



CIMAT Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT)

Área de probabilidad y Estadística

**“Optimizar el Proceso de Formado
del Gabinete Curvo bajo la
Metodología de Seis Sigma en la
Planta de Lavadoras de Saltillo”.**

T E S I N A

Que para obtener el grado de:

ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE LA CALIDAD

Área: Probabilidad y Estadística

presenta:

GUILLERMO HIYANE NASHIRO

Asesor: Jorge Domínguez Domínguez

CIMAT. Gto. Septiembre 2002



	Página
CAPITULO 1	
1) DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA QUE SE ESTUDIA	
1.1) Antecedentes	1
1.2) Problema de formado	3
1.3) Objetivos	4
CAPITULO 2	
2) DESARROLLO DEL PROYECTO SEIS SIGMA	
2.1) Formación del Equipo de Trabajo	6
2.2) Matriz Causa-efecto	6
2.3) Mapeo de Procesos	8
2.4) Proceso de formado del Gabinete en Equipo Scott	9
2.5) Apoyo relevantes para el logro de los objetivos	13
2.6) Mediciones	13
2.6.1) Modelo matemático para el cálculo del radio proyectado "R"	
2.6.1.1) Cálculo teórico para el diseño	13
2.6.1.2) Confirmación del cálculo del diseño	15
2.7) Gage RxR	17
2.8) Corrida Linea Base	21
CAPITULO 3	
3) DESARROLLO DEL EXPERIMENTO	
3.1) Diseño de Experimentos – DOE	26
3.1.1) Consideraciones sobre variables de respuestas	26
3.1.2) Consideraciones sobre los Factores	26
3.1.3) Consideraciones sobre las Interacciones	26
3.1.4) Restricciones sobre el experimento	27
3.1.4.1) Experimento propiamente dicho	28
3.1.4.2) Materiales	28
3.1.4.3) Variables a considerar	29
3.1.4.4) Procedimiento	29
3.1.6) Selección de un esquema experimental	30
3.1.7) Responsables del experimento	30
3.1.8) Pruebas iniciales	31
3.1.9) El Experimento	32
3.1.10) Interpretación de Resultados	35



CIMAT

CAPITULO 4

4) MEJORAS DEL EXPERIMENTO	
4.1) ETAPAS DE MEJORAS	38
Introducción	38
4.1.1) Análisis de las Gráficas	38
4.1.2) Efecto de la distancia flecha "F"	39
4.1.3) Cálculo de la altura óptima del pistón	40
4.1.4) Pruebas Confirmatorias	43
4.2) Etapa Final de Confirmación del Diseño	43

CAPITULO 5

5) CONTROL DEL PROYECTO	
5.1) Control del Proyecto	47
5.2) Etapas de Control	47

CAPITULO 6

6) CONCLUSIONES	
6.1) Conclusiones	50

BIBLIOGRAFÍA	51
---------------------	----

ANEXOS	52
---------------	----



AGRADECIMIENTOS

Quisiera antes que nada dar mis agradecimientos, primeramente al Dios Padre de nuestro Señor Jesucristo, quien ha sido mi guía espiritual, y darme la fuerza necesaria para concluir la especialidad y este trabajo.

Así mismo, a la Organización MABE, quien me ha dado la oportunidad de estudiar la especialidad, y tomar las bases del estudio a través de la Planta de Lavadoras Saltillo, y quiero expresar en forma muy especial, al Ing° Luis Hoyos, director del Centro de Investigación y Proyectos en el año 2001, por sus comentarios, y aliento hacia mi persona y viendo la necesidad de elevar el nivel de conocimientos en materia estadística en toda la Organización MABE.

A mis profesores del CIMAT, y en especial al doctor Jorge Domínguez Domínguez, por su dirección, orientación, comentarios y discusiones que hemos tenido durante el desarrollo de este trabajo;

A mis compañeros de trabajo en la Planta de Saltillo;

y de manera muy especial, a mi señora esposa Carmela y a mi hijo Guillermo, quienes siempre me alentaron a seguir hacia delante en esta especialidad, y dándome todo el apoyo requerido.

*El principio de la sabiduría es el temor a Dios.....
Prov. 1:7*

Capítulo 1

1. Descripción general del problema que se estudia.

1.1 ANTECEDENTES.

A partir del año 96 la estrategia de Negocios de la Organización MABE (1) fue implementar la metodología de Seis Sigma, la cual forma parte de la Cultura dentro de la Organización. El fin de esta estrategia fue crear la posibilidad para competir dentro del Mercado mexicano y proyectarse como una institución líder en Latino - América.

Aplicar esta metodología en el ámbito de la manufactura consiste en tener procesos más robustos, consistentes y con mínima variabilidad. Con ello se cumplirán las especificaciones de diseño, y por tanto minimizar los rechazos.

En este estudio se propone analizar las mejoras en el proceso de Curvatura del Gabinete de las Lavadoras de 8 Kg, 10 Kg, éstas se producen en la Planta de Saltillo. El estudio se realiza en el Equipo "Scott" de Formado de Gabinetes. Así MABE entra a competir en el mercado denominado Lavadoras de apariencia asiática. Ésta lavadora tiene como característica un frente curvo, que debe de coincidir con la Cubierta. La apariencia es también importante en este tipo de Lavadoras, así que en la etapa de manufactura se debe combinar diferentes tipos de materiales de acero y plástico. El reto será controlar la combinación de los materiales para llevar a cabo la idea.

Asimismo, cabe mencionar, que los Gabinetes que en actualidad se fabrican en Planta, no posee la curva que pide el nuevo modelo. Al ensamblar la "Lavadora prototipo" se ve a simple vista que no se logra la curvatura.

A partir de este planteamiento, el problema que se debe abordar es el de proponer una mecanismo de manufactura para lograr una lavadora con gabinete curvo.

Una dificultad alterna a esta solución de curvatura es el procedimiento de medición. Ya que no se cuenta con un MÉTODO PRÁCTICO para medir el radio de la curvatura central del Gabinete. El equipo de dimensión de ejes coordenadas que se posee, no tiene la capacidad dimensional para hacerlo. Para determinar el radio (cuya medida de diseño 146.65" +/- 0.020") proyectado en el Gabinete Curvo de la Lavadora de 8 Kg se utilizó un método indirecto. Este consistió en calcular los puntos de la curvatura y a continuación se trasladaron estos datos al programa Pro-E, este indica el radio de la curvatura que corresponde. Ante esta situación no se cuenta con un gage RxR de medición.

(1) Planeación Estratégica Organización MABE , 1995

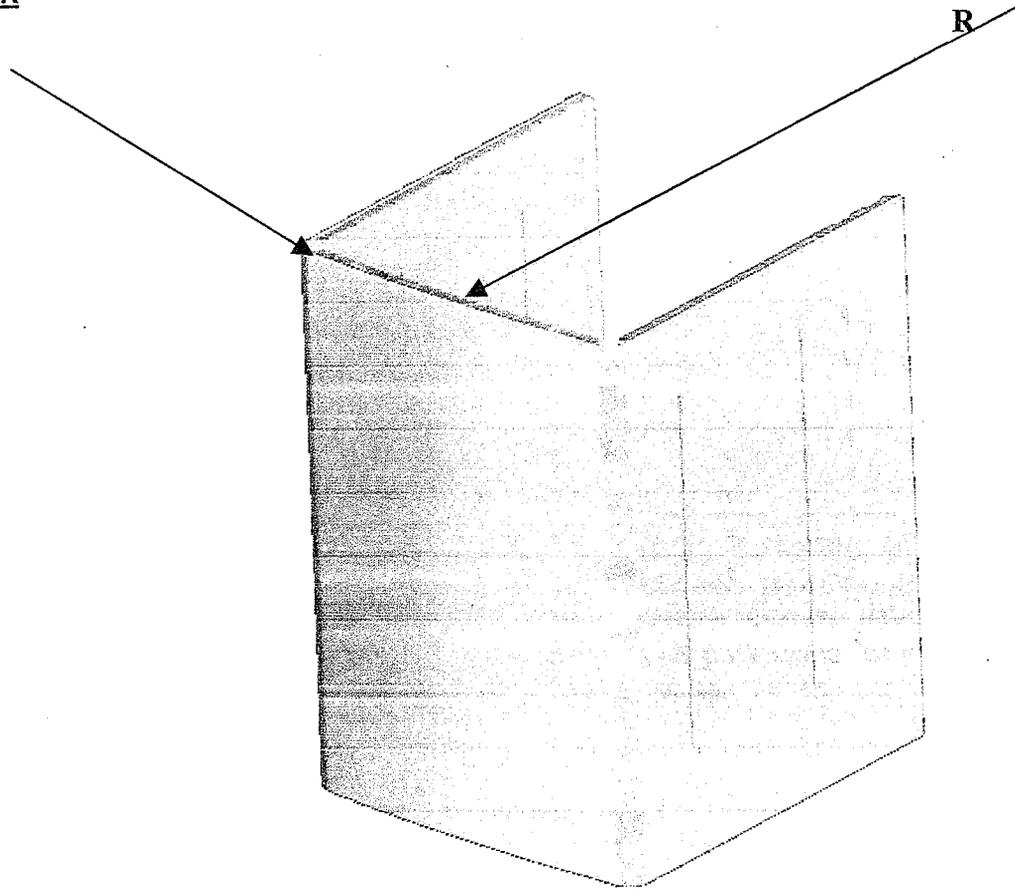


CIMAT

En este proyecto se desarrolló un modelo matemático, que relaciona dos dimensiones de la curva frontal, estos corresponden a los puntos tangencial y la flecha. Con estas dos dimensiones se puede calcular el radio proyectado "R" y de esta manera determino una estrategia de medición que no requiriera del programa Pro-E. A partir de este procedimiento se estableció un mecanismo de medición. Para este sistema se hizo el estudio Gage RxR.

En la Figura de abajo, se ilustra la curvatura frontal del Gabinete Curvo de 8 Kg. que tiene un radio de $146.65'' \pm 5.000''$ de especificación.

PARTE SUPERIOR



1.2 PROBLEMA DE FORMADO

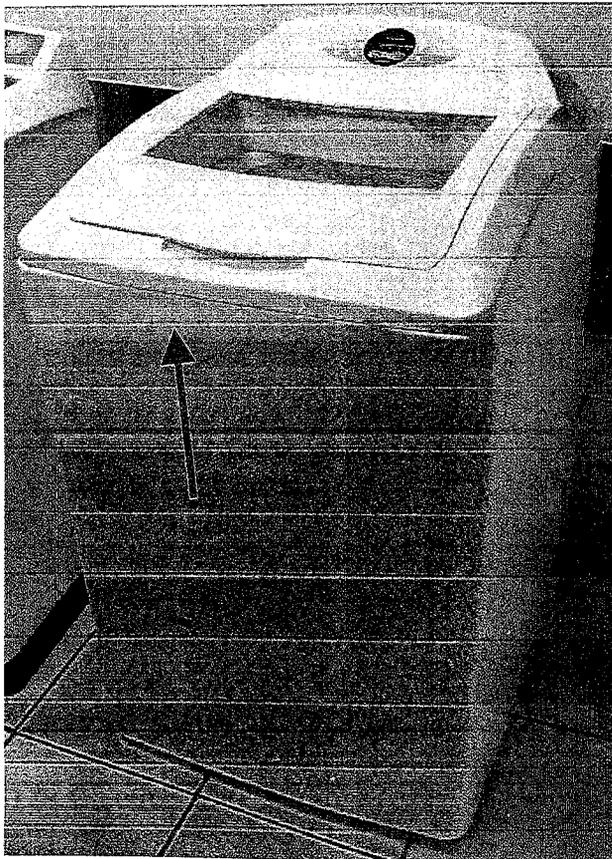
El área de metrología obtiene las mediciones de curvatura, con base en esa información se observa que el Equipo Scott no da el radio de la Curvatura de acuerdo a las especificaciones de diseño, decir:

Especificaciones de Diseño Radio "R" = 146.65" +/- 5.000"

Medida Real Radio "R" = 207.84" +/- 29.25"

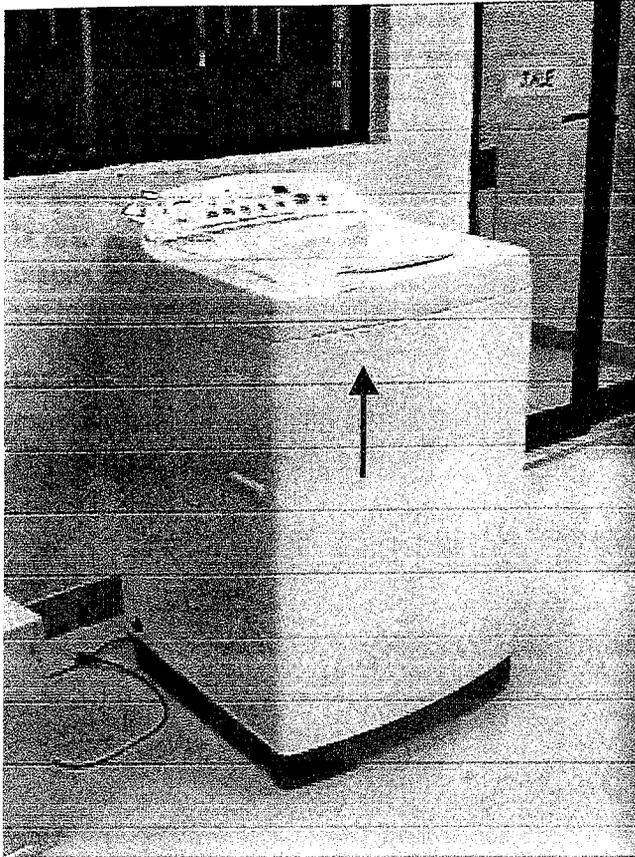
Por lo que, el formado de la Curva de la Cubierta no coincide con el del Gabinete:

LAVADORA AUTOMÁTICA G-4



En la foto se muestra como la Curva del Gabinete está más aplanada que la Cubierta, esto se debe a que la Curva R proyectada es mayor que el R del diseño.

