente, esto se hará automáticamente.

Ejemplo 1

Punto central de primera clase 1.1185 pulgadas

La anchura de la clase es 0.0019 pulgadas. Los límites para la primera clase sería

$1.118 (+/-) 0.0019/2$

ó

$1.1185 (+/-) 0.00095$

Los puntos centrales y los límites de clase para todo el conjunto de información son;

Limites de clases

puntos centrales	inferiores	superiores
1.1185	1.11755	1.11945
1.1166	1.11565	1.11755
1.1147	1.11375	1.11565
1.1128	1.11185	1.11375
1.1109	1.10995	1.11185
1.1090	1.10805	1.10995
1.1071	1.10615	1.10805
1.1052	1.10425	1.10615
1.1033	1.10235	1.10425

Este resultado es una clase más del original determinado en el paso 3b(ocho) debido a la baja 0.0000375 pulgadas. Utilizando 0.0021 pulgadas darían los siguientes;

Limites de clase

puntos centrales	inferiores	superiores
1.1185	1.11745	1.11955
1.11641	1.11535	1.11745
1.11431	1.11325	1.11535
1.11221	1.11115	1.11325
1.11011	1.10905	1.11115
1.1080	1.10695	1.10905
1.1059	1.10485	1.10696
1.1038	1.10275	1.10485

Ejemplo 2

Punto central de primera clase = 51,500 kilogramos

El ancho de la clase es 1,300 kilogramos. Los límites para la primera clase serían

51,500 (+/-) 0 (1,300/2)

6

51,500 (+/-) 650

Los puntos centrales y los limites de las clases para toda la información son:

Limites de clases

puntos centrales	inferiores	superiores
51,500	50,850	52,150
50,200	49,550	50,850
48,900	48,250	49,550
47,600	46,950	48,250
46,300	45,650	46,950
45,000	44,350	45,650
43,700	43,050	44,350
42,400	41,750	43,050
41,100	40,450	41,750
39,800	39,150	40,450

NOTA/

Ambos limites son raramente utilizados, debido a que el limite inferior de una clase es el límite superior de la siguiente clase. Los ejemplos anteriores señalaron ambos limites con el propósito de hacerlo más ilustrativo.

3.2.2 CONSTRUYENDO EL HISTOGRAMA

1. Determinar los ejes para la gráfica.

a. La escala de frecuencia en un eje vertical debe exceder ligeramente la frecuencia de clase más grande.

b. La escala de medidas a lo largo del eje horizontal debe ser a intervalos regulares en los que son independientes del ancho de la clase.

2. Dibuje la gráfica.

a. Marque las clases.

b. Dibuje los rectángulos con ochos correspondiendo a las frecuencias de medidas en esa clase.

3. Título del histograma.

a. Hay que ponerle un título general.

b. Es necesario identificar cada eje.3.2.

3.3 CONCEPTOS DE CARTAS DE CONTROL

Las cartas de control son una herramienta que se utiliza primordialmente para analizar datos, ya sean discretos o continuos, los cuales se generan a través de un periodo de tiempo. Este concepto fue desarrollado por el Dr. Walter A. Shewhart, laboratorios Bell Telephone en 1924. En esa época el sugirió que las cartas podían realizar tres funciones básicas:

- 1.- Definir un objetivo para una operación.
- 2.- Para ayudar en el logro de ese objetivo.
- 3.- para juzgar si el objetivo se obtuvo.

La carta de control puede ser utilizada por el ingeniero del producto para recolectar y analizar datos de prueba, para así poder analizar costos; por un ingeniero de procesos para determinar la capacidad de las máquinas y los procesos; por un ingeniero de producción para monitorear operaciones; por un inspector de control de calidad para reportar los retrabajos y desperdicios así como la calidad del material que recibimos. Por lo que se puede considerar como la herramienta más versátil en los métodos estadísticos.

3.3.1 FILOSOFIA DE LAS CARTAS DE CONTROL

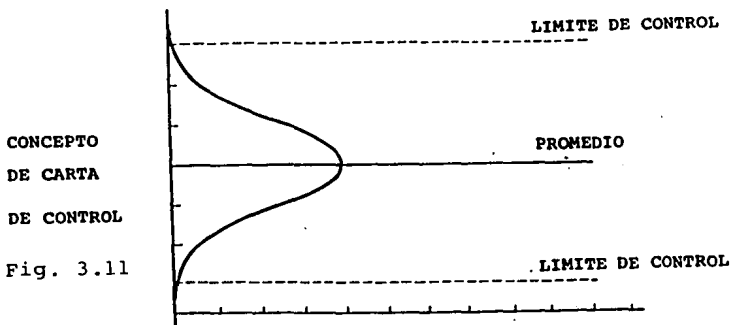
Mientras el término de "Carta de control" ha sido universalmente aceptado y utilizado, se debe comprender que la carta en sí no controla nada, simplemente nos dá las bases para actuar, y es efectiva solo si aquellos responsables de tomar decisiones actúan de acuerdo a la información que las cartas revelan.

Un control adecuado requiere de los medios para monitorear continuamente operaciones repetitivas. El control puede ser simplemente viendo periódicamente los histogramas o la distribución de frecuencias. Los histogramas de cualquier forma requieren de muestras relativamente grandes, mientras que las cartas de control con frecuencia pueden lograr mucho más con muestras más pequeñas.

Cuando se grafica la posibilidad de una variación contra el tiempo vemos que tiene un comportamiento al azar; no mostrará ciclos, ni corridas, ni patrones definidos. La variación producida solamente por las causas de oportunidad se puede predecir generalmente después de estudiar una serie de muestras iniciales. Conociendo la posibilidad del patrón de distribución nos ayuda en predecir anticipadamente la variación para un gran número de medidas.

Por ejemplo, si un cierto tamaño de muestra se dibuja a intervalos regulares y las muestras estadísticas (como las fracciones defectuosas, promedios, o rangos) son calculadas,

estas estadísticas (así como las medidas originales) variarán de acuerdo a un patrón definido. Para esta serie de muestras, el promedio y la desviación estándar para cada estadística se puede calcular. Esta información y conocimiento de la probabilidad de la distribución se puede utilizar para calcular el comportamiento del grupo para cada muestra estadística. Esto lo logramos calculando el promedio total y midiendo más y menos algunas desviaciones estándar múltiples de este valor para obtener los límites de control. Una carta de control que esté construida verticalmente con su escala calibrada en unidades que correspondan a la estadística, con una escala horizontal marcada de acuerdo al tiempo y con líneas horizontales dibujadas a lo largo de todo el promedio, los límites de control se pueden llamar cartas de control para esa estadística. la figura 3.11 muestra una carta de control conceptual.



En la practica los valores de las muestras estadísticas que se grafican en la carta de control se consideran dentro de control, si todos los puntos caen dentro de los límites de control y no enseñan signos de ciclos, o corridas. De la misma forma, la operación que se encuentra bajo observación y se considera con cierto riesgo de salirse de control aunque la carta nos indique que el proceso es estable o está bajo control, también es objeto de una causa asignable cuando nos enseña que está fuera de control. Cuando se utilizan cartas de control, el objetivo es reducir la variación excesiva en una operación hasta llegar a la tolerancia requerida o otro objetivo establecido.

Si la carta de control no enseña ningún punto fuera de los límites de control y la variación se encuentra en un nivel deseable, no siempre se puede asumir que no existe una variación asignable presente. La carta nos puede enseñar factores asignables como desgaste de herramental, creando una condición de variable, o corridas dentro de los límites. Las causas son generalmente conocidas y se pueden corregir a tiempo haciendo el ajuste a la máquina o cambiando el herramental.

Frecuentemente en la industria, se crean records informales o tablas para recolectar datos variables. Ingenieros o investigadores industriales frecuentemente toman decisiones basándose en estos datos, sin darse cuenta que existen variaciones asignables. La carta de control es

una herramienta estadística que nos puede ayudar a tomar decisiones válidas con bases científicas.

Las cartas de control en general se pueden clasificar en dos, por variables y por atributos. La carta por variables se usa cuando se recolectan datos continuos como una dimensión, un costo, un peso, una resistencia, una sensibilidad, una ganancia, una temperatura, o dureza. Para este control, se usan las cartas de promedios y rangos. Las cartas por atributos tiene su aplicación cuando se obtienen datos discretos o cuando se desea clasificar medidas continuas como aceptables o no. La primera categoría se ejemplifica registrando las observaciones del trabajo de los artículos como fugas de radiadores, o defectos de ensamble, en la segunda categoría se registran aquellos artículos que no cumplen con los estandares de fatiga.

3.3.2 DECISIONES PRELIMINARES AL USO DE CARTAS DE CONTROL

Después de que la decisión se ha tomado para utilizar cartas de control, se deben de contestar ciertas preguntas preliminares.

- 1.- ¿Qué características se deben investigar?
- 2.- ¿Qué tipo de escantillones se utilizaran?
- 3.- ¿Qué tipo de carta sera la adecuada?
- 4.- ¿Qué tamaño de muestra tomaremos?

5.- ¿Con qué frecuencia se tomarán las muestras?

6.- ¿Cómo seleccionaremos las muestras?

Las respuestas a estas preguntas se pueden basar en la ingeniería práctica o en consideraciones económicas, pero son importantes para los resultados finales y el éxito de la herramienta estadística.

1.- ¿Qué características se deben investigar?

Usualmente se puede asumir que la característica más crítica es aquella que nos afecta en el funcionamiento o la que tiene las especificaciones más cerradas. Si se desea investigar más de una característica por variables, se debe de utilizar para cada característica estudiada. Una carta por atributos, de cualquier forma nos permite estudiar una o más características.

2.- ¿Qué tipo de escantillones se utilizarán? Ya que las cartas de control se usan para darnos las bases de acción, los datos de la carta no pueden ser mejor que el dispositivo de verificación que estemos utilizando. Consecuentemente esto se debe revisar frecuentemente para checar la exactitud de la repetitividad de las mediciones. Para cartas por variables, se debe de considerar el incremento de la medida (una dimensión cuyas tolerancias

están en diezmilésimas de pulgada no se deben de controlar con flexometro). En algunos casos el equipo con que se cuente nos determinará el tipo de carta que se utilizará.

3.- ¿Qué tipo de carta será la adecuada? Básicamente esta respuesta se determina por la medida del costo y la pérdida debida a las fallas para detectar los cambios importantes, si éstos llegaran a ocurrir, debido a que se da menos información acerca de una parte cuando ésta es clasificada como buena o mala, es más eficiente utilizar una carta por variables que requiere las medidas en lugar de una carta por atributos. Para compensar esta ineficiencia, una carta por atributos usualmente requiere que el tamaño de la muestra sea más grande que las cartas por variables. Ya que los valores por variables requieren de un equipo de medición, generalmente son más caros de obtener que los valores por atributos. En general una carta por atributos es usada:

- a.- Cuando no es posible tomar medidas, como por ejemplo cuando se hace una inspección visual.
- b.- Cuando no es práctico debido a que los escantillones son muy caros o el tiempo involucrado es muy grande.
- c.- Cuando nuestra pieza tiene demasiadas características

para evaluar.

d.- Cuando la carta se basa en chequeo al 100%

Utilice una carta por variables si:

a.- Está involucrada una característica crítica tal como la localización de un punto.

b.- Se desea un control más preciso que el control por atributos.

4.- ¿Qué tamaño de muestra tomaremos? Cuando se utilizan cartas por atributos un porcentaje constante de muestras no nos asegura el riesgo constante de detectar una variación que no sea al azar. Aunque el tamaño de la muestra no se debe de asignar en forma directa con el tamaño de lote. Ningún tamaño es apropiado para todas las aplicaciones. Generalmente, el tamaño debe ser lo suficientemente grande para que exista una buena oportunidad de que se encuentren piezas defectuosas dentro de la muestra y también de que el límite de control inferior sea sobre cero. El primer requerimiento elimina esta situación en la cual una pieza defectuosa de la muestra, pueda indicar una condición fuera de control. La segunda estipulación permite detectar aflojamiento en la colección de datos o un mejoramiento en

la operación.

Un concepto esencial en cartas de variables, es seleccionar un tamaño de muestra tal que tenga una oportunidad mínima dentro de la variación de la muestra. Por lo que se desea que la muestra sea pequeña. Sin embargo, entre más pequeño el tamaño, mayor será la variación entre los promedios sucesivos de la muestra.

Otra consideración importante es el costo asociado con la adquisición de los datos y su análisis.

5. ¿Qué tan frecuentemente se debe tomar una muestra? Esta decisión se basa esencialmente en consideraciones económicas. También se deben considerar los ahorros derivados de la acción tomada con respecto a las condiciones que están fuera de control. Cualquiera que sea la decisión, se debe evitar imponer una hora para hacer la observación, ya que de lo contrario la observación será un tanto finjida.

6. ¿Cómo se selecciona la muestra? El problema más importante es eliminar cualquier oblicuidad, ya que la muestra seleccionada debe ser al azar y representante del grupo del cual fue seleccionada.

Si todas las piezas producidas por la máquina o proceso son examinadas por el equipo de laboratorio, están disponibles como lote, la muestra puede ser seleccionada al azar de este lote y representarán adecuadamente un periodo de tiempo

especifico. Si hay piezas sucesivas, que comprometan a la muestra, entónces, sólo representarán ese tiempo en particular.

3.3.3 PROCEDIMIENTOS PARA CARTAS DE CONTROL

Una vez que las decisiones preliminares se han hecho, la construcción de la carta se puede empezar a desarrollar. Usualmente se pueden conseguir formas estandares de gráficas para estos propósitos. Existen básicamente tres diferentes formatos, uno para cartas por variables y dos para cartas por atributos. Además tienen un área para graficar y un espacio para anotar el tamaño de la muestra.

Si podemos conseguir datos históricos para graficar la operación, estos datos se pueden utilizar para preparar la escala gráfica en la carta de control. Cuando no podemos conseguir esta información, varias muestras se deben de tomar y medir para que se pueda construir la escala. La escala inicial de la carta nos debe de proveer de aproximadamente dos o tres veces la variación que se observa en las primeras muestras. Las escalas se pueden ajustar en las siguientes cartas.

Los datos históricos se pueden utilizar para calcular la línea central de la carta de control y los límites de control. Si no existen posibilidades de conseguir datos, la información necesaria para conseguir estos datos, se obtendrá de las cartas de control.

Las líneas de decisión en las cartas de control son la central, el límite superior de control (LSC) y el límite inferior de control (LIC). La línea central es la media de la variable que seleccionamos. Ordinariamente los límites de control se localizan en tres desviaciones estándares arriba del promedio del (LSC) y tres abajo del (LIC). Cuando el LIC para una carta de atributos es negativo, ésta se pone en cero. Se acostumbra dibujar la línea central como una línea recta sólida y horizontal a través de la carta y los límites de control como líneas discontinuas. Los valores para las líneas centrales y los límites de control se obtienen por las ecuaciones y otros métodos como la alineación de cartas.

Cuando se han determinado los tres valores de control, se dibujan las líneas en la carta de control. Los valores de las muestras que ya se graficaron en la carta, se revisan para su control. cualquier punto fuera de los límites se considera fuera de control. En este momento la muestra se debe de reevaluar y cuando sea posible se debe de investigar la operación para establecer la razón de este comportamiento. Cuando existen muchos puntos que se salen de los límites, la operación en general se considera como variable. Acciones correctivas se deben de utilizar para reducir la variación antes de que la carta de control se pueda utilizar satisfactoriamente.

Por contraste, cuando todos los puntos que grafiquemos se encuentran dentro de los límites de control la operación

se considera dentro de control. Las líneas de control se proyectan por el periodo de tiempo que aparezca en la carta. Después de este periodo, se deben de determinar nuevos valores de control, de los datos que se obtuvieron y estos nuevos valores se proyectan. La verificación de los valores de control se debe de realizar en este intervalo.

La carta está lista para propósitos de control, cuando por lo menos, los últimos veinte puntos de la muestra observada dentro de los límites y los límites se han proyectado. Cuando se detecte una condición fuera de control se debe de realizar una investigación para investigar la causa y así tratar de reducirla o eliminarla..

Una condición fuera de control incluye:

1.- Un punto fuera: Un punto fuera de cualquier limite de control indica que existe una influencia externa; que es una causa asignable presente. Se debe de realizar una investigación para incorporar causas deseables y eliminar aquellas que no lo son.

2.- Una corrida: En ocasiones ocurre un cambio aunque ningún punto se salga de los limites de control, estos cambios se pueden observar cuando se grafican puntos sucesivos, que se encuentran todos en un lado con respecto a la línea central, pero que se encuentran dentro de los limites de control. La

corrida indica un cambio en el promedio o una reducción en la variación. por ejemplo, se indica cuando:

a) Cuando ocho puntos sucesivos caen del mismo lado.

b) Cuando cualquiera 11 de 12 puntos sucesivos caen dentro del mismo lado.

c) Cuando cualquiera 13 de 15 puntos sucesivos caen dentro del mismo lado.

3.- Una tendencia: en algunos casos existe un cambio progresivo y estable en los puntos graficados. Esto es denominado como una tendencia y puede ser ocasionado por desgaste de herramental o deterioro en la maquinaria. Estos factores pueden ocasionar una tendencia en el promedio y también en la variabilidad. Cuando la variación es mucho menor que lo permitido por la especificación, se puede utilizar una tendencia para controlar cambios de herramental, empezando la operación cerca de uno de los límites de control y permitiendo dirigirse hacia el otro. Se debe tener cuidado para corregir la tendencia antes de que ésta se salga de control. Se recomiendan límites de control especiales en estos casos.

4.- Un ciclo: A veces la operación es afectada por ciclos causados por razones psicológicas, mecánicas, o químicas, o por razones diarias, semanales, etc. Estas hacen su aparición en la carta por medio de patrones ascendentes o

descendientes, con posibles puntos fuera de control en ambos extremos, y se pueden construir con variaciones asignables.

Estas son reglas típicas desarrolladas para detectar cambios en las operaciones. De cualquier forma en todas las condiciones fuera de control, se debe asignar una causa antes de que cualquier control efectivo se pueda considerar. Cuando la gráfica de la carta de control no demuestra evidencia de causas asignables, se puede continuar la operación con un alto porcentaje de probabilidad (aproximadamente un 99 %) de que se está fabricando un producto aceptable con el nivel de diseño.

3.4 CARTAS DE CONTROL POR VARIABLES

Para un control más preciso y cuando los valores medidos son continuos, se usará una carta de control por variables. Como se explicó anteriormente, los datos continuos son aquellos que expresan numéricamente una dimensión, un peso, una dureza o fuerza. Cualquiera de estas características que no este de acuerdo a las especificaciones indica la necesidad de una carta de control por variables. En la mayor parte de las ocasiones utilizaremos una carta (X -R) de promedios y rangos, a pesar de que existen otro tipo de cartas que también se pueden utilizar.

3.4.1 PROMEDIOS DE LA MUESTRA

Antes de presentar la carta de medias y rangos, es necesario desarrollar un concepto importante relacionado con la forma en la cual la medida de la muestra se debe distribuir. Mientras las operaciones se pueden controlar graficando observaciones individuales, se obtienen mejores resultados si se trazan los promedios de la muestra.

Las observaciones individuales que se trazan en un histograma o frecuencia de distribución generalmente generan una distribución normal. De igual manera muestras repetidas de un mismo origen tendrán promedios que al ser trazados también tienden a generar distribuciones normales, esta tendencia aparentemente es independiente de la forma individual de la distribución y se basa en un concepto

estadístico conocido como el teorema del límite central. Aunque el teorema se refiere específicamente a sumas variables al azar, divididas entre el tamaño de una muestra constante, este trabajo extiende el concepto para incluir muestras de medias. Incrementando el tamaño de la muestra cera una distribución que es menos variable y que se aproxima mucho más a la normal. Para mostrar esto los datos de la figura 3.12 se han graficado en tres diferentes distribuciones ($n = 1$, $n = 2$, $n = 5$), como se muestra en la figura 3.13.

MUESTRA No.	DIA (Y HORA)	MEDIDA DE CADA CAPAC. DE LA MUESTRA					TOTAL	PROMEDIO DE LA MUESTRA	RANGO DE LA MUESTRA
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅			
1		23	20	30	9	43	125	25.0	34
2		7	10	6	20	7	50	10.0	14
3		30	39	10	19	13	111	22.2	29
4		18	25	34	15	38	130	26.0	23
5		4	1	3	1	3	12	2.4	3
6		1	5	2	2	5	15	3.0	4
7		3	4	2	3	2	14	2.8	2
8		24	7	14	15	25	85	17.0	18
9		30	23	21	6	18	98	19.6	24
10		7	25	20	8	12	72	14.4	18
11		7	6	9	27	11	60	12.0	21
12		8	14	9	8	17	56	11.2	9
13		3	3	8	12	11	37	7.4	9
14		12	3	2	14	16	47	9.4	14
15		9	18	11	9	10	57	11.4	9
16		13	12	19	3	6	53	10.6	16
17		21	32	6	41	19	119	23.8	35
18		17	4	24	10	20	75	15.0	20
19		10	28	11	12	3	64	12.8	25
20		14	18	22	3	9	66	13.2	19
21		12	15	10	8	20	65	13.0	12
22		11	9	7	19	21	67	13.4	14
23		14	17	9	20	22	82	16.4	13
24		8	9	17	23	30	87	17.4	22
25		22	12	14	21	23	92	18.4	11
TOTAL							3478	418	
RANGO PROMEDIO								16.7	
PROMEDIO TOTAL							13.91		

FIG. 3.12 HOJA DE DATOS

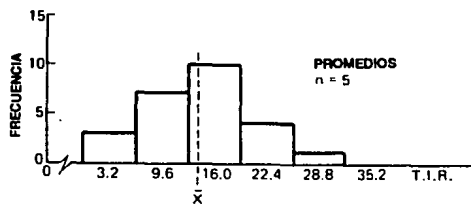
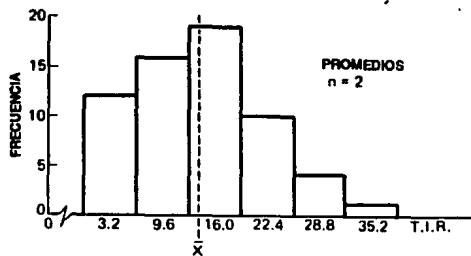
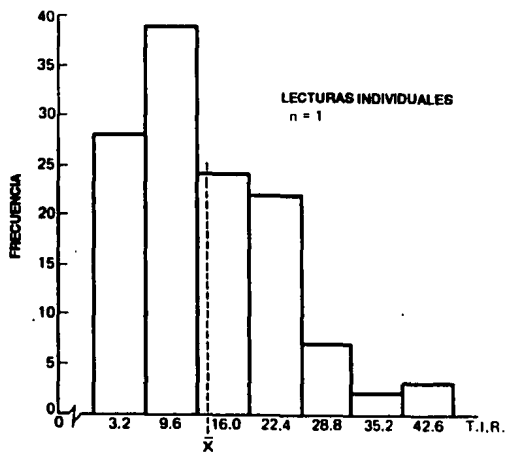


FIG. 3.13 INDICADOR TOTAL (RUN OUT)

3.4.2 MUESTRA DE RANGOS.

La muestra de la desviación estándar mide la variación. En control de calidad se conoce como sigma (σ), a pesar de que en la práctica actualmente se utilizan letras griegas para parámetros de población y letras romanas para muestras estadísticas. El rango y la diferencia entre los valores altos y bajos de la muestra son otras formas de expresar la variabilidad. El rango es más sencillo de calcular que la desviación estándar y para todas las muestras pequeñas (hasta 15) nos provee una medida de la variabilidad lo suficientemente audaz. La figura 3.14 ilustra porque se utiliza generalmente una cantidad de cinco (5) para el tamaño de la muestra con cartas X-R . Se puede observar que el histograma se aproximará a la distribución normal.