LAVADORA AUTOMÁTICA DAEWOOD



En la Lavadora Daewood se observa que la curva Central del Gabinete coincide con la Curva Central de la Cubierta, con lo que se establece una apariencia casi correcta.

A partir de estas dos figuras se observa que se deben buscar condiciones en el proceso de formado con el fin de alcanzar la apariencia requerida. Un primer paso es identificar que factores están presentes en el proceso y se consideren importantes para lograr las curvaturas deseadas. En una lluvia de ideas se establece entre otros que los factores: Presión Hidráulica, Tiempo de Formado, Carrera de Pistón, Planicidad de las Barras son importantes en el proceso de formado en el equipo.

1.3 OBJETIVOS

Los Objetivos del proyecto son:

- a) Ajustar el actual Equipo Scott en su proceso de formado para que la Curva Central del gabinete nos dé el Radio R dentro de las especificaciones de diseño y que esa curva sea consistente en los Gabinetes de 8 Kg y de 10 Kg.
- b) El buscar una forma de medición práctica para el cálculo del radio proyectado "R", y después validar su medición y método de prueba.



CIMAT

- c) Proporcionar un "Método de Prueba" al área de metrología con el fin facilitar el cálculo de radio proyectado sin tener que auxiliarse del programa Pro-E.
- d) Lograr que esta metodología sirva como base para encontrar las curvaturas de radio "R" en partes similares como la (a) Cubierta Plásticas, (b) Tapas plásticas y (c) Copetes de plásticos.

Para alcanzar estos objetivos en el trabajo se divide en seis capítulos. El desarrollo de estos se encuadra en el contexto de la metodología seis sigma. Así en este capítulo se ha expuesto la primera etapa: definir. Así en cada uno de los siguientes capítulos corresponden a las otras etapas, es decir el dos a medir, el tres a analizar, el cuatro mejorar, el cinco al control y en el sexto las conclusiones y cierre de proyecto.

En los capítulos 3, y 4 se aplican conceptos y la temática que se aprendió durante la especialidad. El logro de este trabajo consistió en desarrollar el prototipo de lavadora que se requiere y el procedimiento de medición que se propuso. Ya que esta última resulto eficaz.



Capítulo 2

2. Desarrollo del proyecto seis sigmas

En este capítulo se describirá la integración del equipo de trabajo y la propuesta del sistema de medición.

2.0 FORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

La primera acción que se tomó es la formación de un “Equipo de Trabajo” integrado por distintos especialistas de diferentes áreas, con el propósito de detectar el problema, analizar las mismas, y dar las soluciones bajo la metodología de “Seis Sigma” (2).

El Equipo quedó integrado por:

- | | | |
|------------------|----------------------|----------------------------------|
| A) DISEÑO: | - Alejandro Orozco | Líder de Diseño de Producto |
| B) CALIDAD : | - Maricela Hernández | Ingeniera de Calidad de Ensamble |
| | - Antonio Esparza | Metrología |
| | - Ariel Sandoval | Ingeniero de Procesos |
| C) SEIS SIGMAS : | - Marty Aguilar | Seis Sigma - Master Black Belt |
| | - Raúl Peralta | Black Belt Diseño (T&D) |
| D) MANUFACTURA : | - Guillermo Hiyane | Manufactura Avanzada |
| | - Luis Ramirez | Manufactura Equipo de Formado |
| | - Cuauhtemoc Obregón | Manufactura Troquelado |

3.0 MATRIZ CAUSA – EFECTO

El Equipo hizo un análisis Causa – Efecto mediante el diagnóstico del problema. En esta actividad se utilizó una de las herramientas de Seis Sigma el problema; el equipo de trabajo, detectando las posibles causas que afectan el Radio “R”, sólo se tomaron en consideración 4 M’s: Métodos, Mano de Obra, Máquinas y Materiales; el examen se centró básicamente en la Máquina para el control del proceso.

(2) “HERRAMIENTAS SEIS SIGMA” G.E. Appliances – Mabe .

Las posibles Causas que afecta el formado, se observaron:

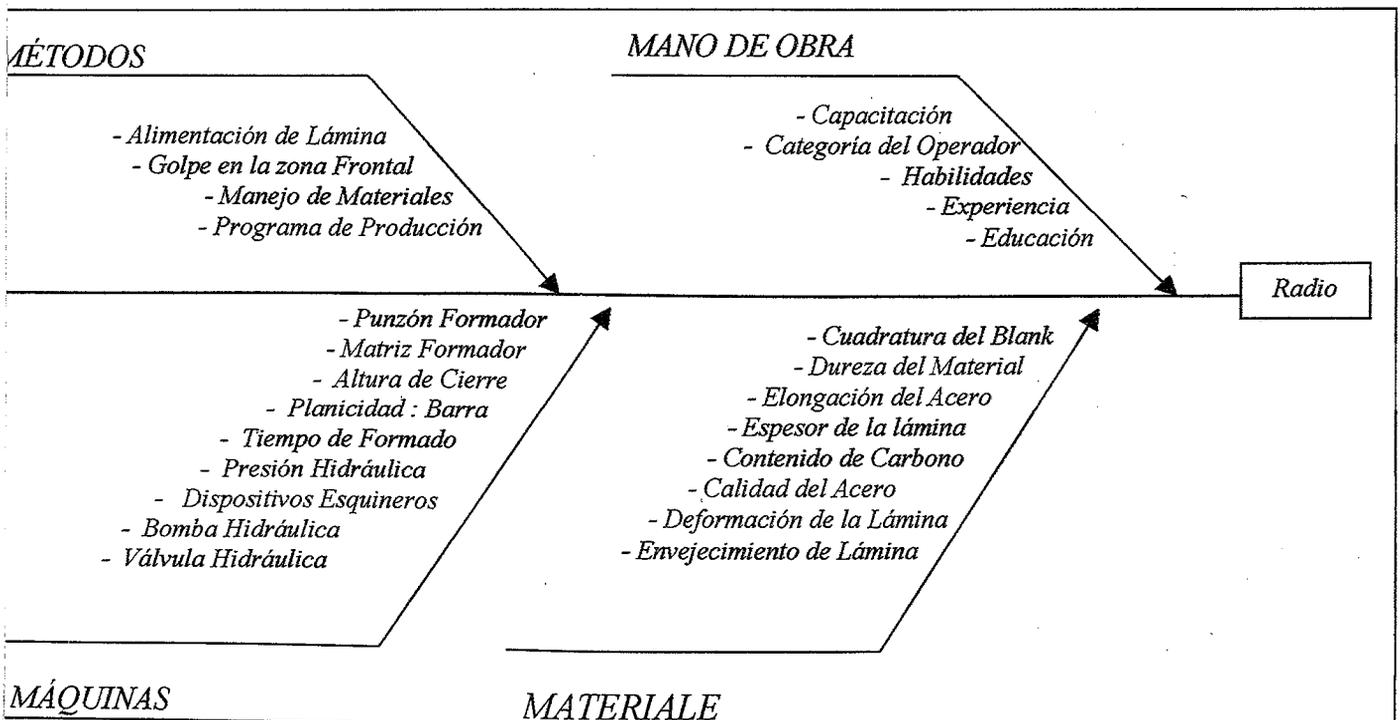
- a) Punzón Formador
- b) Matriz Formador
- c) Altura de Cierre
- d) Planicidad de la Barra
- e) Tiempo de Formado
- f) Presión Hidráulica
- g) Dispositivos de sujeción del Esquinero
- h) Bomba Hidráulica
- i) Válvulas Hidráulicas
- j) Tiempo de Formado

De acuerdo al equipo de trabajo, los factores que afectan directamente al proceso de formado en el Equipo fueron:

- Altura de Cierre del Pistón;
- Planicidad de la Barra Resorte, que actúa como matriz de formado de la curva;
- Presión hidráulica;
- Tiempo de Formado.

En la parte inferior, podemos ver el diagrama Causa - Efecto, producto del análisis hecho por el equipo de trabajo:

MATRIZ CAUSA-EFECTO



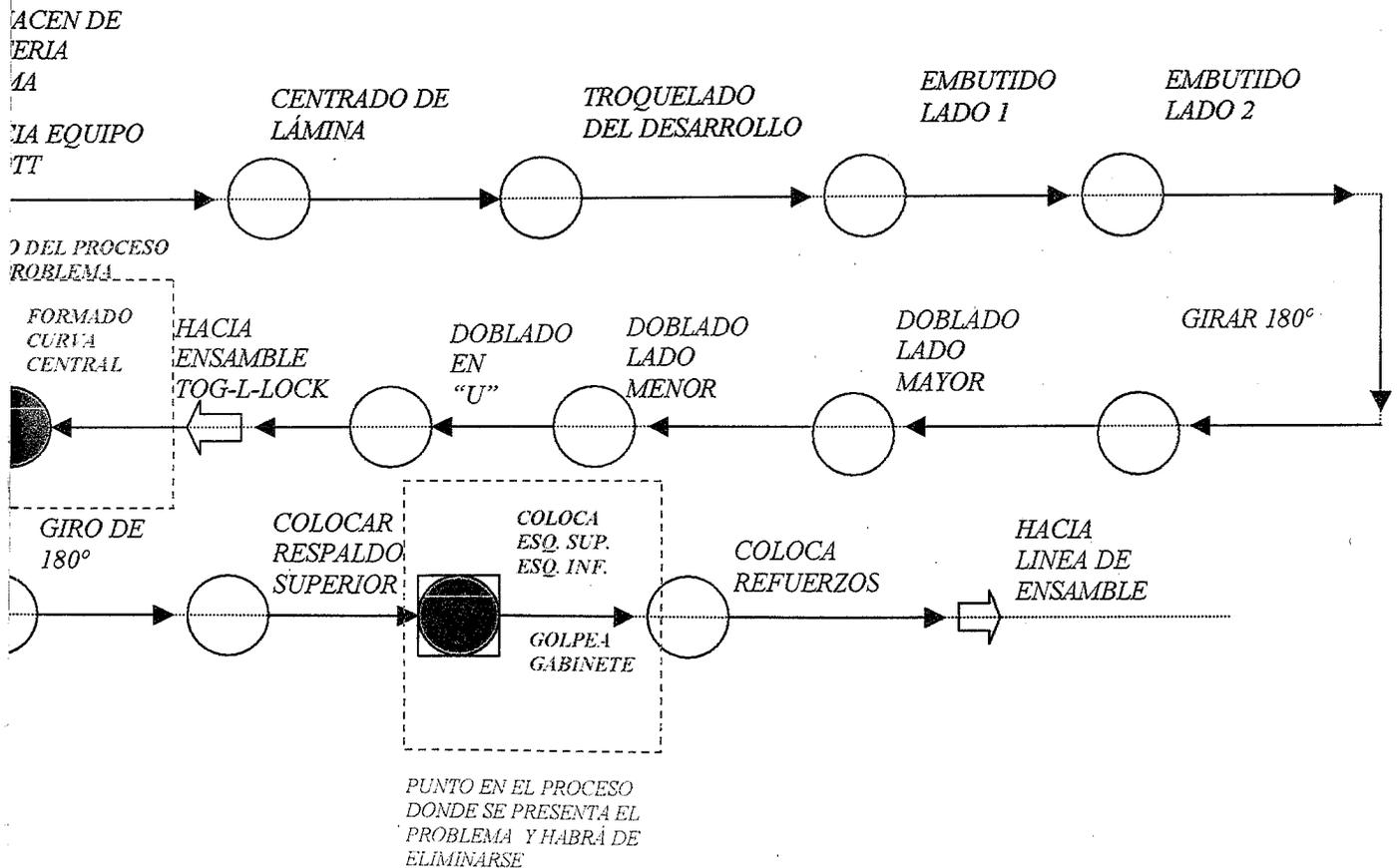
2.3 MAPEO DE PROCESOS

El Equipo de Trabajo, procedió hacer un "Mapeo de Proceso" de la fabricación del Gabinete en el Equipo Scott, tal como se tiene el proceso actual y ver las fuentes irregular en el proceso que tiende a la deformación del Gabinete.

En la siguiente página se muestra el Diagrama del "Mapeo de Proceso"⁽³⁾, y se observaron dos fuentes de variación que estaban afectando en el formado del Gabinete:

Una fuente, observó en la estación de formado; donde la "hoja de resorte" que hace las funciones de Matriz de Formado, estaba arqueada, y la misma debería de estar completamente plano.

MAPEO DE PROCESOS (Equipo)



Por la inestabilidad en el proceso de formado, y en el "desgaste de la barra de resorte" hace que el Gabinete se forme con un radio menor, en consecuencia, una Curva más pronunciada; por lo que los bordes de unión de la pestaña del Gabinete y la zona de unión de los

(3) "HERRAMIENTAS SEIS SIGMA" G.E. Appliances - Mabe.



“esquineros” quedan fuera de lugar (Ver en la parte de abajo). Para llevarlo a una unión, el operario procede a dar “un golpe” para “aplanar el formado de la Curva Central”; éste, sería la Segunda Fuente de Variación que afecta el Formado.