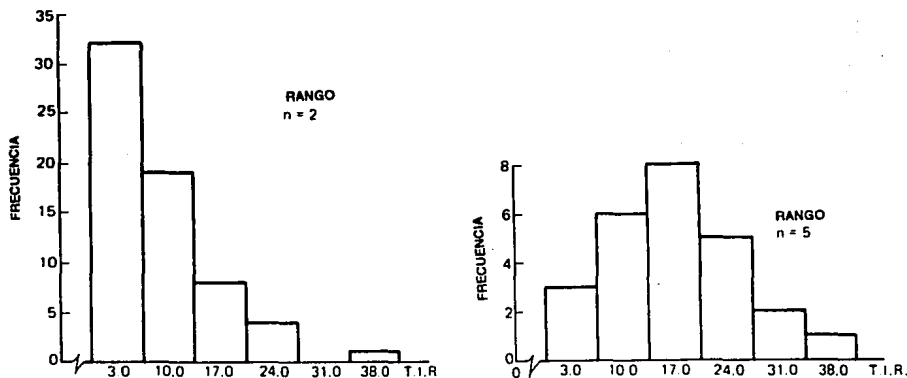


FIG. 3.14 DISTRIBUCION DEL RANGO

3.4.3 CARTA DE PROMEDIOS Y RANGOS.

La carta de promedios y rangos ha recibido el máximo reconocimiento como herramienta para el control estadístico enfocado a la calidad. Es una forma gráfica para mostrar la variabilidad de las muestras (X) y la variabilidad entre muestras (R). Apropiadamente aplicada esta carta nos puede resolver varias preguntas relacionadas con las siguientes operaciones:

- 1.- La variación se debe a un cambio o a otra causa asignable?
- 2.- La operación se encuentra en control?
 - a) Se encuentra apropiadamente centrado?
 - b) La distribución es satisfactoria?
- 3.- Podemos esperar que la operación continúe de esta forma?

La carta X - R se diferencia de otras cartas de control en que usualmente hay dos cartas en una misma forma, medias (X's) en la parte superior y rangos (R's) en la inferior. Consecuentemente después de que las partes de la muestra son medidas, se calculan y grafican dos estadísticas. La primera X se determina sumando todas las medidas de la muestra y dividiendo el resultado entre el tamaño de la muestra.

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

Donde n = Tamaño de la muestra.

La segunda R, se calcula restando la medida más pequeña (s) de la mayor (l):

$$R = X_l - X_s$$

Las líneas centrales o medias y los límites de control para ésta carta se calculan por medio de las siguientes formulas:

1.- Carta de medias:

a) Línea central:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_k}{k} = \frac{\bar{X}}{k}$$

b) Límites de control:

$$\bar{X} (+/-) 3 \sigma = \bar{X} (+/-) A_2 R$$

2.- Carta de rangos:

a) Línea central:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} = \frac{\bar{R}}{k}$$

b) Límites de control:

$$\text{Límite superior de control (UCL)} = \bar{R} + 3 \sigma_R = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Límite inferior de control (LCR)} = \bar{R} - 3 \sigma_R = D_3 \bar{R}$$

Donde: \bar{X} = Promedio total.

k = Número de muestras (unidades inspeccionadas)

\bar{R} = Rango promedio

A_2, D_3, D_4 = Constantes encontradas en fig. 3.17

Esto se ilustra en la figura 3.15

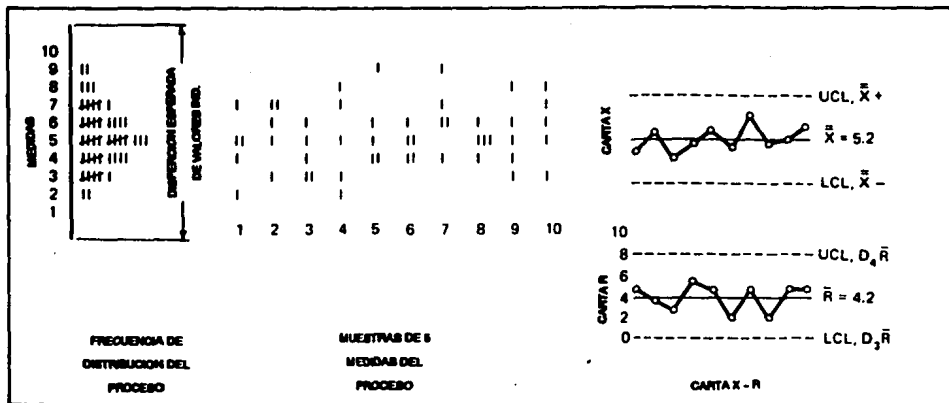


FIG. 3.15
 MUESTRA DE UN PROCESO CONTROLADO

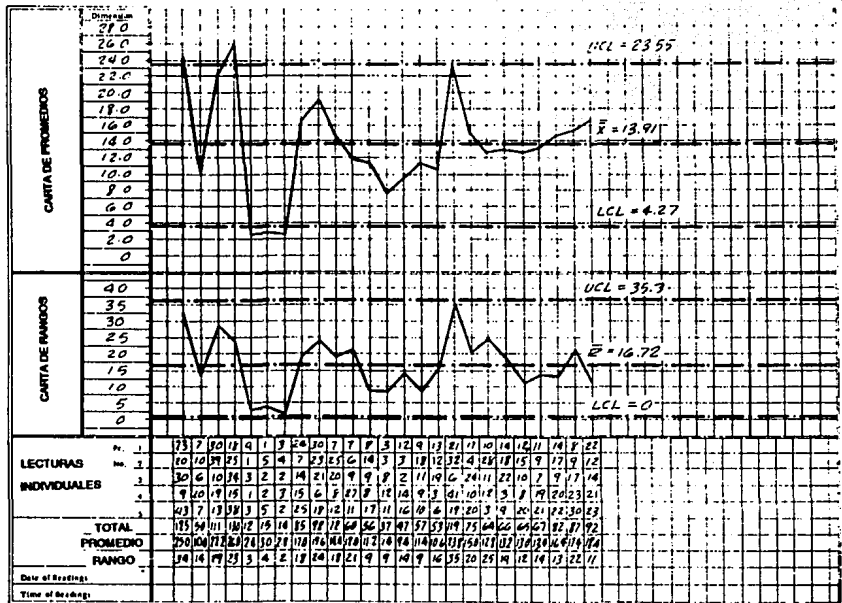


FIG. 3.16 CARTA X - R

Ejemplo:

Los pasos para construir la carta de medias y rangos (X-R) que se muestra en la figura 3.16 son los siguientes:

1.- Calcular X's:

$$X = \frac{23 + 20 + 30 + 9 + 43}{5} = \frac{125}{5} = 25.0$$

2.- Calcular R's:

$$R1 = 43 - 9 = 34$$

3.- Calcular X:

$$X = \frac{25 + 10 + \dots + 18.4}{25} = \frac{347.8}{25} = 13.91$$

4.- Calcular R:

$$R = \frac{34 + 14 + \dots + 11}{25} = \frac{418}{25} = 16.7$$

5.- Calcular límites de control de la carta de medias:

$$\begin{aligned} \text{Límite superior de control} &= 13.91 + (0.577) (16.7) \\ &= 13.91 + 9.64 = 23.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Límite inferior de control} &= 13.91 - (0.577) (16.7) \\ &= 13.91 - 9.64 = 4.27 \end{aligned}$$

6.- Calcular límites de control de la carta de rangos:

$$\begin{aligned} \text{Límite superior de control} &= (2.114) (16.7) \\ &= 13.91 - 9.64 = 4.27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Límite inferior de control} &= (0.0) (16.7) \\ &= 0 \end{aligned}$$

3.4.4 ANALISIS DE LAS CARTAS

El análisis de las cartas deberá seguir los lineamientos discutidos en el capítulo 5, además de los cuestionamientos expresados anteriormente en este capítulo.

1.- La variación es debida a causas asignables? Aunque todos los rangos estén en control, la carta de promedios muestran seis puntos fuera de control. Sin embargo la información es para una lectura total del indicador (runout) sobre la flecha. Los puntos que sobrepasan el límite superior tienen una interpretación diferente a aquellos que estan por debajo del límite inferior. En este caso se tiene una condición altamente deseable, asumiendo que todos los datos son validos. El cambio súbito de los primeros 4 puntos marcados con respecto a los siguientes tres, aparenta que existe una causa asignable.

2.- La operación esta en el nivel deseable de control?

a) Esta centrada?

b) La distribución es satisfactoria?

Haciendo referencia a la hoja de datos (fig. 3.12), la especificación es 0.0015 de pulgada máximo. Como el mayor porcentaje es de 0.00139 de pulgada con aproximadamente la mitad de los valores siendo más altos, es obvio que el centrado es muy alto. Podemos observar en los histogramas de la figura 3.13 que las mediciones individuales tienen una variación mayor que los promedios de las muestras. Los límites del proceso para individuos, estimados son:

$$X = (+/-) \frac{3R}{d_2}$$

Donde d_2 es la constante encontrada en la figura 3.17. Para este proceso tenemos.

$$\text{Límite superior de control} = 13.91 + \frac{3(16.72)}{2.326}$$

$$= 13.91 + 21.57 = 35.48$$

$$\text{Límite inferior de control} = 13.91 - \frac{3(16.72)}{2.326}$$

$$= 13.91 - 21.57 = -7.66 = 0$$

Cuando los límites calculados para mediciones individuales no caen dentro de especificaciones, el proceso no tiene un nivel de control deseable.

3.- La operación puede mantenerse de esta forma? Debido al hecho de que el proceso no está cumpliendo con las especificaciones, se debe realizar una investigación para corregir este problema, antes de proyectar los límites de control a un futuro.

TAMANO MUESTRA	FACTOR PARA			FACTOR (SIGMA) PARA LA DESVIACION ESTANDAR	TAMANO MUESTRA
	PROMEDIO	RANGO			
n	A ₂	D ₃	D ₄	d ₂	n
2	1.880	0.0	3.268	1.128	2
3	1.023	0.0	2.574	1.693	3
4	0.729	0.0	2.282	2.059	4
5	0.577	0.0	2.114	2.326	5
6	0.483	0.0	2.004	2.534	6
7	0.419	0.076	1.924	2.704	7
8	0.373	0.136	1.864	2.847	8
9	0.337	0.184	1.816	2.970	9
10	0.308	0.223	1.777	3.078	10
11	0.285	0.256	1.744	3.173	11
12	0.266	0.284	1.717	3.258	12
13	0.249	0.308	1.692	3.336	13
14	0.235	0.329	1.671	3.407	14
15	0.223	0.348	1.652	3.476	15

FORMULAS PARA GRAFICAR LIMITES DE CONTROL

PARA PROMEDIOS	PARA RANGOS
$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$	$UCL_R = D_4 \bar{R}$
$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$	$LCL_R = D_3 \bar{R}$

DESVIACION ESTANDAR (SIGMA)

$$\text{Sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

FIG. 3.17
FACTORES PARA GRAFICAR LIMITES DE CONTROL PARA CARTAS X - R

3.4.5 ASPECTOS ADICIONALES

Los límites de control se pueden analizar después de haber tomado entre 20 y 25 muestras. Cuando el proceso está en control, los límites se proyectan para el período siguiente, pero deben ser verificados después de otras 10 ó 15 muestras. Debemos enfatizar que un estado control no significa necesariamente que el proceso opera satisfactoriamente. El proceso puede ser estable en un nivel equivocado o tener la misma variación.

los auxilios que brindan las cartas para la producción de productos de calidad se enlistan a continuación:

- a) Determinan la capacidad del proceso.
- b) Responden la duda del operador ¿Lo hago bien?
- c) Nos da información de cuando y cuanto debe ajustarse el proceso.
- d) Indica cuando un proceso puede trabajar "solo"
- e) Señala variaciones anormales entre las muestras.
- f) Ayuda en la definición de problemas como: Desgaste de herramental, diferencias entre operadores, material defectuoso, etc.

Finalmente, como precaución debemos mencionar que la aplicación de las cartas es, como una herramienta de diagnóstico y deberán usarse cuando existan problemas con respecto a operadores, máquinas, material o medición.

CAPITULO 4.

PROCESO DE FABRICACION DE LOS COMPONENTES DEL LIMPIAPARABRISAS.

En este capítulo se analizará el proceso de fabricación del sistema limpiaparabrisas, basándonos únicamente en en la fabricación del motor, la hoja y el mecanismo limpiaparabrisas.

En cuanto a la fabricación del motor únicamente se analizará el ensamble de éste, sin tomar en cuenta la fabricación de cada uno de los componentes que lo forman; en la hoja, se excluirá el proceso de fabricación del elemento de hule.

La razón por la cual se realizará este análisis es para darnos cuenta de los pasos a seguir en la fabricación de cada uno de los componentes que se estudian a través de esta Tesis y de esta manera tratar de visualizar en donde se aplicará el control estadístico de procesos para el control de la fabricación de dichos elementos, aunque en la práctica que se realizará en esta Tesis solo se aplicará el control estadístico en la hoja, específicamente en la altura del puente.

Es importante aclarar que el control estadístico de procesos es una herramienta que nos ayuda a controlar nuestro proceso de fabricación y que no depende del flujo del proceso de fabricación, sin embargo es importante conocer el proceso de fabricación para estudiar las razones

por las cuales la habilidad de nuestro proceso puede ser deficiente.

La nomenclatura que se utiliza para el diagrama de flujo es la siguiente:



Transporte.



Almacenaje.



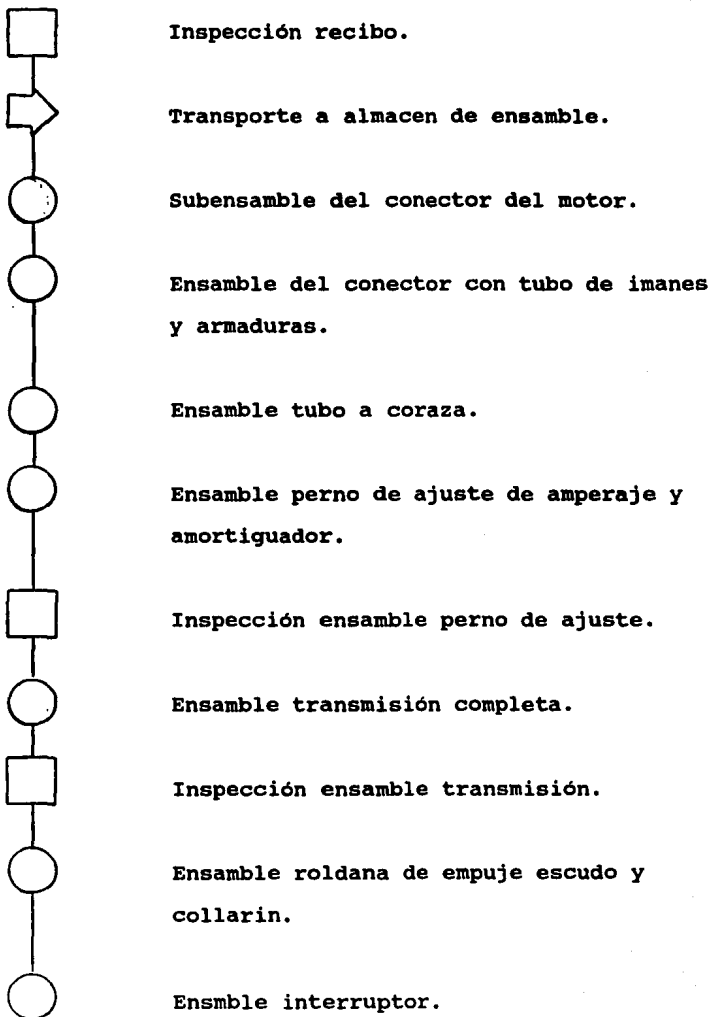
Operación.



Inspección.

A continuación se describe el diagrama de flujo para cada uno de los componenetes citados anteriormente.

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DEL MOTOR
LIMPIAPARABRISAS**





Ensamble brazo de giro.

Ensamble cubierta.

Prueba de torque dinámico.

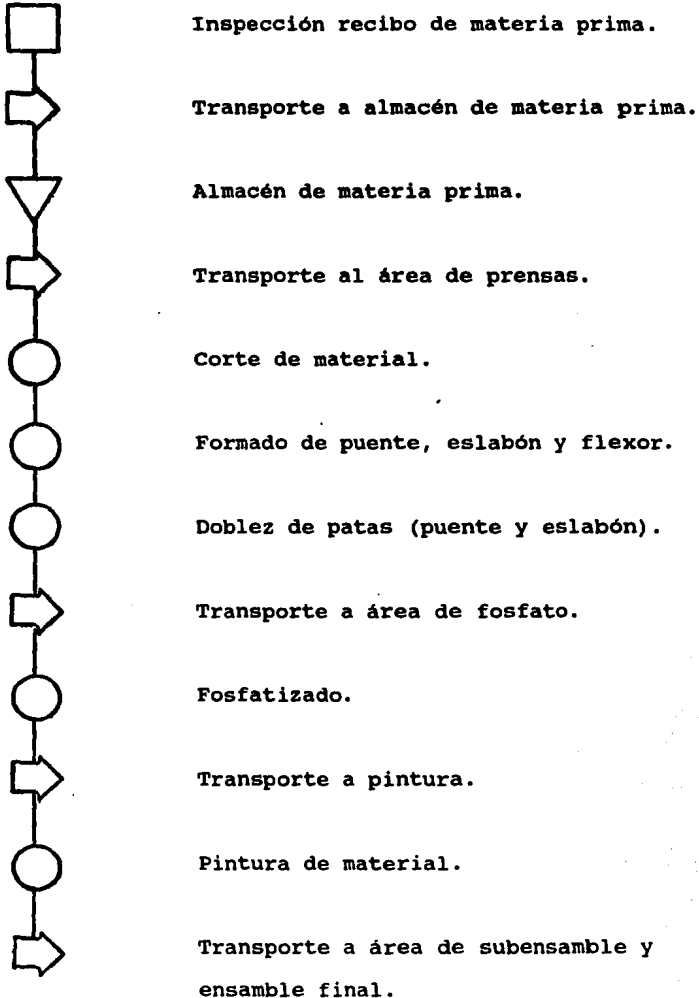
Prueba funcional.

Empaque y etiquetado.

Transporte a almacén de producto terminado.

Almacén.

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE LA HOJA
LIMPIA PARABRISAS**





Subensable de eslabón a puente.

Inspección subensable eslabón a puente.

Subensable flexor a hule.

Ensamble flexor y hule a eslabón y puente.

Inspección altura puente.

Ensamble conector.

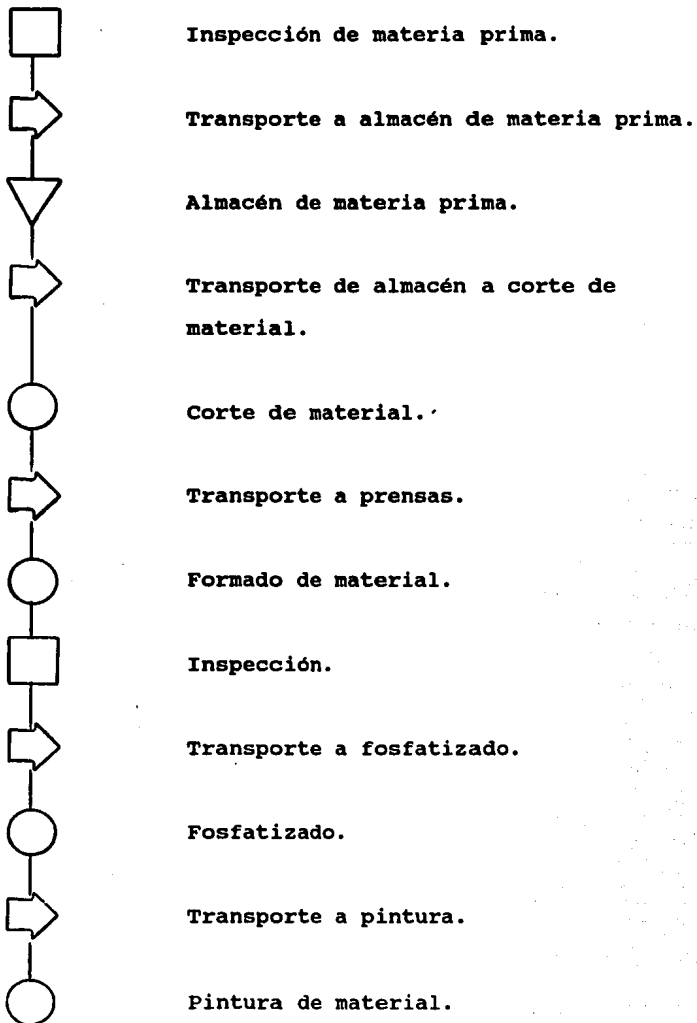
Transporte de hoja a empaque.

Empaque y etiquetado.

Transporte a almacén de producto terminado.

Almacén.

PROCESO DE FABRICACION DEL MECANISMO LIMPIAPARABRISAS





Transporte a ensamble.

Ensamble.

Inspección ensamble.

Empaque.

**Transporte a almacén de producto
terminado.**

Almacén.

CAPITULO 5.

APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS EN LA HOJA LIMPIAPARABRISAS.

Como se pudo observar en el capítulo 3, existen varias formas de controlar estadísticamente el proceso de fabricación de los limpiaparabrisas (por ejemplo Histogramas, cartas X - R, etc.), pero este tipo de control lo llevaremos únicamente para aquellas características que se consideran como críticas, entendiendo como esto a las características que debemos monitorear con más cuidado, ya que debido a nuestro proceso, o a la misma naturaleza de la pieza es factible que falle. Esto se logra determinar por medio de otros métodos como son el AMEF (ANALISIS DE MODO EFECTO Y FALLAS), que no se incluirá en ésta tesis, aunque podemos mencionar que el AMEF es básicamente el análisis que se realiza al proceso o a la pieza (producto), donde se determina la parte de nuestro proceso o producto en que es más factible que tengamos algún tipo de falla y por lo tanto nuestra pieza tenga un defecto.