2.4 PROCESO DE FORMADO DEL GABINETE

El proceso de formado del Gabinete se realiza en el Equipo Scott (Nueva Zelanda), sigue la siguientes secuencias de operación, de acuerdo al “Mapeo de Proceso” del Equipo Scott y se observó que existía dos estaciones de trabajo que afectaban el mal formado; estos eran:

a) ESTACIÓN DE FORMADO DE LA CURVA CENTRAL

El formado de la Curva se hace a través de un “punzón formador” y una “hojas de resorte” (lift spring) no había control del proceso, ya que se deforma en función de la bajada de la altura de “cierre del pistón”

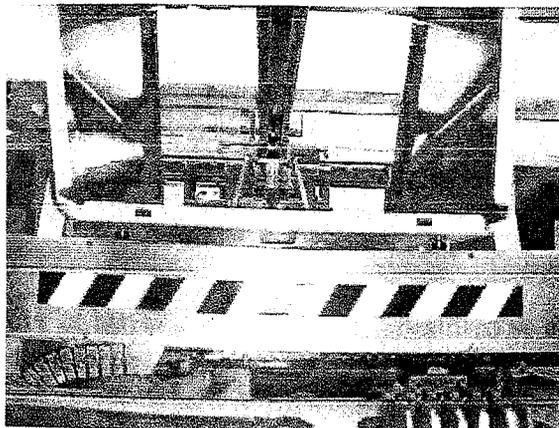
b) ESTACIÓN DE ENSAMBLE DE ESQUINEROS FRONTALES

Normalmente se tiene mucha curva, y esto hace que los bordes de los esquineros no calzaran con los bordes del Gabinete, ya que estaba por arriba. Esto ocasiona que el operario golpee la parte frontal del Gabinete, y genera la inconsistencia del formado de la curva frontal, esto es, si, el operario golpeaba fuerte, sumía más la curva aumentando el radio proyectado, en caso contrario, dejaba curva mas pronunciada, variando también el radio proyectado.

2.4.1 Proceso de Formado en la Estación 202 Equipo Scott

El Proceso de Formado se ejecuta en la Estación 202 del Equipo Scot ; hay un transfer que lo trae desde la Estación 201 que es el de Formado “U”, en ella, el Gabinete viene con el frente Plano de acuerdo a la siguientes fotos:

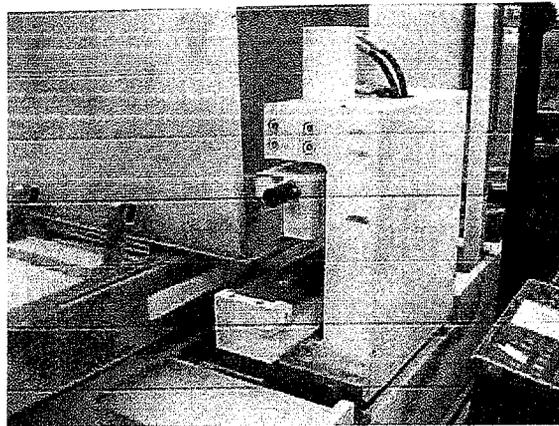
Movimiento # 1





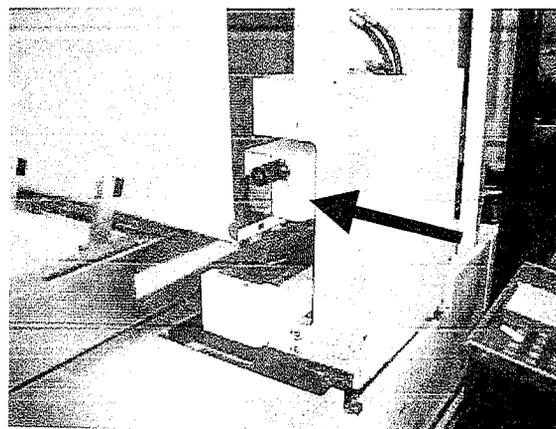
Se tiene el "Punzón Formado", pero no matriz. En su reemplazo, se tiene una hoja de muelle (hoja resorte), donde dos pistones hidráulicos se desplaza con una carrera (hoy con 50 mm de desplazamiento) ver figura de abajo:

Movimiento # 2



Posteriormente, el herramental se mueve o desliza hacia el gabinete para posicionarse en el borde del Gabinete, ver figura de abajo.

Movimiento # 3

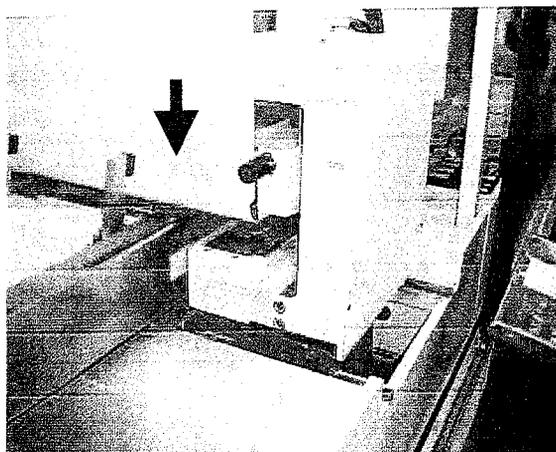


Una vez en posición el herramental el pistón hidráulico se acciona para la formación de la Curva Central del gabinete, a la vez, se acciona los cilindros inferiores que sube la "hoja de resorte".



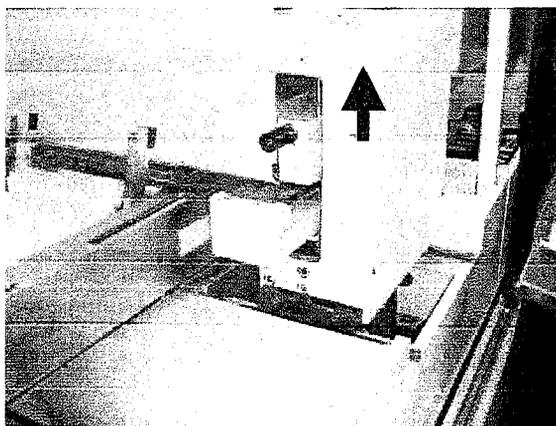
Accionamiento del Pistón Hidráulico superior e inferior:

Movimiento # 4



Una vez que el punzón baje y forme la curva, nuevamente el pistón se regresa

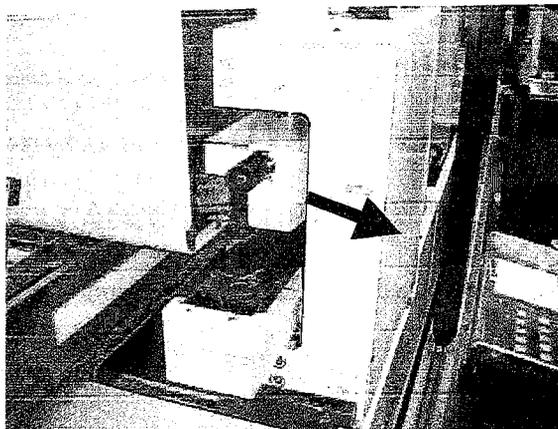
Movimiento # 5





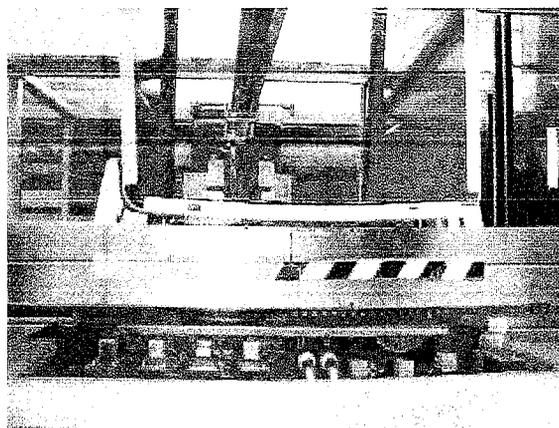
Terminado el dobles, sale el herramental , tal como se muestra en la figura de abajo:

Movimiento # 7



Movimiento # 7

Fin del proceso de formado:





2.5 APOYOS RELEVANTES PARA LOS OBJETIVOS

Por tratarse del lanzamiento de un nuevo Producto, el apoyo de la Organización es prioritario, ya que el 90 % de las nuevas Lavadoras tendrán el Gabinete con frentes curvos, en comparación a la producción actual donde, el 50 % de la producción de Lavadoras tienen Gabinete con frentes rectos, por lo que, el concepto de apariencia se hace importante.

2.6 MEDICIONES

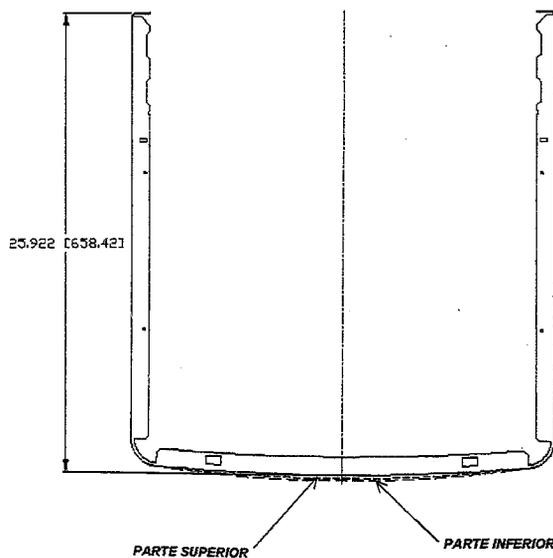
En este apartado se describe y desarrolla el proceso del sistema de medición

2.6.1 MODELO MATEMÁTICO PARA CÁLCULO DEL RADIO

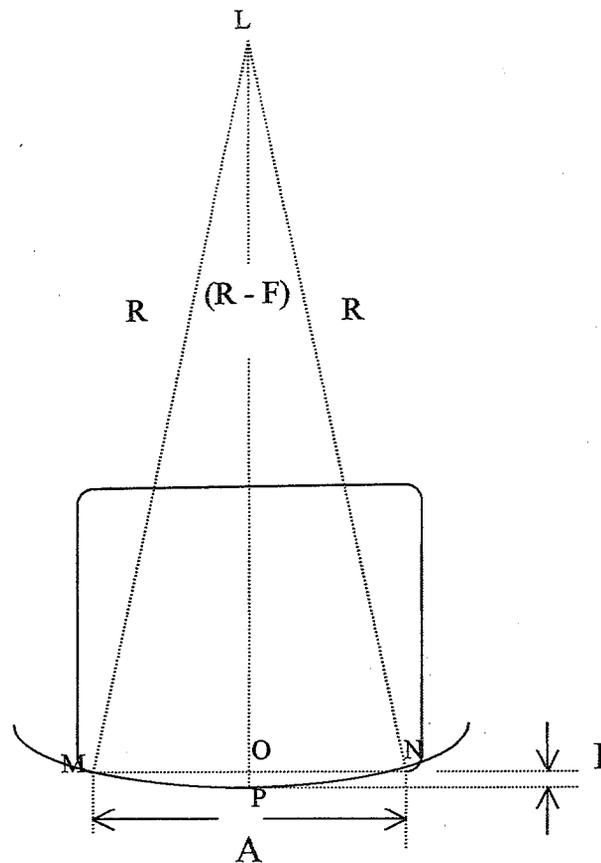
2.6.1.1 CÁLCULO TEÓRICO DEL DISEÑO

De acuerdo al dibujo de la parte emitido por el Pro-E, el radio debe de tener las siguientes dimensiones :

Capacidad de proceso del radio de gabinete



De acuerdo a esto datos tenemos:



De acuerdo a la figura anterior tenemos que :

- Del punto L trazamos un Arco con radio R , donde definimos los puntos de tangencias M y N;
- Se une los puntos M y N, donde:

$$MN = \text{Cuerda} = A$$

$$OP = \text{Flecha} = F$$

- Se forma el triángulo rectángulo LON, donde:

$$LO = \text{Cateto} = (R - F)$$

$$ON = \text{Cateto} = (A/2)$$

$$LN = \text{Hipotenusa} = R$$



- Por pitágora tendremos:

$$(R-F)^2 + (A/2)^2 = R^2$$

- Resolviendo la Ecuación anterior tendremos:

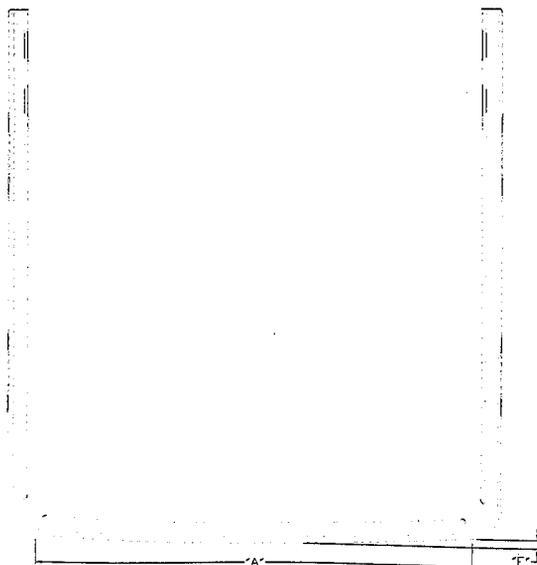
$$R = (1/8)(A^2)/F + (1/2)F$$

2.6.1.2 CONFIRMACIÓN DEL CALCULO

Calculamos los valores de diseño de la Cuerda "A" y la Flecha "F", lo llevamos a una tabla de cálculo de Excell, donde, obtendremos los siguientes valores:

VALIDACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO PARA EL CÁLCULO DE R

*** GAGE RxR : DIMENSIONES DE DISEÑO PARA GABINETES ***



DESCRIPCIÓN	GABINETE CURVO	
	8 KG.	10 KG.
FLECHA "F"	21.2170"	23.957"
CUERDA "A"	0.3842"	0.490"
RADIO "R"	146.650"	146.650"

TOLERANCIA +/- 0.020"



Por lo tanto, la confirmación del Modelo Matemático para el cálculo de los radios proyectados para los Gabinetes de 8 Kg. y 10 Kg están dado en la parte inferior:

PARA GABINETE 8 KG. CURVO :

$$A = 21.217'' \text{ y } F = 0.3842$$

$$R = (1/8)*[(21.217)^2/(0.3842) + (1/2)*(0.3842)]$$

$$= 146.65''$$

PARA GABINETE 10 KG. CURVO :

$$A = 23.957'' \text{ y } F = 0.490$$

$$R = (1/8)*[(23.957)^2/(0.490) + (1/2)*(0.490)]$$

$$= 146.65''$$

$$R = (1/8)*(A^2/F) + (1/2)*F$$



CIMAT

INGENIERÍA DE CALIDAD

2.7 GAGE RxR

Se tomaron 10 Gabinetes del actual proceso(4) y se calcularon en forma independiente los valores de la Flecha "F" y de la Cuerda "A", se tomaron: dos operadores, y se midieron a través de la "máquina de coordenadas", cuyos resultados se encuentra en la parte de abajo:

a) VALOR DE LA FLECHA "F"

Los valores obtenidos:

		Operario 1	Operario 2
Muestra # 1	Medición 1	0.4173	0.4173
	Medición 2	0.4172	0.4172
Muestra # 2	Medición 1	0.4180	0.4178
	Medición 2	0.4178	0.4180
Muestra # 3	Medición 1	0.4182	0.4183
	Medición 2	0.4182	0.4181
Muestra # 4	Medición 1	0.4143	0.4142
	Medición 2	0.4144	0.4141
Muestra # 5	Medición 1	0.4183	0.4180
	Medición 2	0.4183	0.4182
Muestra # 6	Medición 1	0.4192	0.4292
	Medición 2	0.4193	0.4192
Muestra # 7	Medición 1	0.4329	0.4333
	Medición 2	0.4333	0.4333
Muestra # 8	Medición 1	0.4204	0.4209
	Medición 2	0.4205	0.4210
Muestra # 9	Medición 1	0.4317	0.4319
	Medición 2	0.4318	0.4315
Muestra # 10	Medición 1	0.4384	0.4380
	Medición 2	0.4384	0.4387

Los valores del Gage RxR para la distancia flecha "F" fueron:

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	3.40E-08	1.84E-04	9.49E-04
Repeatability	2.63E-08	1.62E-04	8.34E-04
Reproducibility	7.72E-09	8.79E-05	4.53E-04
Operator Nro	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Operator Nro*Partes	7.72E-09	8.79E-05	4.53E-04
Part-To-Part	6.86E-05	8.28E-03	4.27E-02
Total Variation	6.87E-05	8.29E-03	4.27E-02

(3) "HERRAMIENTAS SEIS SIGMA" G.E. Appliances - Mabe.



CIMAT

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.05	2.22	2.37
Repeatability	0.04	1.96	2.09
Reproducibility	0.01	1.06	1.13
Operador Nro	0.00	0.00	0.00
Operador Nro*Partes	0.01	1.06	1.13
Part-To-Part	99.95	99.98	106.66
Total Variation	100.00	100.00	106.68

Number of Distinct Categories = 63

De la tabla ANOVA, observamos que el estudio del Gage RxR es del 2.22 %, tanto la Repetibilidad (1.96 %) y la Reproducibilidad (1.96 %) son altamente aceptables(5).

Aquí acompañamos que el número de Categoría es de 63, y mínimo debería de ser 4, por el cual cumple las condiciones de aceptabilidad del Gage RxR.

b) VALOR DE LA CUERDA "A"

Los valores obtenidos:

		Operario 1	Operario 2
Muestra # 1	Medición 1	21.6053	21.6053
	Medición 2	21.6053	21.6053
Muestra # 2	Medición 1	21.6052	21.6052
	Medición 2	21.6052	21.6051
Muestra # 3	Medición 1	21.6051	21.6051
	Medición 2	21.6051	21.6051
Muestra # 4	Medición 1	21.6053	21.6053
	Medición 2	21.6053	21.6053
Muestra # 5	Medición 1	21.6053	21.6053
	Medición 2	21.6053	21.6053
Muestra # 6	Medición 1	21.6051	21.6051
	Medición 2	21.6051	21.6051
Muestra # 7	Medición 1	21.6053	21.6053
	Medición 2	21.6053	21.6053
Muestra # 8	Medición 1	21.6052	21.6053
	Medición 2	21.6052	21.6052
Muestra # 9	Medición 1	21.6053	21.6053
	Medición 2	21.6053	21.6053
Muestra # 10	Medición 1	21.6053	21.6053
	Medición 2	21.6053	21.6053

(5) "Curso de Diseño de Experimentos", Jorge Dominguez Dominguez, CIMAT



Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	5.17E-10	2.27E-05	1.17E-04
Repeatability	5.17E-10	2.27E-05	1.17E-04
Reproducibility	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Operario Nro	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Part-To-Part	7.12E-09	8.44E-05	4.35E-04
Total Variation	7.64E-09	8.74E-05	4.50E-04

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	6.77	26.02	0.29
Repeatability	6.77	26.02	0.29
Reproducibility	0.00	0.00	0.00
Operario Nro	0.00	0.00	0.00
Part-To-Part	93.23	96.55	1.09
Total Variation	100.00	100.00	1.13

Number of Distinct Categories = 5

Observamos que el estudio de variación es del 26.02%, la variación de la Repetibilidad es del 26.02 % y de la Reproducibilidad es del 0 % ; por lo tanto el estudio es condicionalmente aceptable



CIMAT

C) Valor del Radio R

Para el radio "R", sus valores fueron calculados a partir de la flecha "F" y la cuerda "A". Ver en la parte inferior, la tabla del radio proyectado "R", donde tenemos el valor de "R", va a depender de la ecuación del punto 2.6.1; y de ella se observa que su gage RxR tiene una variación del 2.24 %, el de repetibilidad es del 1.91 %, el de reproducibilidad del 1.16 % y el número de categorías es de 63 , por lo tanto es el estudio RxR es aceptado.

TABLA PARA CÁLCULO DEL RADIO PROYECTADO "R"

CUERDA "A"			FLECHA "H"			RADIO "R"		
Parte Nro.	Operario Nro.	Cuerda A	Partes	Operador Nro.	Flecha H	Partes	Operador Nro.	Radio R
1	1	21.6053	1	1	0.4173	1	1	140.0328
1	1	21.6053	1	1	0.4172	1	1	140.0663
2	1	21.6052	2	1	0.418	2	1	139.7977
2	1	21.6052	2	1	0.4178	2	1	139.8644
3	1	21.6051	3	1	0.4182	3	1	139.7298
3	1	21.6051	3	1	0.4182	3	1	139.7298
4	1	21.6053	4	1	0.4143	4	1	141.0438
4	1	21.6053	4	1	0.4144	4	1	141.0099
5	1	21.6053	5	1	0.4183	5	1	139.6990
5	1	21.6053	5	1	0.4183	5	1	139.6990
6	1	21.6051	6	1	0.4192	6	1	139.3974
6	1	21.6051	6	1	0.4193	6	1	139.3643
7	1	21.6053	7	1	0.4329	7	1	135.0019
7	1	21.6053	7	1	0.4333	7	1	134.8777
8	1	21.6052	8	1	0.4204	8	1	139.0020
8	1	21.6052	8	1	0.4205	8	1	138.9691
9	1	21.6053	9	1	0.4317	9	1	135.3760
9	1	21.6053	9	1	0.4318	9	1	135.3447
10	1	21.6053	10	1	0.4384	10	1	133.3137
10	1	21.6053	10	1	0.4384	10	1	133.3137
1	2	21.6053	1	2	0.4173	1	2	140.0328
1	2	21.6053	1	2	0.4172	1	2	140.0663
2	2	21.6052	2	2	0.4178	2	2	139.8644
2	2	21.6051	2	2	0.418	2	2	139.7964
3	2	21.6051	3	2	0.4183	3	2	139.6965
3	2	21.6051	3	2	0.4181	3	2	139.7631
4	2	21.6053	4	2	0.4142	4	2	141.0778
4	2	21.6053	4	2	0.4141	4	2	141.1117
5	2	21.6053	5	2	0.418	5	2	139.7990
5	2	21.6053	5	2	0.4182	5	2	139.7324
6	2	21.6051	6	2	0.4192	6	2	139.3974
6	2	21.6051	6	2	0.4192	6	2	139.3974
7	2	21.6053	7	2	0.4333	7	2	134.8777
7	2	21.6053	7	2	0.4333	7	2	134.8777
8	2	21.6053	8	2	0.4209	8	2	138.8387
8	2	21.6052	8	2	0.421	8	2	138.8045
9	2	21.6053	9	2	0.4319	9	2	135.3135
9	2	21.6053	9	2	0.4315	9	2	135.4385
10	2	21.6053	10	2	0.438	10	2	133.4350
10	2	21.6053	10	2	0.4387	10	2	133.2228



Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Radio R

Gage name: RADIO "R" CURVATURA CENTRAL
 Date of study: 05-15-02
 Reported by: GUILLERMO HIYANE
 Tolerance: +/- 0.40
 Misc:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Partes	9	254.025	28.2250	6296.20	0.00000
Operador Nro	1	0.000	0.0002	0.04	0.83750
Operador Nro*Partes	9	0.040	0.0045	1.74	0.14413
Repeatability	20	0.051	0.0026		
Total	39	254.117			

Gage R&R

Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.0035	0.05939	0.3059
Repeatability	0.0026	0.05072	0.2612
Reproducibility	0.0010	0.03091	0.1592
Operador Nro	0.0000	0.00000	0.0000
Operador Nro*Partes	0.0010	0.03091	0.1592
Part-To-Part	7.0551	2.65615	13.6792
Total Variation	7.0587	2.65681	13.6826

Source	%Contribution	%Study Var	%Tolerance
Total Gage R&R	0.05	2.24	509.80
Repeatability	0.04	1.91	435.33
Reproducibility	0.01	1.16	265.29
Operador Nro	0.00	0.00	0.00
Operador Nro*Partes	0.01	1.16	265.29
Part-To-Part	99.95	99.98	22798.63
Total Variation	100.00	100.00	22804.33

Number of Distinct Categories = 63

Aquí aceptamos el estudio RxR para el cálculo del radio proyectado "R", tomando en consideración la aceptación por separado de las dimensiones de la flecha "F" y de la cuerda "A".



CIMAT

2.1.8 LINEA BASE

Para la Línea Base (Situación inicial del Proceso), se tomaron 30 Gabinetes curvos 8 Kg (6), donde, se enumerarán del 1 al 30, se anotarán las condiciones normales del proceso, tales como: presión hidráulica, altura del pistón, nivel de planicidad de la barra resorte, tiempo de formado, alineación de la lámina, características de la lámina (dureza, elongación, etc), una vez formado el Gabinete, se procederán a medir las longitudes de la flecha "F" y cuerda "A" y por cálculo, obtendremos el valor del radio proyectado "R".

Los 30 datos obtenidos es para saber la variabilidad que se tiene en el proceso inicial, donde su objetivos, serán, conocer su media μ , y su desviación estándar σ .

En la parte de abajo se muestra los datos de la Cuerda "A" y Flecha "F" y los cálculos del radio proyectado "R", y éstas fueron los siguientes:

RADIO PROYECTADO "R" DEL GABINETE CURVO 8 KG.

GABINETE	CUERDA "A"	FLECHA "F"	RADIO "R"	CATEGORIA	OBSERVACIÓN
1	21.6054	0.2576	211.8545	1	con golpe
2	21.6052	0.2941	198.5424	1	con golpe
3	21.6057	0.2610	223.6967	1	con golpe
4	21.6054	0.2807	208.0105	1	con golpe
5	21.6051	0.2705	215.8378	1	con golpe
6	21.6053	0.2727	214.1027	1	con golpe
7	21.6055	0.2738	213.2476	1	con golpe
8	21.6054	0.2851	204.8046	1	con golpe
9	21.6051	0.2523	231.3887	1	con golpe
10	21.6054	0.2929	199.3583	1	con golpe
11	21.6057	0.2652	220.1582	1	con golpe
12	21.6055	0.2587	225.6790	1	con golpe
13	21.6058	0.2877	202.9639	1	con golpe
14	21.6056	0.2686	217.3727	1	con golpe
15	21.6055	0.2891	201.9768	1	con golpe
16	21.6057	0.2901	201.2853	1	con golpe
17	21.6060	0.2943	198.4224	1	con golpe
18	21.6055	0.2837	205.8158	1	con golpe
19	21.6057	0.2747	212.5537	1	con golpe
20	21.6058	0.2890	195.9588	1	con golpe
21	21.6056	0.3004	194.3920	1	con golpe
22	21.6058	0.2832	206.1844	1	con golpe
23	21.6061	0.2818	207.2131	1	con golpe
24	21.6058	0.2948	198.0845	1	con golpe
25	21.6056	0.2945	198.2787	1	con golpe
26	21.6058	0.2690	217.0539	1	con golpe
27	21.6057	0.2752	212.1681	1	con golpe
28	21.6057	0.2977	196.1542	1	con golpe
29	21.6056	0.2947	198.1461	1	con golpe
30	21.6056	0.2856	204.4504	1	con golpe
Media X	21.6056	0.2815	207.8385		
Desv. Std.	0.0002	0.0129	9.7494		
3*Desv.Std.	0.0007	0.0387	29.2483		

(6) Procedimiento de Sistema de Calidad en Planta MABE Lavadoras



CIMAT

De las 30 muestras estudiadas observamos que :

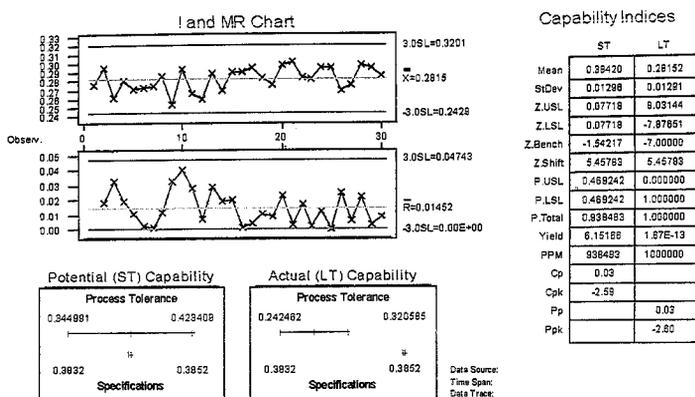
La media X de la muestra en la flecha F fue de 0.2815”
 La media X de la muestra en la Cuerda A fue de 21.8560”
 La media X de la muestra en el Radio R fue de 207.8085”

El estudio de estas 30 muestras observados, que, mientras la curva es mas aplanada, el radio de la misma se incrementa, este es el producto que en la Planta, el operario golpea en la zona del frente, así, reduciendo la curva, a fin de que el proceso de unión entre el gabinete curvo y los esquineros sea posible.