Para nuestro caso analizaremos exclusivamente uno de los componentes que forman el limpiaparabrisas, que es la fabricación de la hoja limpiaparabrisas y no veremos el control de los demás componentes debido a que básicamente queremos ejemplificar el uso del control estadístico de procesos, así como su funcionalidad.

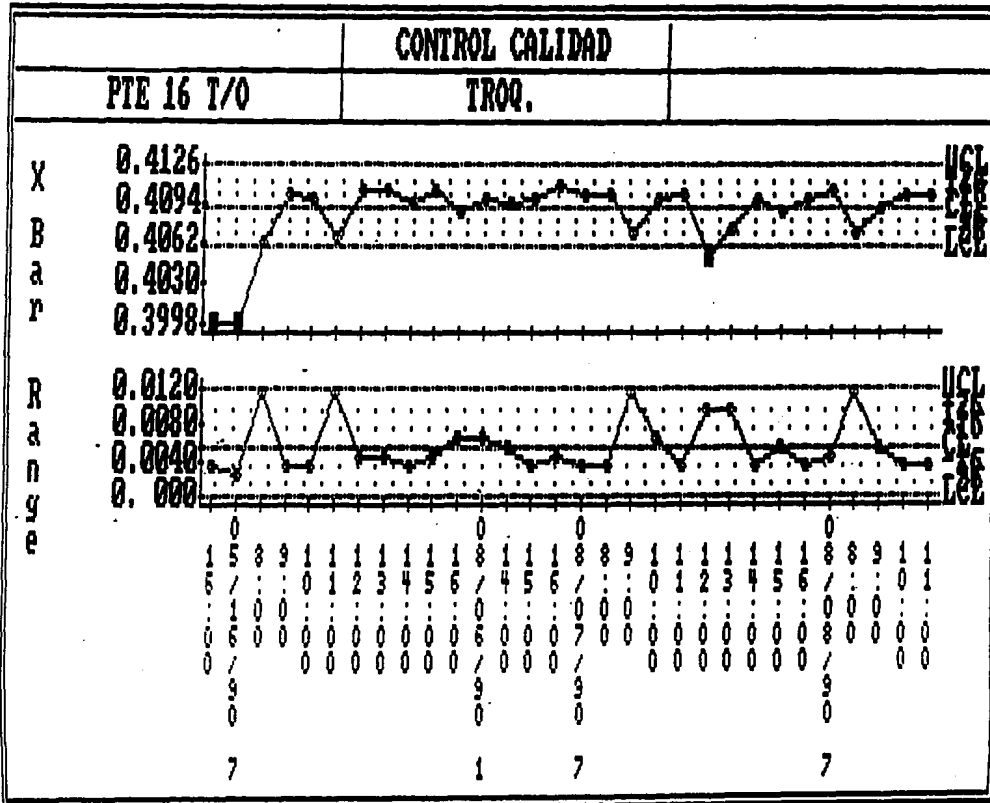
Los estudios que se realizarán se escogieron en base a los conceptos analizados en el capítulo 3 y a la característica crítica de la pieza, que en este caso es la altura del puente, la cual se escogió debido a los estudios realizados (AMEF). En donde se vió que esta característica es crítica debido a que de ella depende el buen asentamiento de los extremos de la hoja sobre el parabrisas.

De la teoría que se analizó en el capítulo 3 de esta tesis pudimos observar manualmente cómo se realizan los estudios para determinar la habilidad de las piezas, y la forma de anotación y graficación de los resultados etc. La aplicación de lo citado se realizará por medio de un paquete de computación llamado Statistical Process Control (SPCPRO), con el fin de agilizar nuestro estudio debido a que lo visto en teoría del capítulo 3, es aplicado exactamente de la misma forma por el paquete, ya que este programa utiliza las mismas fórmulas que se citan en dicho capítulo.

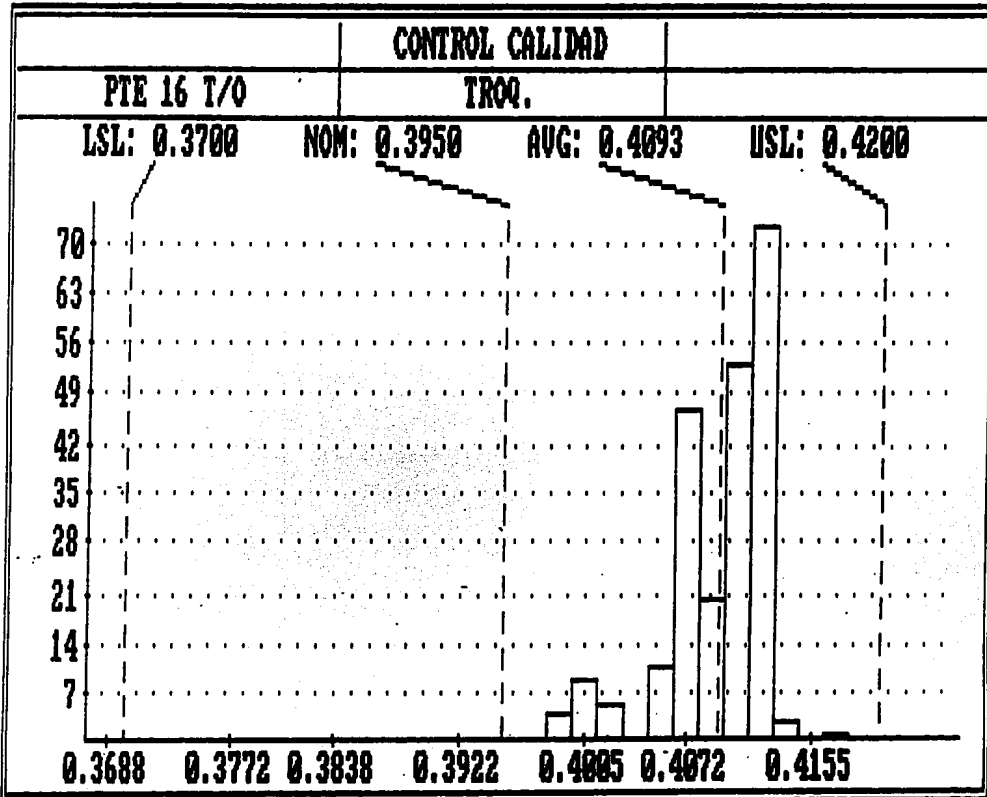
A continuación aplicaremos lo siguiente:

- CARTA X - R
- HISTOGRAMA
- TABLA DEL HISTOGRAMA
- CP Y CPK ASUMIENDO DISTRIBUCION NORMAL
- CP Y CPK ASUMIENDO DISTRIBUCION REAL

Para hojas de 16 pulg y 18 pug respectivamente.
Esto con el objetivo de realizar una comparación entre ambas
hojas y tratar de determinar sus diferencias posteriormente.

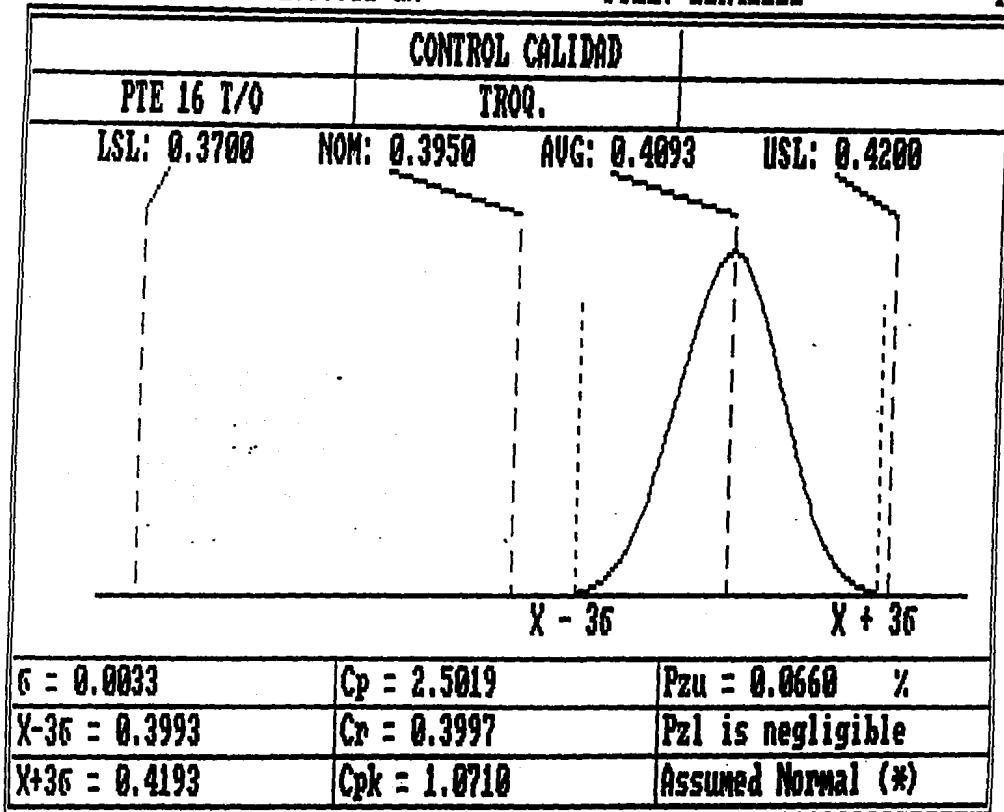


106



Frequency Distribution

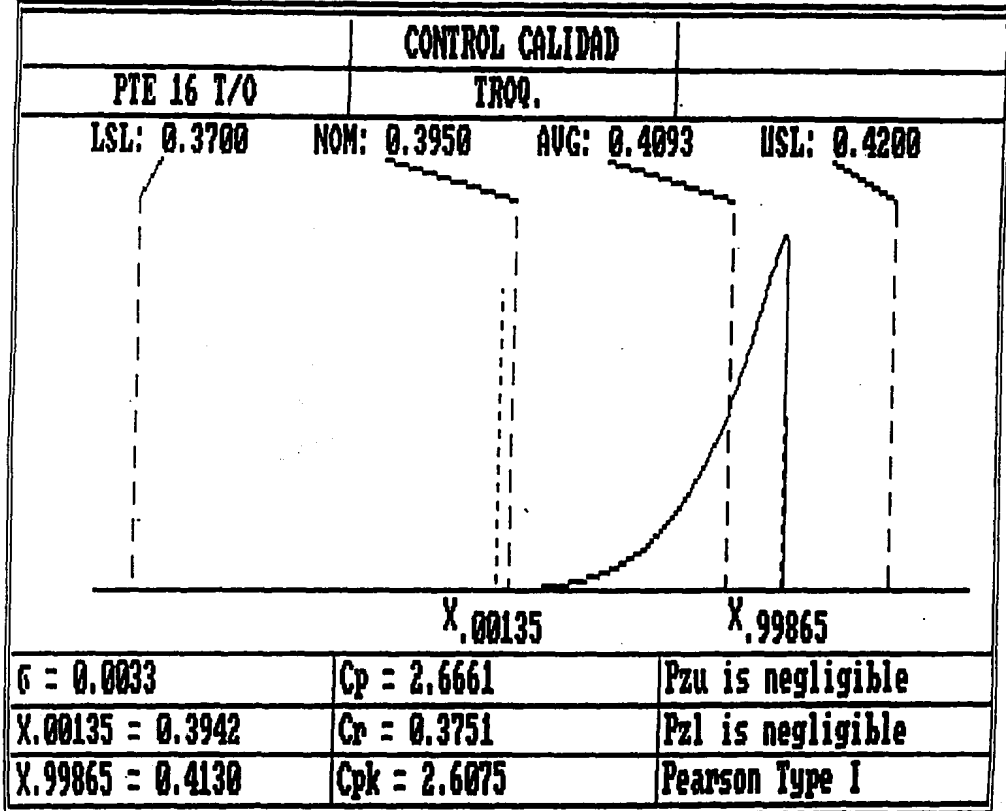
Cell	Cell Midpoint	Frequency	Probability	Sum of %
1	0.3988	4	1.7778	1.7778
2	0.4005	9	4.0000	5.7778
3	0.4022	5	2.2222	8.0000
4	0.4038	0	0.	8.0000
5	0.4055	11	4.8889	12.8889
6	0.4072	47	20.8889	33.7778
7	0.4088	20	8.8889	42.6667
8	0.4105	53	23.5556	66.2222
9	0.4122	72	32.0000	98.2222
10	0.4138	3	1.3333	99.5556
11	0.4155	0	0.	99.5556
12	0.4172	1	0.4444	100.0000



Mon Jun 10 1991 1:59:43 am

FILE: 11R42122

45



COMPANIA : DEPTO. :
PLANTA : No. PARTE : PTE 16 T/O
OPERACION : TROQ. No. OP. :
CARACT. : ALTURA FRECUENCIA :

Engineering Specifications

Lower: 0.3700 Nominal: 0.3950 Upper: 0.4200 Units: MILES.