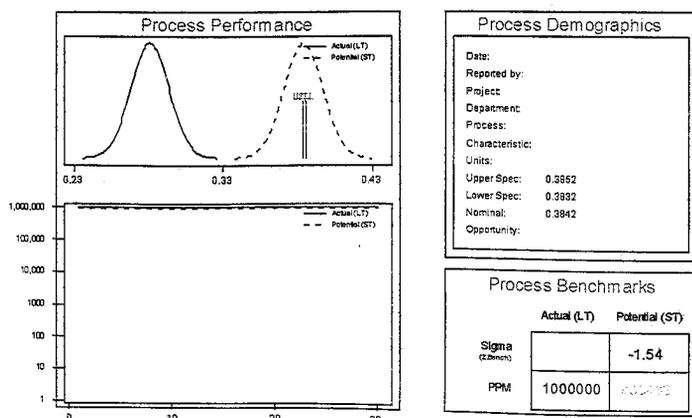
Ahora vemos las capacidades de procesos, obtenidos del MiniTab, para cada valor:

a) CAPACIDAD DE PROCESO DE LA FLECHA “F”

Report 2: Process Capability for Flecha H



Report 1: Executive Summary

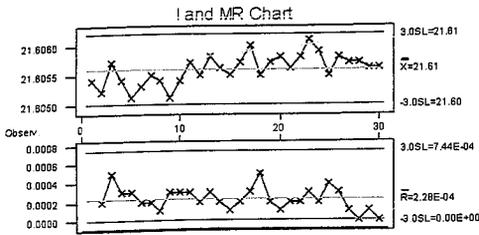


Observamos un proceso completamente fuera de especificaciones con un Cp y Cpk, con valores negativos, esto es, el proceso no es bueno.



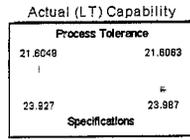
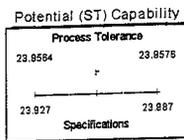
b) CAPACIDAD DE PROCESO DE LA CUERDA "A"

Report 2: Process Capability for Cuerda A



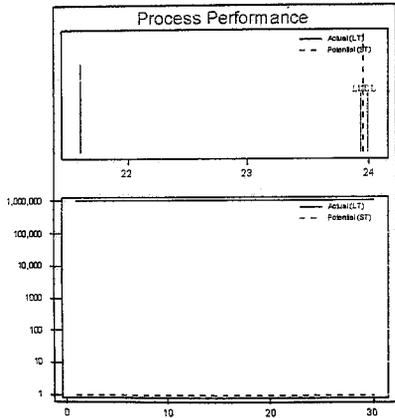
Capability Indices

	ST	LT
Mean	23.957	21.61
StDev	0.000	0.00
Z.USL	184.888	9908.81
Z.LSL	184.888	-9880.23
Z.Bench	7.000	-7.00
Z.Shift	14.000	14.00
P.USL	0.000000	0.000000
P.LSL	0.000000	1.000000
P.Total	0.000000	1.000000
Yield	100	0
PPM	0	1000000
Cp	54.48	
Cpk	-4216.50	
Pp		41.28
Ppk		-3192.44



Data Source:
 Time Span:
 Data Trace:

Report 1: Executive Summary



Process Demographics

Date:
 Reported by:
 Project:
 Department:
 Process:
 Characteristic:
 Units:
 Upper Spec: 23.987
 Lower Spec: 23.927
 Nominal: 23.957
 Opportunity:

Process Benchmarks

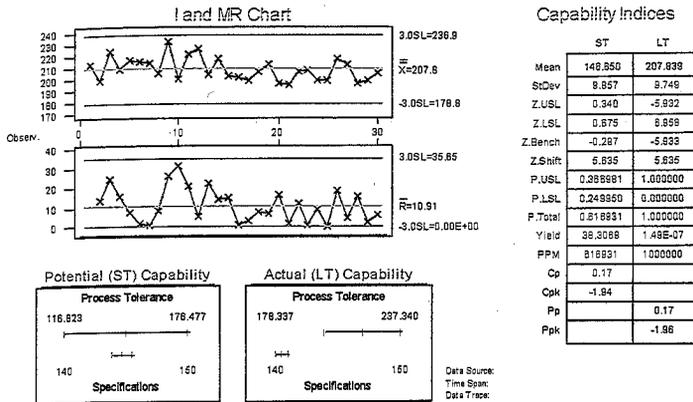
	Actual (LT)	Potential (ST)
Sigma (Bench)		7.00
PPM	1000000	

Si se tiene una consistencia en la Cuerda, el proceso actual se tiene un $C_p > 1.33$, pero un C_{pk} negativo; en el futuro, podemos tener un proceso 6σ .

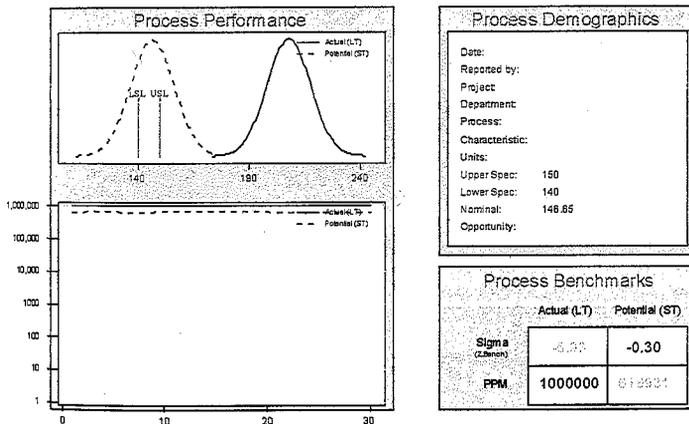
De solucionarse el problema de la curvatura, se tendrá que ajustar el programa PLC, a fin de que el equipo permita doblar con mayor ancho en la pestaña (de 1" de ancho a 1.125"), capaz de agarrar las uniones con el esquinero.

c) CÁLCULO POR FÓRMULA DE LA CAPACIDAD DE PROCESO DEL RADIO "R"

Report 2: Process Capability for Radio R



Report 1: Executive Summary



Con referencia al radio "R", tenemos un proceso muy inconsistente, y con Cp y Cpk Negativos, y no aceptados (7).

Capítulo 3

3. Diseño de experimentos - doe

En este capítulo se describe la planeación y realización del Diseño de Experimento para el Proyecto G-4. Este consiste en lanzar una nueva Lavadora con apariencia asiática, con Cubierta de frente Redonda de material plástico. Por ello es muy importante controlar el proceso de formado de curva central en el Equipo Scott para la fabricación del Gabinete. También la apariencia del producto es importante, cuya calidad exige mínimo para alcanzar la apariencia desarrollada por la competencia de los fabricantes asiático.

3.1.1 CONSIDERACIONES SOBRE LA VARIABLE RESPUESTAS

La variable respuesta será el Radio de Curvatura Central con media de 146.65” , Los experimentos se desarrollará directamente sobre el Equipo Scott, cuyos valores se obtienen en forma indirecta, aplicando el modelo matemático, descrita con anterioridad. Esto es, calcular la distancia de la cuerda “A” y la distancia de la flecha “F” y aplicar la ecuación que nos relaciona el radio proyectado “R”.

3.1.2 CONSIDERACIONES SOBRE FACTORES

De acuerdo a los expertos del proceso, se tomaron los siguientes factores, los cuales influyen dentro del Proceso de Formado:

CARRERA DEL PISTÓN

La “Curva Central” se forma a través de un Punzón Formado que tiene la forma del radio, y esta a su vez, baja a través de un Pistón Hidráulico cuya carrera máxima es de 50 mm.

Si el pistón baja a 50 mm forma un radio menor al radio objetivo, por lo tanto el radio central es más pronunciado; en caso contrario, si el pistón baja a 40 mm; forma un radio mayor al radio objetivo, por lo tanto el radio central es más aplanado, con ella hay que jugar para hallar la medida exacta.

PLANICIDAD DE LA BARRA

La "Barra resorte" es semejante a una Barra de Muelle, donde al aplicar una fuerza al centro, ésta se dobla y al retirar la carga, ésta vuelve a su estado natural; el proceso actual, por el excesivo uso, tenía una deformación de -6 mm hacia

Abajo (la línea horizontal imaginaria se consideró nivel 0), por el cual se consideró en los experimentos de su Línea Base.

PRESIÓN HIDRÁULICA

La presión Hidráulica afecta el formado, ya que, si lo hacemos menos de 1500 psi, afectaría al pistón formador y la unión de los Esquineros; mayor de 2000 psi afectaría a la unión de los esquineros (rompería la unión).

TIEMPO DE FORMADO

El tiempo de formado influye la permanencia del Pistón Hidráulico en el resorte formado; a medida de que sea mayor el tiempo, mejor es el formado; pero éste afectaría al tiempo de ciclo del proceso, por el cual hay que buscar un tiempo óptimo.

En la situación actual el tiempo de formado es de 0.05 seg., y con este tiempo no se logra una buena formación y su variación es bastante; esto es, se incrementa la desviación standard del proceso.

3.1.3 CONSIDERACIONES SOBRE INTERACCIONES

Vamos a analizar la interacción entre la Carrera del Pistón, la Planicidad de la Barra, La presión Hidráulica y el tiempo de Formado. Las significancias de las interacciones, dobles, triples y cuádruples la veremos una vez que analicemos el experimento en el MiniTab.

3.1.4 RESTRICCIONES SOBRE EL EXPERIMENTO

Observamos que las restricciones que se presentan son meramente operativo y de costos; esto es, que no afecte la producción y que los Gastos deberán ser controlados, estos se resumen en:

- a) Cualquier modificación mayor al Equipo no será permitido. de tal manera que juguemos en el experimento con las ventanas del proceso que actualmente se tiene.

- b) Hubo restricción de hacer los experimentos en horas de producción, por lo que se dispuso en hacerse después del segundo turno, a las 11:00 pm. Y usar los Sábados después de las 7:00 pm y el día domingo;
- c) Los costos deberán ser no mayor de US \$ 10,000

3.1.5 CONSIDERACIONES DEL EXPERIMENTO :

3.1.5.1 EL EXPERIMENTO

DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Las Bases del Diseño fueron :

- 1) El Diseño Factorial Fraccionado fue de 2^{4-1} que nos da un total de 8 experimentos (8).
- 2) Cada Experimento se tomarán 5 repeticiones ;
- 3) Se calcularán las dimensiones de la Cuerda "A" y de la Flecha "F" y por relación matemática , calculamos el valor de "R";
- 4) Se tomarán el promedio de las cinco repeticiones del experimento;
- 5) Se medirán la influencia de la Cuerda "A" , la Flecha "F" y el radio "R";
- 6) Se verificará la influencia que tienen los niveles en los factores.

3.1.5.2 MATERIALES

Los materiales a usarse fueron :

- a) 40 blanks rectangular de : 36" x 76" x 0.030"
- b) 40 Esquinero derecho frontales parte Superior;
- c) 40 Esquineros izquierdo frontales parte Superior;
- d) 40 Esquineros derechos traseros parte Superior;
- e) 40 Esquineros izquierdos traseros parte Superior;
- f) 40 Esquineros derecho frontal parte Inferior;
- g) 40 Esquineros izquierdo frontal parte Inferior;
- h) 40 Bases Traseras ensambladas;
- i) 40 juegos de 8 Tornillos para fijar los soportes traseros;
- j) 40 Soporte Superior Gabinete 8 Kg.;
- k) 40 Largueros derecho ;
- l) 40 Largueros Izquierdo

3.1.5.3 VARIABLES A CONSIDERAR

La altura del cierre del pistón formado	A
La planicidad del resorte	B
La Presión Hidráulica	C
El tiempo de Formado	D

Las ventanas de procesos que se consideraron para las variaciones de procesos fueron :

FACTOR	NIVEL 0	NIVEL 1
A	40 mm	50 mm
B	-6 mm	0 mm
C	1500 PSI	2000 PSI
D	0.05 seg.	0.15 seg.

3.1.5.4 PROCEDIMIENTOS

Aunque están descritas en las bases del diseño (ver el punto de Descripción de Experimento), también se tomaron en consideración las Bases de un experimento que recomienda el Departamento de "Seis Sigma" de MABE; el de tomar como mínimo por cada corrida 5 repeticiones, y correr en el MiniTab el Promedio de estas cinco lecturas; y con ellas, también analizamos las variaciones existentes entre las mismas.

Para dar mayor credibilidad en el sistema, se establecieron los siguientes :

- a) Se deben de tomar la aleatorización para los experimentos , por el cual, las corridas serán al azar;
- b) Como factores de ruido se pueden considerar los (1) procesos de formas: Curvo, Recto; (2) Tipos de materiales en color, blanco y almendra, esto es, debido a los lotes en que éstos se fabrican; (3) los tamaños dentro de una misma forma, es decir, Gabinete Curvo de 8 Kg. y Gabinete Curvo de 10 Kg.; estos

pueden afectar a los experimentos; en nuestro caso , será evaluar el ruido que ocasionaría en el Gabinete curvo 10 Kg..