Descriptive Statistics - 1 to 45

Total Samples:	225	Total Subgroups:	45
Xdbars:	0.4093	Ave Sam/Sub:	5.0000
Rbar:	0.0057		
sbar:	0.0023	Std Dev (n - 1):	0.0033
Mbar:	0.4094	Variance (n - 1):	1.1094E-5
Skewness:	-5.1995E-8	Coeff. of Skewness:	-1.4165E
Kurtosis:	6.4915E-10	Coeff. of Kurtosis:	5.3218

Comments

Control Limit Range 1 - 45; Auto

n = 5 : LCLXbar = 0.4060; Xdbar = 0.4093; UCLXbar = 0.4126
LCLR = 0.; Rbar = 0.0057; UCLR = 0.0120

Pattern Analysis

[4] Upper 2 out of 3 points lie outside 2-sigma limit
[8] Upper 8 consecutive points on one side of center line
[9] Upper 8 consecutive points on one side of center line
[10] Upper 8 consecutive points on one side of center line
[11] Upper 8 consecutive points on one side of center line
[12] Upper 8 consecutive points on one side of center line
[13] Upper 8 consecutive points on one side of center line
[14] Upper 8 consecutive points on one side of center line
[15] Upper 8 consecutive points on one side of center line
[16] Upper Point lies outside 3-sigma limit
Lower Stratification detected
Mixture detected
[17] Upper Point lies outside 3-sigma limit
2 out of 3 points lie outside 2-sigma limit
[18] Upper 2 out of 3 points lie outside 2-sigma limit
[19] Upper 2 out of 3 points lie outside 2-sigma limit
[36] Upper Point lies outside 3-sigma limit
[37] Lower 2 out of 3 points lie outside 2-sigma limit
[38] Lower 2 out of 3 points lie outside 2-sigma limit

Date: Mon Jun 10 1991

Time: 2:02:18 am

Subgroup:	1	2	3	4	5	
Sample :	1	0.4100	0.4120	0.4090	0.4140	0.4080
	2	0.4120	0.4080	0.4120	0.4120	0.4120
	3	0.4080	0.4120	0.4100	0.4100	0.4080
	4	0.4100	0.4100	0.4080	0.4110	0.4100
	5	0.4090	0.4180	0.4130	0.4130	0.4120

Sum :	2.0490	2.0600	2.0520	2.0600	2.0500
Xbar :	0.4098	0.4120	0.4104	0.4120	0.4100
Rnge :	0.0040	0.0100	0.0050	0.0040	0.0040

Date :	05/14/90				
Time :	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
Code :					

Subgroup:	6	7	8	9	10	
Sample :	1	0.4100	0.4120	0.4080	0.4100	0.4120
	2	0.4120	0.4100	0.4090	0.4120	0.4120
	3	0.4080	0.4080	0.4130	0.4090	0.4080
	4	0.4090	0.4120	0.4140	0.4120	0.4100
	5	0.4100	0.4130	0.4100	0.4080	0.4080

Sum :	2.0490	2.0550	2.0540	2.0510	2.0500
Xbar :	0.4098	0.4110	0.4108	0.4102	0.4100
Rnge :	0.0040	0.0050	0.0060	0.0040	0.0040

Date :		05/15/90			
Time :	16:00	7:00	8:00	9:00	10:00
Code :					

Subgroup:	11	12	13	14	15	
Sample :	1	0.4120	0.4080	0.4120	0.4080	0.4100
	2	0.4140	0.4080	0.4080	0.4100	0.4120
	3	0.4080	0.4120	0.4090	0.4120	0.4130
	4	0.4100	0.4100	0.4120	0.4120	0.4080
	5	0.4090	0.4120	0.4100	0.4090	0.4090

Sum :	2.0530	2.0510	2.0510	2.0510	2.0520
Xbar :	0.4106	0.4102	0.4102	0.4102	0.4104
Rnge :	0.0060	0.0040	0.0040	0.0040	0.0050

Date :					
Time :	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
Code :					

Subgroup:	16	17	18	19	20	
Sample :	1	0.3980	0.4000	0.4100	0.4120	0.4100
	2	0.3990	0.4020	0.4120	0.4080	0.4080
	3	0.4000	0.3980	0.4080	0.4100	0.4100
	4	0.4020	0.3980	0.4000	0.4120	0.4120
	5	0.4000	0.4000	0.4020	0.4100	0.4090
Sum :	1.9990	2.0000	2.0320	2.0520	2.0490	
Xbar :	0.3998	0.4000	0.4084	0.4104	0.4098	
Rnge :	0.0040	0.0030	0.0120	0.0040	0.0040	
Date :		05/16/90				
Time :	18:00	7:00	8:00	9:00	10:00	
Code :						

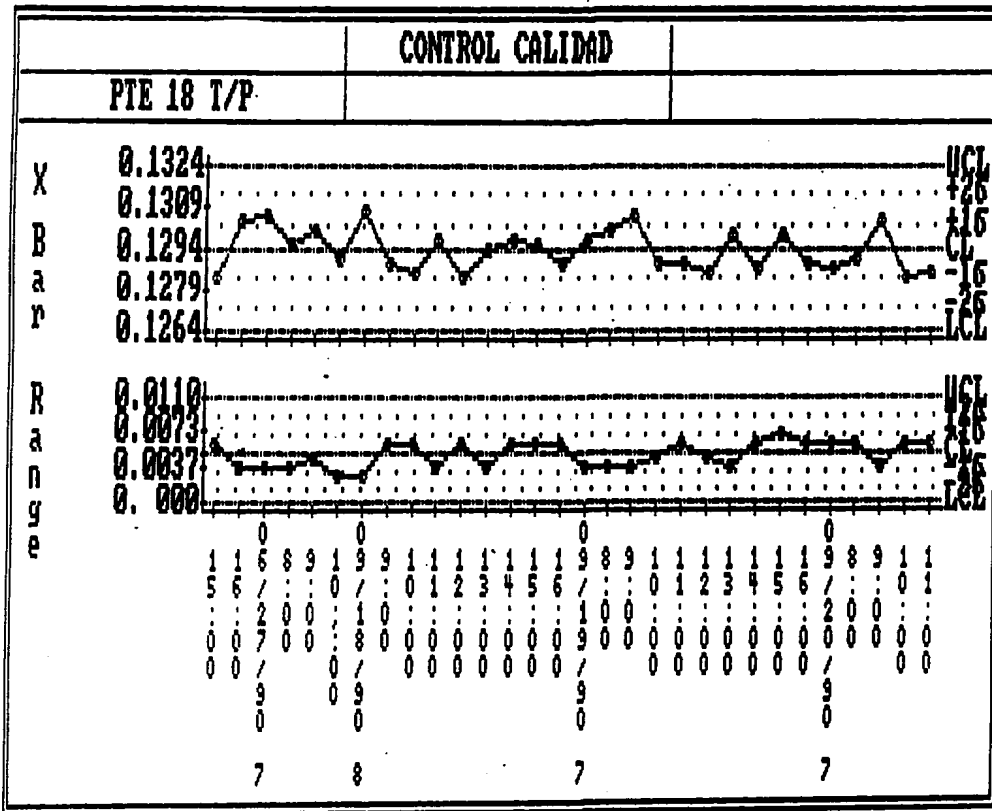
Subgroup:	21	22	23	24	25	
Sample :	1	0.4000	0.4120	0.4100	0.4120	0.4080
	2	0.4070	0.4100	0.4080	0.4100	0.4090
	3	0.4050	0.4080	0.4120	0.4080	0.4120
	4	0.4100	0.4130	0.4100	0.4080	0.4110
	5	0.4120	0.4100	0.4130	0.4090	0.4130
Sum :	2.0340	2.0530	2.0530	2.0470	2.0530	
Xbar :	0.4068	0.4106	0.4106	0.4094	0.4106	
Rnge :	0.0120	0.0050	0.0050	0.0040	0.0050	
Date :						
Time :	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	
Code :						

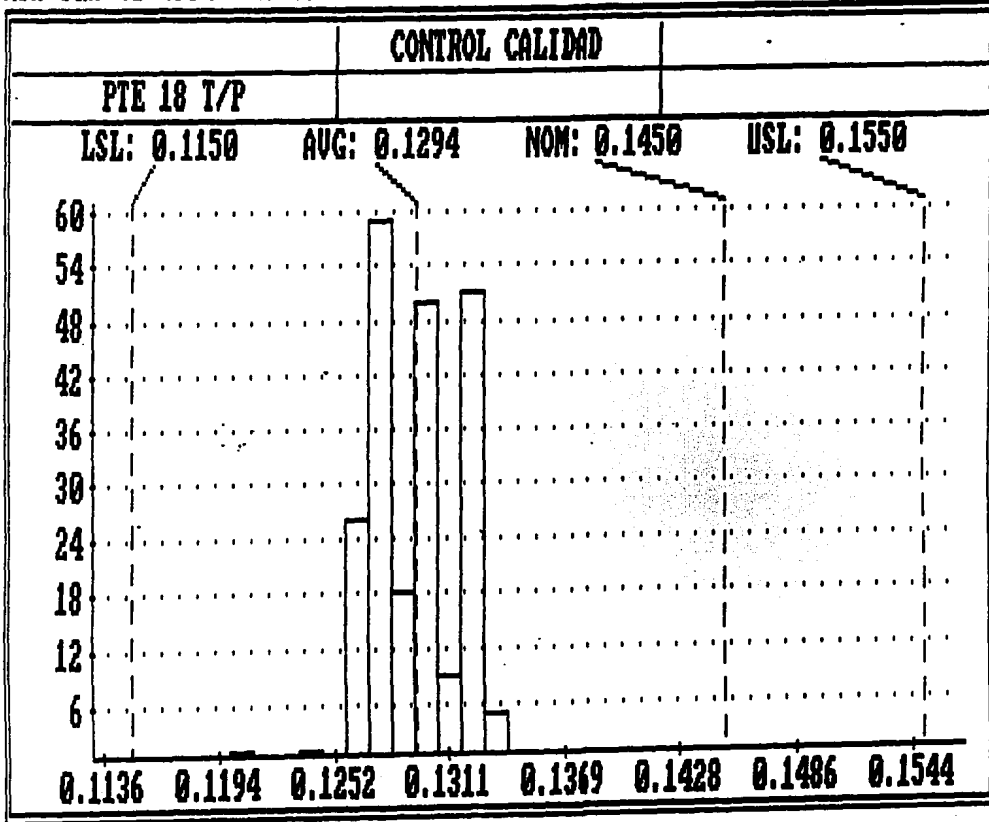
Subgroup:	26	27	28	29	30	
Sample :	1	0.4050	0.4060	0.4100	0.4120	0.4120
	2	0.4080	0.4120	0.4120	0.4080	0.4100
	3	0.4090	0.4100	0.4080	0.4100	0.4080
	4	0.4120	0.4130	0.4060	0.4080	0.4130
	5	0.4100	0.4090	0.4120	0.4120	0.4120
Sum :	2.0440	2.0500	2.0480	2.0500	2.0550	
Xbar :	0.4088	0.4100	0.4096	0.4100	0.4110	
Rnge :	0.0070	0.0070	0.0060	0.0040	0.0050	
Date :		08/06/90				
Time :	16:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
Code :						