- c) El ajuste del Equipo estará a cargo del Ingeniero de Manufactura; el cual, conjuntamente con el Líder del proyecto de Seis Sigma le dará las condiciones de cada experimento;
- d) Personal de producción correrá las cinco muestras de cada corrida, el cual deberá de identificar en cada una de ellas las condiciones de procesos en que se corrieron;
- e) Personal de Metrología midieron a través del Equipo de Coordenadas las dimensiones de la Cuerda A y la Flecha F y emitieron un reporte dimensional;
- f) De la misma a quien entregará al Líder de Proyecto , en este caso al Ingeniero Guillermo Hiyane;
- g) Guillermo Hiyane , Líder del proyecto de Seis Sigma, calculará el Radio proyecto , como así mismo , correrá en el MiniTab para analizar los resultados de cada corrida.

3.1.6 SELECCIÓN DE UN ESQUEMA EXPERIMENTAL

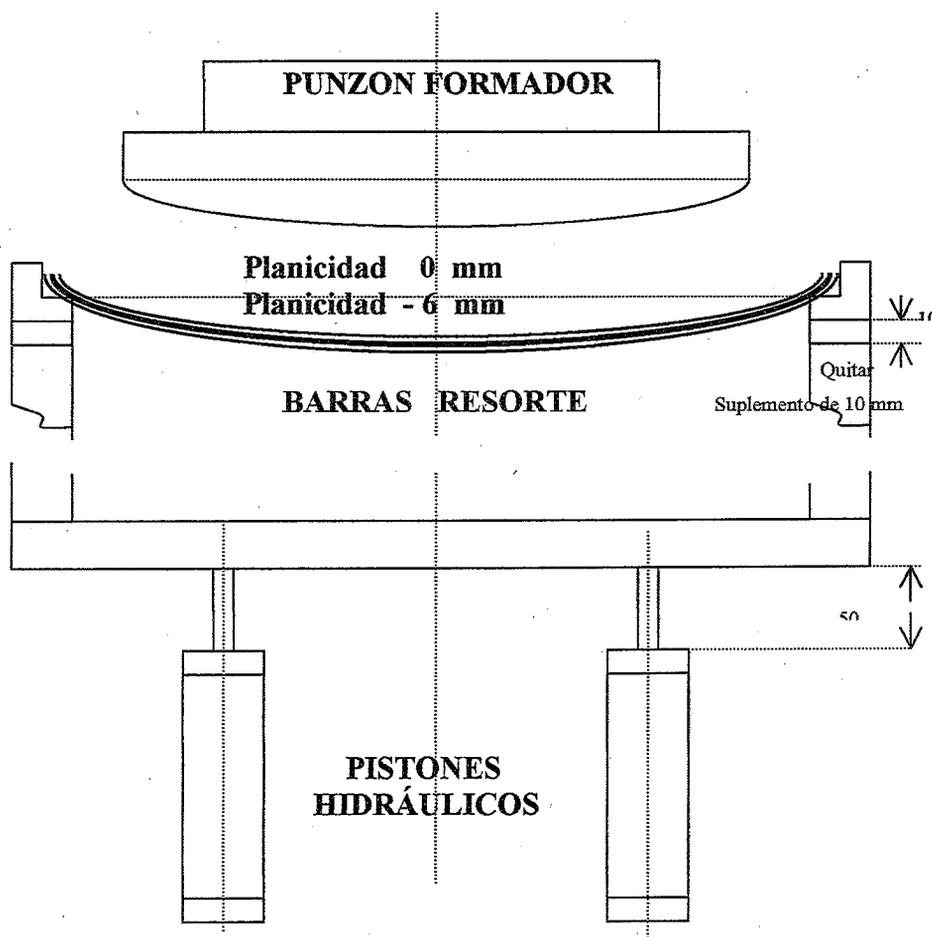
Se hicieron dos Esquemas experimentales, la primera (a) un diseño de Cuatro Factores (Altura de Cierre del Pistón, Planicidad de la Barra, Presión Hidráulica y Tiempo de Formado) A, B, C, y D, dos niveles (0 y 1), y 5 réplicas ó repeticiones por cada experimento .

3.1.7 RESPONSABLES DEL EXPERIMENTO

El responsable del Experimento será el Líder del proyecto “Seis Sigma”, en este caso el Ingeniero Guillermo Hiyane, quién le reportará los resultados a la gerencia del proyecto G-4 y a la gerencia de Planta de Planta de Lavadoras.

3.1.8 PRUEBAS INICIALES

Se llevaron algunas pruebas iniciales, para llevar a cabo el diseño de experimentos, contando un Gage RxR a corto plazo. Se tomaron muestras muy pequeñas a fin de verificar que no haya efectos entre los operadores y lo instrumentos. Se procedió a calcular los valores de la distancia de la Cuerda "A" y de la Flecha "F". Se procedió a calcular mediante fórmula matemática el valor del Radio "R" proyectado, la misma servirá para el cálculo en la Línea Base y de la corrida de confirmación.



CONDICIONES INICIALES DEL EQUIPO SCOTT

Al quitar el suplemento de 10 mm la altura del pistón se reduce a 40 mm

3.1.9 EXPERIMENTO :

Mediante el MiniTab se planeo la estrategia experimental, una vez que se tiene el esquema se llevo a cabo el experimento con 8 tratamientos. La estructura técnica del diseño factorial fraccionado tal y como lo genera el paquete se reproduce a continuación.

Design Factorial (9)

Fractional Factorial Design

Factors: 4 Base Design: 4, 8 Resolution: IV
 Runs: 8 Replicates: 1 Fraction: 1/2
 Blocks: none Center pts (total): 0

Design Generators: D = ABC

Alias Structure

I + ABCD

A + BCD

B + ACD

C + ABD

D + ABC

AB + CD

AC + BD

AD + BC

Los 8 Experimentos o Corridas a hacerse fueron :

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D
5	1	1	1	-1	-1	1	1
3	2	1	1	-1	1	-1	1
1	3	1	1	-1	-1	-1	-1
8	4	1	1	1	1	1	1
7	5	1	1	-1	1	1	-1
6	6	1	1	1	-1	1	-1
4	7	1	1	1	1	-1	-1
2	8	1	1	1	-1	-1	1

Los Resultados de las dimensiones de estos 8 Experimentos fueron :

a) DIMENSIÓN DE LA CUERDA "A"

Corrida	A1	A2	A3	A4	A5	Am
5	21.2151	21.2151	21.2151	21.2151	21.2151	21.2151
3	21.2149	21.2149	21.2150	21.2149	21.2149	21.2149
1	21.2151	21.2151	21.2151	21.2152	21.2149	21.2151
8	21.2152	21.2149	21.2149	21.2152	21.2150	21.2150
7	21.2152	21.2161	21.2150	21.2151	21.2152	21.2153
6	21.2150	21.2150	21.2149	21.2149	21.2149	21.2149
4	21.2156	21.2154	21.2150	21.2126	21.2154	21.2148
2	21.2153	21.2151	21.2152	21.2153	21.2153	21.2152

Observamos que no hay mucha variación en cuanto a la distancia de la Cuerda "A", la variación se encuentra en el orden de las diez milésimas de pulgadas en los 8 experimentos.

b) DIMENSIÓN DE LA FLECHA "F"

Corrida	F1	F2	F3	F4	F5	F media
5	0.3212	0.3038	0.3155	0.3435	0.3191	0.32062
3	0.5308	0.5278	0.5370	0.5376	0.5106	0.52876
1	0.2368	0.2378	0.2390	0.2372	0.2399	0.23814
8	0.5952	0.5953	0.5946	0.5958	0.5882	0.59382
7	0.4395	0.4412	0.4416	0.4488	0.4384	0.44190
6	0.5201	0.5324	0.5385	0.5302	0.5341	0.53106
4	0.5874	0.5907	0.5702	0.5944	0.5903	0.58660
2	0.4406	0.4456	0.8600	0.4475	0.4458	0.52790

c) DIMENSIÓN DEL RADIO PROYECTADO "R"

Los valores de "R" van a depender de los valores hallados en la Cuerda "A" y de la Flecha "F", esto es:

Aplicando la Ecuación del modelo para el Cálculo del Radio "R":

Corrida	R1	R2	R3	R4	R5	Rm
5	175.316	185.340	178.478	163.956	176.468	175.912
3	106.254	106.855	105.035	104.917	110.437	106.700
1	237.703	236.705	235.519	237.300	234.630	236.372
8	94.821	94.803	94.914	94.727	95.941	95.041
7	128.230	127.749	127.620	125.581	128.551	127.546
6	108.431	105.938	104.743	106.374	105.601	106.217
4	96.076	95.541	98.951	94.952	95.605	96.225
2	127.912	126.480	65.849	125.947	126.426	114.523

De los ocho experimentos, observamos que la corrida # 7, es la que más se acerca al objetivo meta $R = 146,65$. Es una posible solución al problema planteado.

No hay que perder de vista, los efectos de la interacción; sin embargo, en nuestro caso, las interacciones $A*B$ nos dio un $p = 0.09$ ($p < 0.5$), por lo que concluimos, que no hay una significancia en ellas. Abajo mostramos los resultados obtenidos en el MiniTab:

Estimated Effects and Coefficients for Rm (coded units)

Term	Effect	Coef	StDev	Coef	T	P
Constant		132.18	8.187	16.15	0.000	
A	-58.37	-29.18	8.187	-3.56	0.023	
B	-51.61	-25.81	8.187	-3.15	0.034	
A*B	36.88	18.44	8.187	2.25	0.087	

Nos restaría, solamente Mejorar esta corrida para llegar a la solución; por lo tanto, una de las condiciones mejor, en la corrida # 7 sería:

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D
7	1	1	1	-1	1	1	-1

FACTOR	DESCRIPCION	NIVEL
A	Carrera de Pistón	40 mm
B	Planicidad de la Barra	0 mm
C	Presión Hidráulica	2000 psi
D	Tiempo de Formado	0.05 seg.

Las dimensiones que generaron este Radio en la Corrida # 7, en la Cuerda "A" fueron:

Corrida	A1	A2	A3	A4	A5	A media
7	21.2152	21.2161	21.2150	21.2151	21.2152	21.605

y las dimensiones de la Flecha F

Corrida	F1	F2	F3	F4	F5	F media
7	0.4395	0.4412	0.4416	0.4488	0.4384	0.44190

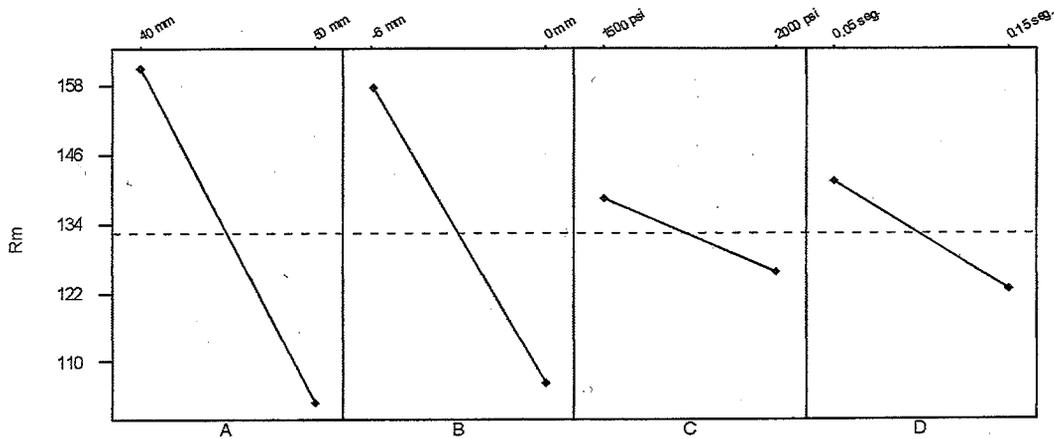
3.1.10 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DOE-RADIO DE CURVATURA "R".

Los Resultados obtenidos en el MiniTab fueron como siguen:

a) ANÁLISIS DE LOS FACTORES PRINCIPALES

De la gráfica de Efectos Principales (Ver abajo) podemos concluir que los Factores "A" y "B" son significativos(10) y en menor intensidad, los Factores

CURVATURA GABINETE 8 KG



"C" y "D" respectivamente, esto es debido, a las pendiente pronunciada de los Factores "A" y "B", mientras que los Factores "C" y "D" se muestran medianamente.

(10) DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y MEJORA INDUSTRIAL, Eduardo Castaño , Jorge Domínguez. Editorial JIT PRES

b) ANALISIS DE VARIZANZAS (ANOVA)

De acuerdo a los análisis hechos a la Gráficas de Efectos Principales e Inteacciones de Segundo Nivel, corremos el ANOVA considerando sólo los efectos principales "A", "B", y las Interacción "AB", el cual observamos:

Fractional Factorial Fit

Estimated Effects and Coefficients for Rm (coded units)

Term	Effect	Coef	StDev	Coef	T	P
Constant		132.18	8.187	16.15	0.000	
A	-58.37	-29.18	8.187	-3.56	0.023	
B	-51.61	-25.81	8.187	-3.15	0.034	
A*B	36.88	18.44	8.187	2.25	0.087	

Analysis of Variance for Rm (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	12141	12141	6070.6	11.32	0.023
2-Way Interactions	1	2720	2720	2719.8	5.07	0.087
Residual Error	4	2145	2145	536.2		
Pure Error	4	2145	2145	536.2		
Total	7	17006				

Para nuestro análisis, vamos a considerar un intervalo de confianza del 5 %; pero, en los resultados que nos da en el MiniTab, observamos que en las interacciones A*B el valor de $p > 0.05$, por lo que concluimos, que no es significativo; las cosas cambiarían, si tomamos el nivel del intervalo de confianza $\alpha = 0.1$

La constante, los efectos principales "A" y "B", tienen valores de "p" menor de 0.05, esto es, que el término constante y los Factores "A" y "B", por lo que *NO PODEMOS RECHAZAR LA HIPÓTESIS NULA Ho, QUE EL TÉRMINO CONSTANTE Y LOS FACTORES "A" Y "B" SEAN SIGNIFICATIVAS*, esto es:

Ho : Factores A, B e Interacción AB = Sean Significativas ; Versus

H1 : Factores A, B e Interacción AB \neq Sean Significativas

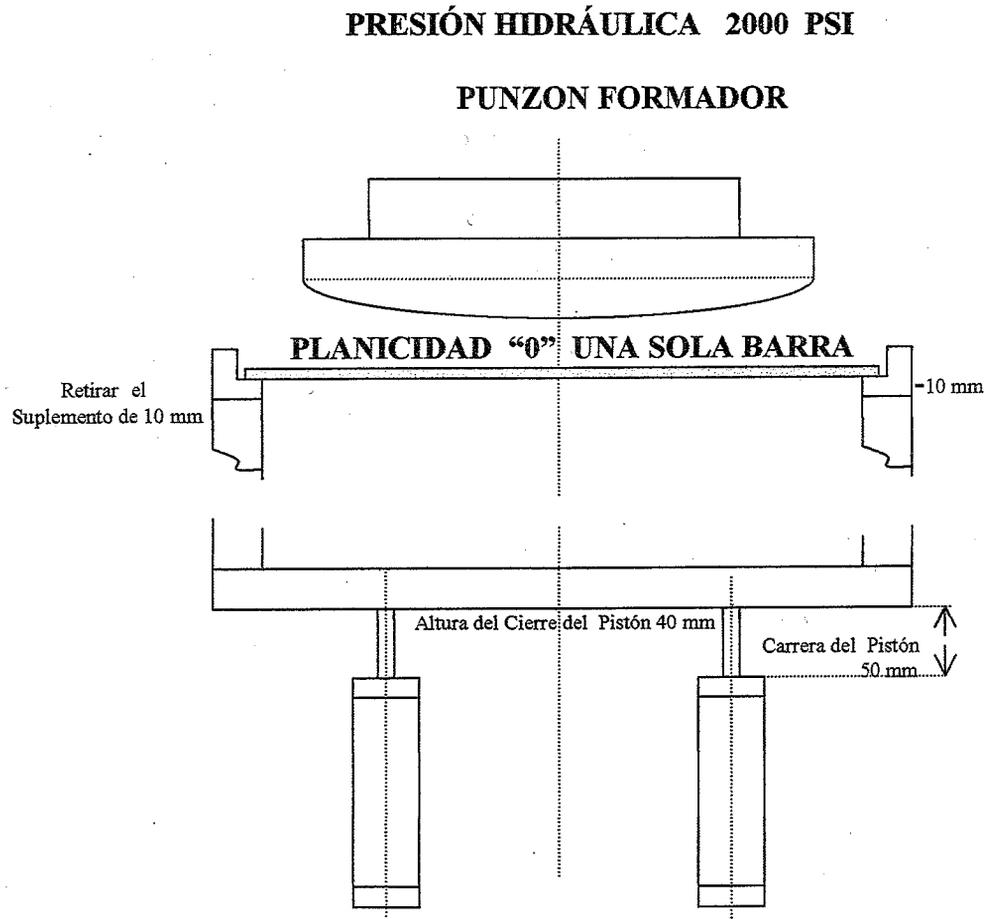
d) ECUACIÓN DE REGRESIÓN

Los Coeficiente de la Ecuación de Regresión son:

$$Y(\text{Radio } R) = 132.18 - 29.18A - 25.81 B + 18.44 AB$$

El valor de $p < 0.05$ para los Efectos Principales y para las interacciones, tenemos un valor de $p = 0.08$; podemos decir, que la Ecuación de Regresión es Lineal.

El experimento se hizo con estas condiciones:



Capítulo 4

4. Etapa de Mejora

INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior, se halló la relación de factores que nos permitió obtener el radio proyectado de 127.55". Sin embargo nuestro objetivo es alcanzar un radio de 146.65". Sabemos que el radio proyectado "R" depende de las dimensiones de la Cuerda "A", y de la Flecha "F". Decidimos por lo tanto a analizar estas dos variables y en ella, mover nuestros procesos en función de una ó estas dos variables.

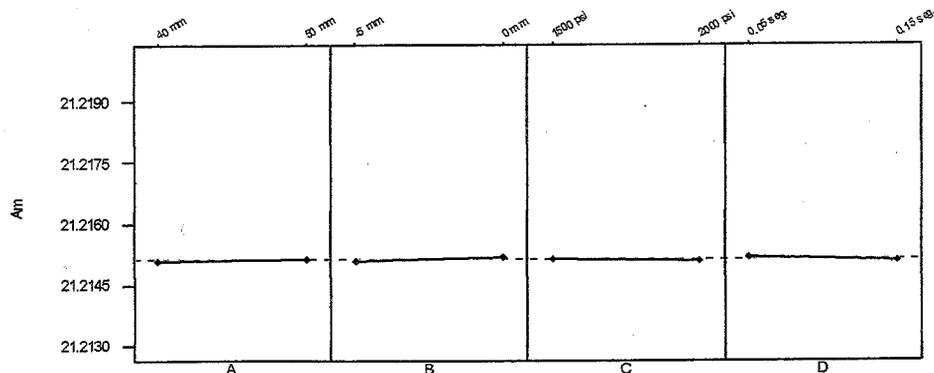
En el siguiente punto, veremos los efectos de cada uno de estos parámetros, de acuerdo a los valores obtenidos en el MiniTab.

4.1.1 ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS

Vemos los comportamientos de los efectos principales (A, B, C y D) del experimentos en la Cuerda "A" y en la Flecha "F"

a) Gráfica de Efectos Principales en la Cuerda "A" :

CURVATURA DEL GABINETE CURVO 8 Kg.

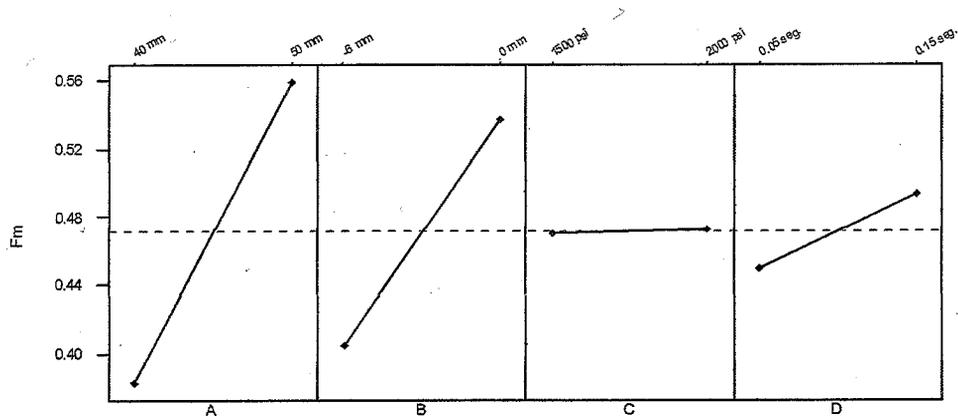


Observamos que no existe significancia de los Factores A, B, C y D en la distancia de la Cuerda "A" (11), por lo tanto, no variamos las condiciones de procesos para la Cuerda "A";

b) Gráficas de los Efectos principales de la Flecha "A"

De la misma forma, tenemos la gráfica de Efectos principales y observamos los siguientes :

CURVATURA DE RADIO GABINETE 8 Kg.



Los Factores A y B (12) son altamente significativos para variar la cota de la Flecha F, analizaremos, este efecto en el experimento.

4.1.2 EFECTO DE LA FLECHA "F"

Analicemos el ANOVA de la Flecha:

Fractional Factorial Fit

Estimated Effects and Coefficients for Fm (coded units)

Term	Effect	Coef	StDev Coef	T	P
Constant		0.47135	0.01518	31.05	0.000
A	0.17699	-0.08849	0.01518	5.83	0.004
B	0.13284	0.06642	0.01518	4.38	0.012
A*B	-0.07211	-0.03605	0.01518	-2.38	0.076

Analysis of Variance for Fm (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	0.097944	0.0979439	0.048972	26.57	0.005
2-Way Interactions	1	0.010400	0.0103997	0.010400	5.64	0.076
Residual Error	4	0.007372	0.0073718	0.001843		
Pure Error	4	0.007372	0.0073718	0.001843		
Total	7	0.115715				

La constante, los Factores principales A, B y la Interacción AB son significantes, ya que los valores de $p < 0.05$; así mismo, la ecuación de Regresión de Efectos Principales son significativa y "casi significativa" la interacción de AB; por lo tanto, la Ecuación de Regresión para la Flecha estaría dado por:

$$Y(\text{Flecha}) = 0.47135 - 0.08849A + 0.06642B - 0.03605 AB$$

Los valores de los coeficientes de la ecuación de regresión nos la da el MiniTab (Ver salida de información, abajo).

Estimated Coefficients for Fm using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	0.47135
A	0.08849
B	0.06642
C	0.00100
D	0.02193
A*B	-0.03606
A*C	0.00160
A*D	-0.02091

De esta Ecuación de Regresión, calculamos el valor de la Altura del Pistón óptima.

4.1.3 CÁLCULO DE LA ALTURA ÓPTIMA DEL PISTÓN

Calculamos ahora la Altura Óptima del Pistón a partir de la Ecuación de Regresión y descodificando los niveles; tomando al Factor "A" como una variable, y al valor del Factor B como constante ($B = 0$), tendremos:

$$\begin{aligned} Y(\text{Flecha}) &= 0.47135 + 0.08849 A + 0.06642 B - 0.03605 AB \\ &= 0.47135 + 0.08849*(A) + 0.0664*(0) - 0.03605(A)*(0) \end{aligned}$$

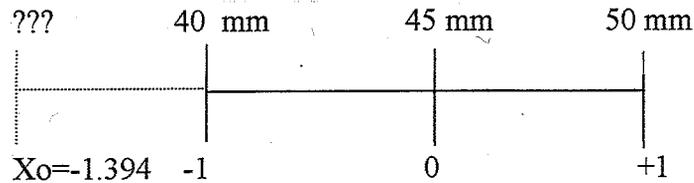
$$Y(\text{Flecha}) = 0.47135 + 0.08849*A$$

El valor de $Y_{\text{óp}} = 0.348'' = -0.47135 - 0.08849*A$

De donde despejando el valor de A tendremos:

$$A = -(0.47135 - 0.3480)/0.08849 = -1.394$$

Descodificando estos niveles y aplicando la fórmula (14):



$$X_A = (A_o - \bar{A}) / (1/2)Rango$$

Tendremos:

$$\bar{A} = (40 + 50)/2 = 45 \text{ mm}$$

$$A = ??$$

$$Rango = 10 \text{ mm}$$

En nuestra Ecuación:

$$-1.394 = (A_o - 45)/(1/2)*(10)$$

despejando el valor de A_o tendremos:

$$A_o = 38.03 \text{ mm}$$

Descodificando estos niveles tendremos :

Nivel - 1.394 : 38.03 mm

Nivel - 1 : 40.00 mm

Nivel 0 : 45.00 mm

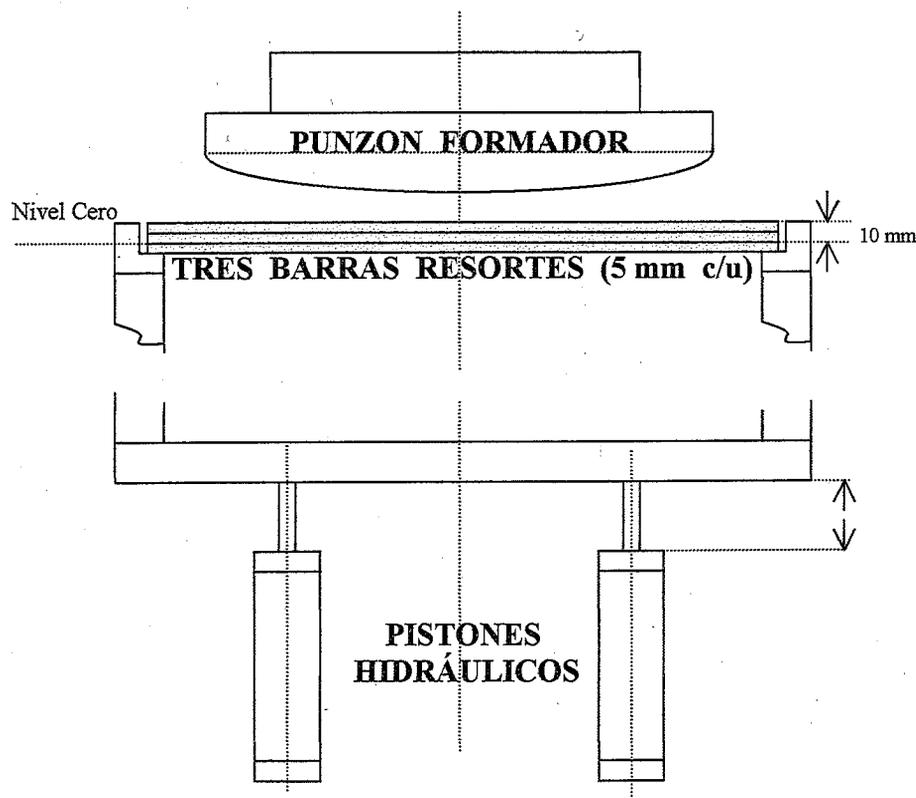
Nivel 1 : 50.00 mm

Por lo que el experimento se complementaría si el Pistón lo llevamos el nivel de "A" a una altura de 38.03 mm y el nivel B = 0.