Subgroup:	31	32	33	34	35	
Sample :	1	0.4120	0.4100	0.4000	0.4100	0.4080
	2	0.4080	0.4120	0.4100	0.4120	0.4120
	3	0.4090	0.4080	0.4120	0.4130	0.4100
	4	0.4100	0.4090	0.4080	0.4080	0.4090
	5	0.4120	0.4120	0.4060	0.4060	0.4120
Sum :	2.0510	2.0510	2.0360	2.0480	2.0510	
Xbar :	0.4102	0.4102	0.4072	0.4098	0.4102	
Rnge :	0.0040	0.0040	0.0120	0.0070	0.0040	
Date :	08/07/80					
Time :	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	
Code :						

Subgroup:	36	37	38	39	40	
Sample :	1	0.4000	0.4020	0.4100	0.4120	0.4100
	2	0.4020	0.4060	0.4120	0.4080	0.4080
	3	0.4080	0.4080	0.4080	0.4100	0.4080
	4	0.4100	0.4120	0.4120	0.4060	0.4120
	5	0.4080	0.4100	0.4080	0.4080	0.4100
Sum :	2.0260	2.0380	2.0500	2.0440	2.0490	
Xbar :	0.4052	0.4076	0.4100	0.4088	0.4088	
Rnge :	0.0100	0.0100	0.0040	0.0080	0.0040	
Date :						
Time :	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
Code :						

Subgroup:	41	42	43	44	45	
Sample :	1	0.4120	0.4000	0.4100	0.4120	0.4100
	2	0.4130	0.4060	0.4080	0.4080	0.4080
	3	0.4080	0.4080	0.4060	0.4100	0.4120
	4	0.4080	0.4120	0.4120	0.4120	0.4100
	5	0.4120	0.4100	0.4100	0.4100	0.4120
Sum :	2.0540	2.0360	2.0460	2.0520	2.0520	
Xbar :	0.4108	0.4072	0.4092	0.4104	0.4104	
Rnge :	0.0050	0.0120	0.0060	0.0040	0.0040	
Date :	08/08/80					
Time :	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	
Code :						



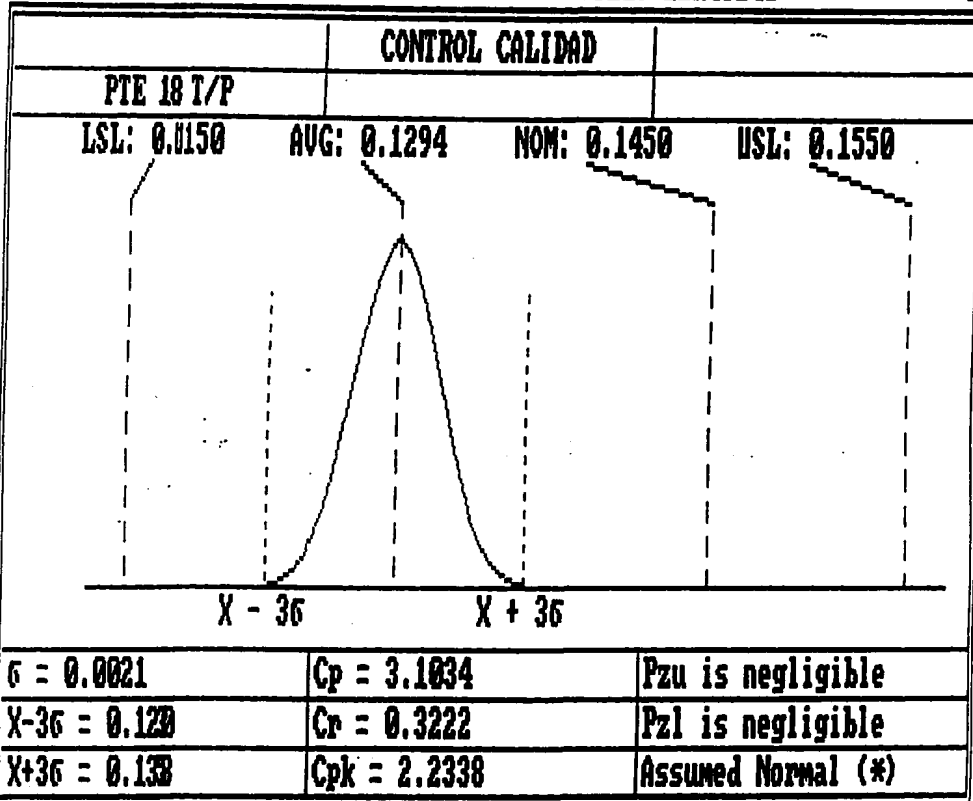


116

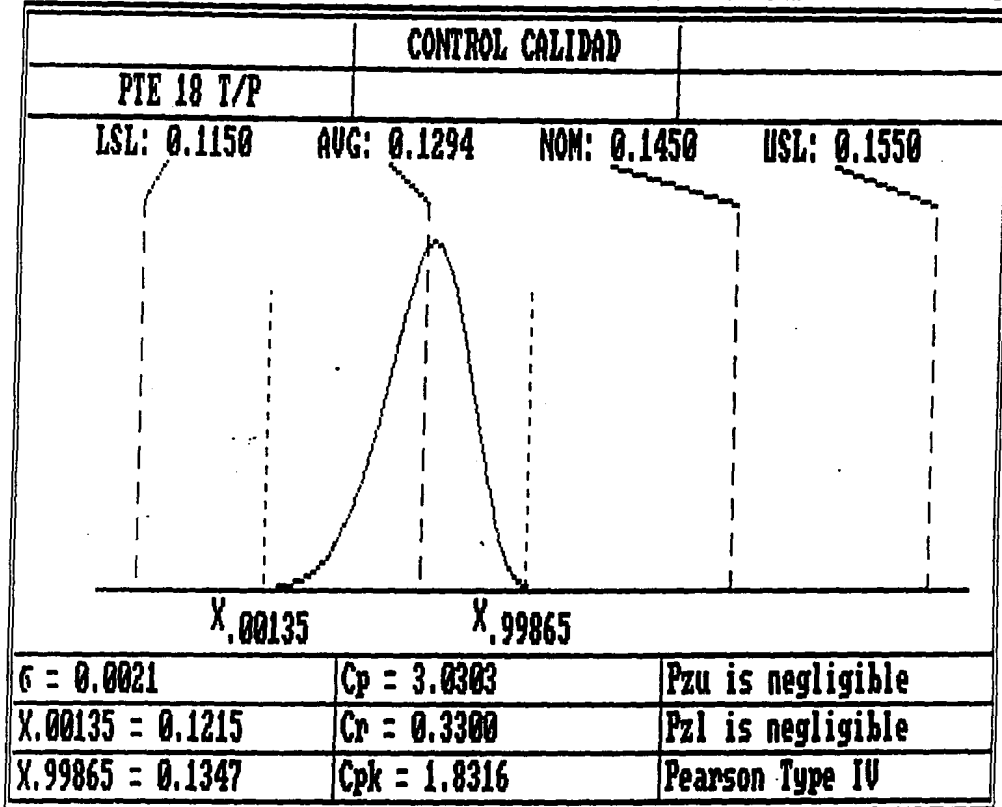
Frequency Distribution

Sample Size: 220 Curve Type: UNKNOWN
Sample Min: 0.1200 Sample Max: 0.1340

Cell	Cell Midpoint	Frequency	Probability	Sum of %
1	0.1206	1	0.4545	0.4545
2	0.1218	0	0.	0.4545
3	0.1229	0	0.	0.4545
4	0.1241	1	0.4545	0.9091
5	0.1253	0	0.	0.9091
6	0.1264	26	11.8182	12.7273
7	0.1276	59	26.8182	39.5455
8	0.1288	18	8.1818	47.7273
9	0.1299	50	22.7273	70.4545
10	0.1311	9	4.0909	74.5455
11	0.1323	51	23.1818	97.7273
12	0.1334	5	2.2727	100.0000



118



COMPANIA : DEPTO. :
PLANTA : No. PARTE : PTE 18 T/P
OPERACION : No. OP. :
CARACT. : ALTURA FRECUENCIA:

Engineering Specifications

Lower: 0.1150 Nominal: 0.1450 Upper: 0.1550 Units: MILES.

Descriptive Statistics - 1 to 44

Total Samples:	220	Total Subgroups:	44
Xdbar:	0.1294	Ave Sam/Sub:	5.0000
Rbar:	0.0052		
sbar:	0.0021	Std Dev (n - 1):	0.0021
Mbar:	0.1293	Variance (n - 1):	4.6146E-6
Skewness:	-4.4343E-9	Coeff. of Skewness:	-0.4504
Kurtosis:	7.2611E-11	Coeff. of Kurtosis:	3.4411

Comments

Control Limit Range 1 - 44; Auto
n = 5 : LCLXbar = 0.1284; Xdbar = 0.1294; UCLXbar = 0.1324
LCLR = 0.; Rbar = 0.0052; UCLR = 0.0110

Pattern Analysis

[35] Lower Stratification detected
Mixture detected
[36] Lower Stratification detected
Mixture detected
[37] Lower Stratification detected
Mixture detected
[38] Lower Stratification detected
Mixture detected
[39] Lower Stratification detected
Mixture detected
[40] Lower Stratification detected
Mixture detected
[41] Lower Stratification detected
Mixture detected
[42] Lower Stratification detected
Mixture detected
[43] Lower Stratification detected
Mixture detected
[44] Lower Stratification detected
Mixture detected

Date: Mon Jun 10 1991

Time: 2:24:06 am

Subgroup:	16	17	18	19	20	
Sample :	1	0.1300	0.1300	0.1280	0.1300	0.1310
	2	0.1320	0.1310	0.1320	0.1320	0.1300
	3	0.1280	0.1320	0.1300	0.1280	0.1280
	4	0.1320	0.1280	0.1280	0.1330	0.1290
	5	0.1300	0.1320	0.1300	0.1280	0.1280
Sum :	0.6520	0.6530	0.6480	0.6510	0.6460	
Xbar :	0.1304	0.1306	0.1286	0.1302	0.1292	
Rnge :	0.0040	0.0040	0.0040	0.0050	0.0030	
Date :		08/27/90				
Time :	16:00	7:00	8:00	8:00	10:00	
Code :						
Subgroup:	21	22	23	24	25	
Sample :	1	0.1320	0.1290	0.1280	0.1280	0.1280
	2	0.1300	0.1320	0.1270	0.1300	0.1280
	3	0.1280	0.1280	0.1280	0.1320	0.1280
	4	0.1310	0.1280	0.1300	0.1310	0.1300
	5	0.1320	0.1300	0.1320	0.1280	0.1320
Sum :	0.6540	0.6450	0.6430	0.6490	0.6420	
Xbar :	0.1308	0.1280	0.1286	0.1298	0.1284	
Rnge :	0.0030	0.0080	0.0080	0.0040	0.0080	
Date :	09/18/90					
Time :	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	
Code :						
Subgroup:	26	27	28	29	30	
Sample :	1	0.1280	0.1260	0.1260	0.1280	0.1310
	2	0.1300	0.1300	0.1280	0.1300	0.1300
	3	0.1320	0.1320	0.1320	0.1320	0.1280
	4	0.1280	0.1290	0.1300	0.1260	0.1320
	5	0.1290	0.1320	0.1320	0.1290	0.1280
Sum :	0.6470	0.6490	0.6480	0.6450	0.6490	
Xbar :	0.1284	0.1288	0.1296	0.1280	0.1298	
Rnge :	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060	0.0040	
Date :					09/19/90	
Time :	13:00	14:00	15:00	16:00	7:00	
Code :						

```

-----
Subgroup:      1          2          3          4          5
-----
Sample : 1    0.1300    0.1320    0.1200    0.1280    0.1260
          2    0.1320    0.1320    0.1280    0.1290    0.1270
          3    0.1340    0.1280    0.1290    0.1320    0.1290
          4    0.1280    0.1290    0.1300    0.1300    0.1320
          5    0.1330    0.1300    0.1260    0.1320    0.1300

Sum       :    0.6570    0.6510    0.6330    0.6510    0.6440
Xbar      :    0.1314    0.1302    0.1266    0.1302    0.1288
Rnge      :    0.0060    0.0040    0.0100    0.0040    0.0060

Date      :    06/25/90
Time      :    11:00          12:00          13:00          14:00          15:00
Code      :

-----
Subgroup:      6          7          8          9          10
-----
Sample : 1    0.1280    0.1300    0.1310    0.1280    0.1280
          2    0.1290    0.1260    0.1320    0.1280    0.1290
          3    0.1300    0.1280    0.1280    0.1300    0.1280
          4    0.1320    0.1330    0.1260    0.1320    0.1280
          5    0.1300    0.1310    0.1240    0.1320    0.1300

Sum       :    0.6480    0.6480    0.6410    0.6500    0.6410
Xbar      :    0.1298    0.1296    0.1262    0.1300    0.1262
Rnge      :    0.0040    0.0070    0.0080    0.0040    0.0040

Date      :
Time      :    16:00          06/26/90          7:00          8:00          9:00          10:00
Code      :

-----
Subgroup:      11         12         13         14         15
-----
Sample : 1    0.1260    0.1320    0.1260    0.1280    0.1260
          2    0.1270    0.1300    0.1280    0.1290    0.1320
          3    0.1300    0.1280    0.1320    0.1320    0.1280
          4    0.1320    0.1300    0.1300    0.1300    0.1260
          5    0.1280    0.1280    0.1320    0.1280    0.1300

Sum       :    0.6430    0.6480    0.6480    0.6470    0.6420
Xbar      :    0.1286    0.1296    0.1296    0.1294    0.1284
Rnge      :    0.0060    0.0040    0.0060    0.0040    0.0060

Date      :
Time      :    11:00          12:00          13:00          14:00          15:00
Code      :
-----

```

Date: Mon Jun 10 1991

Time: 2:24:06 am

Subgroup:	31	32	33	34	35
Sample :	1 0.1320	0.1320	0.1300	0.1300	0.1310
	2 0.1300	0.1300	0.1320	0.1320	0.1280
	3 0.1280	0.1280	0.1280	0.1280	0.1260
	4 0.1280	0.1320	0.1270	0.1260	0.1280
	5 0.1320	0.1310	0.1280	0.1290	0.1300
Sun :	0.6510	0.6530	0.6450	0.6450	0.6430
Xbar :	0.1302	0.1306	0.1290	0.1290	0.1286
Rnge :	0.0040	0.0040	0.0050	0.0060	0.0050
Date :					
Time :	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Code :					
Subgroup:	36	37	38	39	40
Sample :	1 0.1280	0.1280	0.1300	0.1320	0.1280
	2 0.1300	0.1320	0.1290	0.1300	0.1280
	3 0.1320	0.1300	0.1280	0.1280	0.1300
	4 0.1300	0.1280	0.1320	0.1280	0.1320
	5 0.1300	0.1280	0.1330	0.1290	0.1260
Sun :	0.6500	0.6440	0.6500	0.6450	0.6440
Xbar :	0.1300	0.1288	0.1300	0.1290	0.1288
Rnge :	0.0040	0.0060	0.0070	0.0080	0.0060
Date :					09/20/80
Time :	13:00	14:00	15:00	16:00	7:00
Code :					
Subgroup:	41	42	43	44	
Sample :	1 0.1260	0.1320	0.1260	0.1260	
	2 0.1280	0.1300	0.1300	0.1280	
	3 0.1300	0.1320	0.1320	0.1320	
	4 0.1300	0.1280	0.1280	0.1290	
	5 0.1320	0.1300	0.1260	0.1280	
Sun :	0.6460	0.6520	0.6420	0.6430	
Xbar :	0.1292	0.1304	0.1284	0.1286	
Rnge :	0.0060	0.0040	0.0060	0.0060	
Date :					
Time :	8:00	9:00	10:00	11:00	
Code :					

De los resultados obtenidos se observa claramente que ambos limpiaparabrisas analizados se encuentran bajo un proceso de fabricación muy estable que nos garantiza la calidad de éstos y proporciona confiabilidad en el producto. Es interesante comentar que la hoja de 16 pulgadas es más inestable. Esto se dedujo debido a que si analizamos los resultados que se obtuvieron, de los estudios que se realizaron obtenemos lo siguiente:

De las cartas X - R, se observó que los datos obtenidos se encuentran dentro de los límites de control, para ambas hojas, de 16 y 18 pulgadas. Aunque las dos hojas se encuentran un poco fuera de centro y en el caso de la hoja de 16 pulgadas, además se encontró que tiene una distribución de tipo Pearson I, lo cual significa que esta descentrado por lo que es necesario implementar algún tipo de modificación a nuestro proceso para que mejore esta condición.

Es necesario estudiar está mejora o cambio al proceso para determinar la causa de dicho comportamiento y tomar las acciones correctivas necesarias para lograr corregir esta condición.

En el caso de la hoja de 18 pulgadas se observó que la distribución gráfica es normal lo cual garantiza que la mayor parte de las hojas se encuentran en buen estado, por lo que no deben de existir problemas de funcionamiento de éstas.

Lo analizado anteriormente se puede respaldar con los demás estudios que se realizaron, debido a que estas mismas condiciones las podemos notar claramente en los resultados de los CPK's y las distribuciones de los histogramas.

Cabe mencionar que sería importante implantar un control por atributos (carta p, u, etc. que no se vió en esta tesis) para monitorear y controlar el barrido de la hoja, ya que esto nos asegura la funcionalidad de los limpiaparabrisas, ya como un conjunto.

CONCLUSIONES

A pesar de que la mayor parte de las personas no toman en consideración a los limpiaparabrisas como elemento importante en las características de un automóvil, debido a que consideran otras cosas más importantes como el motor, la apariencia, etc., es interesante analizar el papel que estos accesorios juegan como un componente de seguridad.

Otra característica es la complejidad para fabricar limpiaparabrisas que sean confiables. También es difícil implementar sistemas que nos ayuden a fabricarlos en forma continua sin que exista una diferencia demasiado notable entre ellos. Aunque sabemos que ningún producto es exactamente igual al otro, es de interés nuestro que las variaciones estructurales y funcionales entre uno y otro no sean tan notables, por lo que en la actualidad se implementan sistemas de monitoreo que nos ayudan a detectar cambios en el producto para que de esta forma se tomen acciones correctivas al respecto.

Como se pudo observar en el desarrollo de esta Tesis se vio la complejidad del diseño de un sistema limpiaparabrisas, ya que se encuentran involucrados materiales y mecanismos diferentes; notamos que no solo se cuenta con un sistema eléctrico, sino también un sistema mecánico en los cuales intervienen una serie de materiales diferentes como plásticos, aceros, hules, etc.. En la actualidad se aprecia que estos sistemas han tenido un desarrollo tecnológico debido a la investigación, que se

realiza por los diferentes organismos e instituciones, que aunque ésto ya es bien conocido debido a que la investigación en el área técnica siempre ha tenido un auge notable, recientemente se está empezando a realizar investigación sobre áreas que de primera instancia parecen ser menos tangibles, como lo son las áreas productivas, el desarrollo de métodos de reducción de desperdicio y retrabajo, etc. esta fué la razón principal por la cual se analizó en esta Tesis el control estadístico de procesos para el caso que se pretendía diseñar, ya que en la actualidad no es posible pensar únicamente en el desarrollo y diseño de un mecanismo sin que se tomen en cuenta los procesos de producción, así como los controles necesarios para lograr la fabricación adecuada de estos mecanismos ya que esto implica una reducción de costos debido a la reducción en los retrabajos y desperdicios, al igual que nos ayudan a la calidad de nuestros productos que finalmente se refleja en satisfacción al cliente, razón primordial para una relación de negocios saludable entre proveedor y cliente que nos dá como resultado la continuidad del negocio.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente podemos notar la importancia de un buen análisis y desarrollo, no solo de un sistema limpiaparabrisas, sino también de cualquier otro tipo de mecanismo.

En nuestro caso podemos considerar que en términos generales los objetivos de esta Tesis se cumplieron satisfactoriamente ya que pudimos observar tanto la

complejidad para el desarrollo y diseño de un sistema Limpiaparbrisas como el uso de una herramienta que nos ayuda a determinar en un momento dado la estabilidad de nuestro proceso, al igual que la posibilidad que existe para que se fabriquen piezas fuera de especificación que nos resulta en la no conformidad del cliente que a final de cuentas es lo que se pretende evitar en todos los aspectos del negocio.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Katsuhiko, Ogata.
Dinamica de Sistemas.
Editoreal: Prentice Hall.
México 1987.
- 2.- Higdon, Stiles y Davis.
Ingeniería Mecánica Tomo 1
Editoreal: Prentice Hall.
Colombia 1987.
- 3.- Halladay, Davis y Resnick Robert.
Física Parte 2
Editoreal: CECSA
México 1986.
- 4.- Shgley, Lary y E, Joseph.
Diseño de Ingeniería Mecánica.
Editoreal: Mc. Graw Hill.
México 1983.
- 5.- Achenson J, Duncan.
Quality Control & Ind. Statistics.
Editirial: IRWIN.
United States of America 1986.
- 6.- Feigenbaum, Armand.
Control Total de Calidad.
Editoreal: CECSA.
México 1991.

7.- DEVG. RAHEJA.

ASSURANCE TECHNOLOGIES.

Editoreal: Mc GRAW HILL.

United States of America 1991.

8.- Brown.

Statistical Methods in Engineering &
Manufacturing.

Editoreal: ASQC QUALITY PRESS.

United States of America 1990.

9.- R. Bosh.

Manual del Automóvil.

Alemania 1987.