El resultado del experimento , consistió :

ADICIONAR DOS BARRAS DE RESORTES, una, a fin de compensar la altura de 3.94 mm,y la otra barra, para compensar el efecto del "Spring Back" del material, que se encontró por experimento visual.

- Se retiró la barra deformada y en reemplazo de coloco tres barras de 5 mm de espesor, cada una;
- Se retiró el suplemento de 10 mm, así la altura del pistón queda a (50 - 10) mm;
- Presión Hidráulica quedó en el nivel 1, es decir, a 2000 psi;
- El tiempo de formado, queda al nivel -1.



MODIFICACIÓN DEL SISTEMA PARA LLEVAR EL RADIO PROYECTADO A 146.65"

La Mejora será acondicionar el sistema tal como se muestra en el diagrama presentado en la parte de arriba.

4.1.4 PRUEBAS CONFIRMATORIA

Una vez que establecieron los valores que satisfacen o cumplan se aplicaron los valores propuestos a 5 Gabinetes a fin de verificar si el radio proyectado "R" pasaba de 127.546" a 146.65" como promedio.

Los resultados fueron como siguen:

145.650" 146.630" 146.690" 146.725" y 146.645"

4.2 ETAPA FINAL DE CONFIRMACIÓN DEL DISEÑO

Con la confianza encontradas en los resultados del sub-apartado 4.1.4, nos dimos a la tarea de aplicar los valores a más Gabinetes. Los resultados de las mismas fueron:

Corrida #	Cuerda A.	Flecha F	Radio R
1	21.2173	0.3888	144.926
2	21.2172	0.3870	145.597
3	21.2174	0.3854	146.203
4	21.2173	0.3846	146.505
5	21.2172	0.3840	146.732
6	21.2172	0.3853	146.238
7	21.2171	0.3841	146.692
8	21.2173	0.3844	146.581
9	21.2173	0.3834	146.962
10	21.2171	0.3835	146.921
11	21.2170	0.3824	147.341
12	21.2172	0.3840	146.732
13	21.2173	0.3887	144.963
14	21.2171	0.3827	147.227
15	21.2173	0.3851	146.315
16	21.2171	0.3814	147.728
17	21.2173	0.3806	148.040
18	21.2171	0.3861	145.934
19	21.2170	0.3817	147.611
20	21.2171	0.3833	146.998
21	21.2169	0.3831	147.071
22	21.2171	0.3849	146.388
23	21.2173	0.3848	146.429
24	21.2170	0.3876	145.370
25	21.2170	0.3841	146.691
26	21.2170	0.3833	146.996
27	21.2169	0.3817	147.609
28	21.2173	0.3834	146.962
29	21.2172	0.3841	146.694
30	21.2172	0.3857	146.087

Análisis de los resultados. Con los datos obtenidos se propone estimar la capacidad del proceso. Los resultados que arroja el MiniTab obtuvimos los siguientes resultados:

Subgroup Statistics

Mean	StDev	Count
145.575	0.63853	3
146.491	0.24717	3
146.745	0.19606	3
146.998	0.31194	3
146.169	1.13903	3
147.234	1.13654	3
147.226	0.33473	3
146.062	0.60007	3
147.099	0.46782	3
146.581	0.44852	3

Cumulative Subgroup Statistics

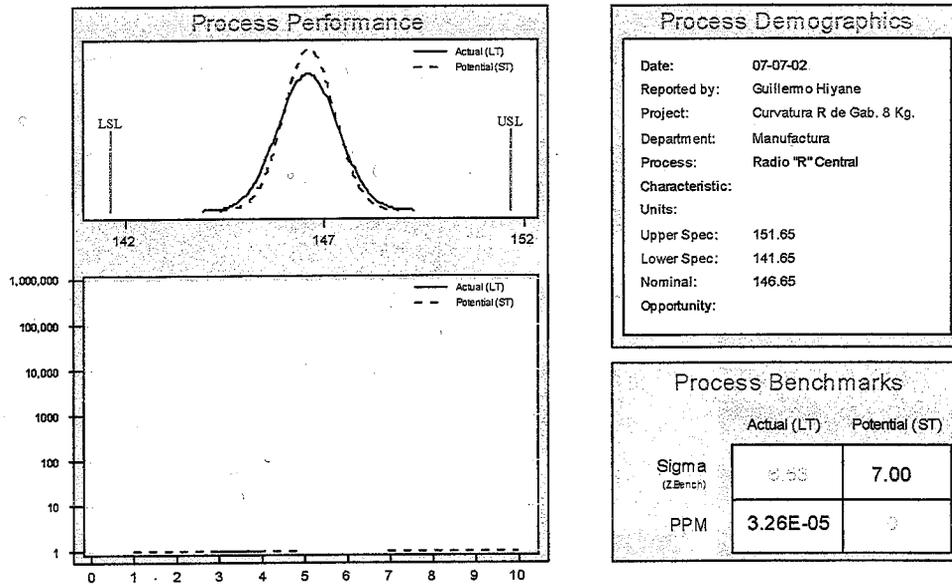
Cum Mean	Cum SD (ST)	Cum SD (LT)	Z.Bench (ST)	Z.Bench (LT)	Z.Shift
145.575	0.638528	0.638528	7.000	6.147	0.853
146.033	0.484154	0.662752	7.000	6.614	0.386
146.271	0.411198	0.640882	7.000	7.000	0.000
146.452	0.388767	0.651630	7.000	7.000	0.000
146.396	0.616756	0.729920	7.000	6.502	0.498
146.535	0.729572	0.833140	6.754	5.836	0.918
146.634	0.687199	0.814010	7.000	6.030	0.970
146.563	0.676922	0.803016	7.000	6.082	0.918
146.622	0.656983	0.785331	7.000	6.255	0.745
146.618	0.639203	0.752979	7.000	6.531	0.469

Se tomaron Sub - Grupos de 3, y se observaron los siguientes :

- a) Tenemos un proceso entre 6 y 7 Sigma con tendencias a mejorar para tener un radio con un proceso de 6σ a corto tiempo;
- b) Diseño adaptó las nuevas dimensiones del Radio proyectado "R" a fin de dar la variación que debe de tener la nueva Curva;

La variación del Proceso se muestra en la siguiente Gráfica:

Report 1: Executive Summary

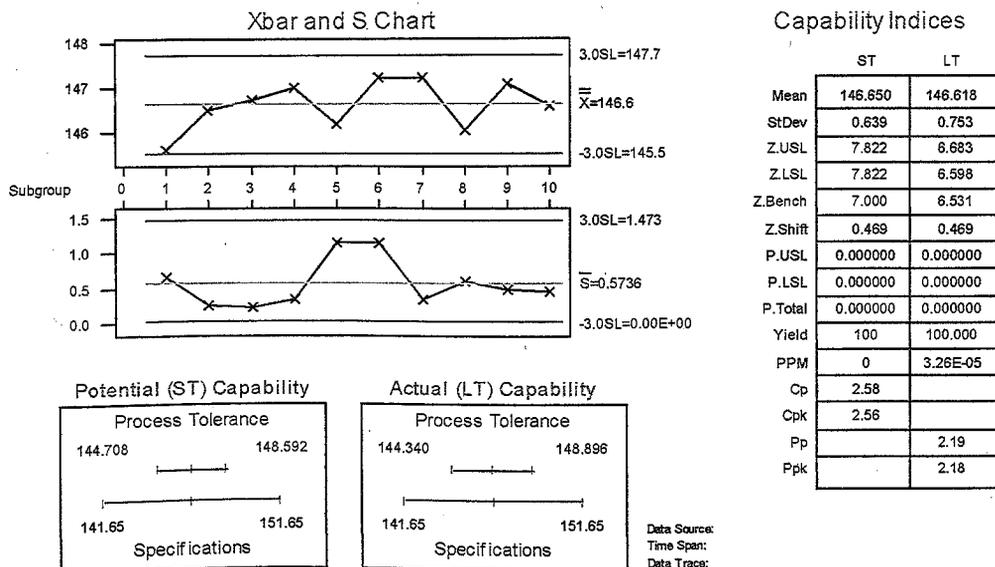


Como es radio proyectado, se amplió los límites de diseños, ya que, la curva central no se afecta con estas nuevas variaciones.

Se tiene un proceso con 6.53 σ a corto plazo, podemos alcanzar un proceso de 7 σ en el futuro.

La Capacidad de Proceso se tiene :

Report 2: Process Capability for Radio R



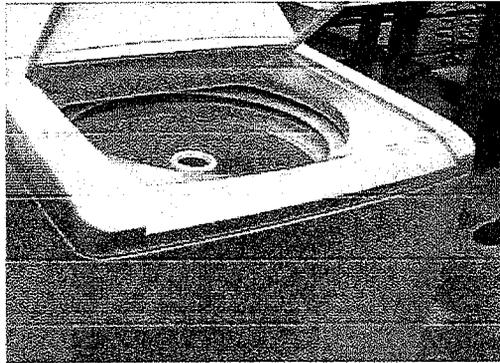
Data Source:
Time Span:
Data Trace:



Observamos un proceso con un $C_p = 2.58$ y un $C_{pk} = 2.56$; como sabemos, los valores de C_p y C_{pk} deben de ser mayores de 1.33, por lo que comprobamos un excelente capacidad de procesos.

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO MEJORADO

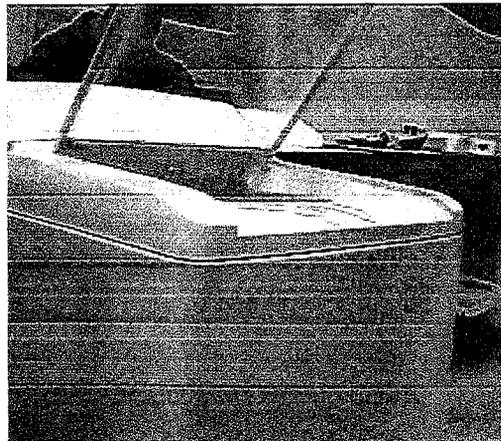
a) VISTA 1



Gabinete Curvo 8 Kg. perteneciente a las pruebas de confirmación, con una Cubierta Plástica prototipo de la Lavadora G-4.

b) VISTA 2

Otra vista de la fotografía de la misma Lavadora G-4:

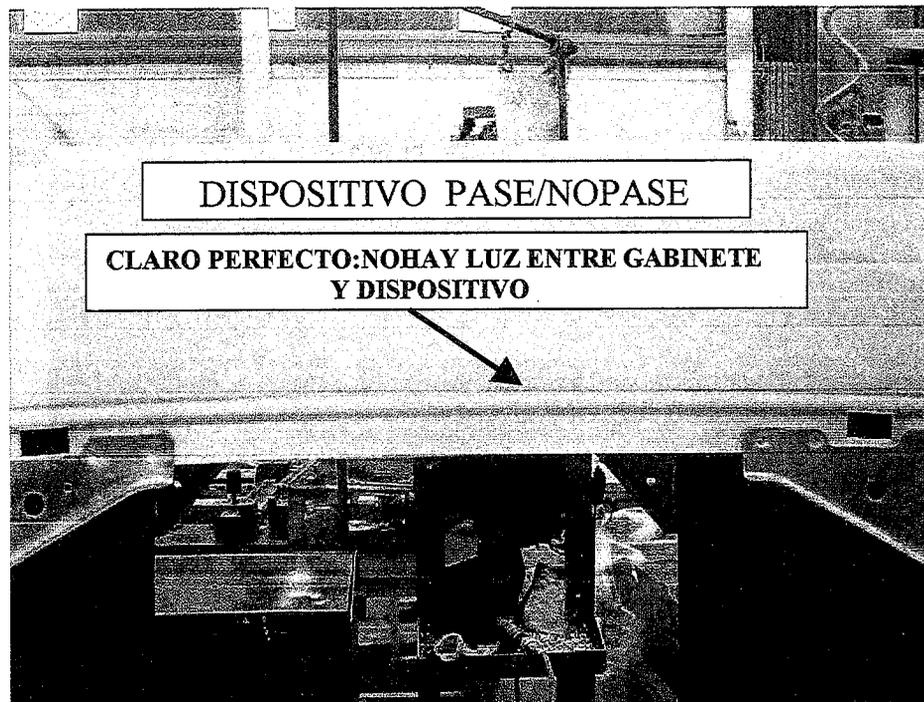


Capítulo 5

5. Etapa de control

Para la etapa de control se procedió:

- a) Se fabricó un dispositivo “pase – no pase”, quien tiene la forma del frente Curvo; el operario del Equipo Scott deberá de chequear en forma visual el dispositivo sobre el Gabinete; tenemos dos situaciones en las siguientes fotografías:



EN LA FOTO SE OBSERVA QUE NO HAY LUZ Y EL FORMADO DE LA CURVA ESTÁ BIEN

En la parte inferior se observa, cuando existe una luz entre el dispositivo y el Gabinete, en este caso, SE RECHAZA, y habrá que ajustar el equipo, y dejar a los parámetros del experimento

DISPOSITIVO PASE/NO PASE



- b) Cambiar la hoja de Procedimientos del Equipo Scott, cambiándose a las nuevas operaciones del Experimento (Ver siguiente hoja);

Se observa las nuevas condiciones de procesos de acuerdo al Diseño de Experimento obtenido, éste documento, deberá ser controlado por el Ingeniero de Proceso de la Scott; así mismo, deberá de auditar frecuentemente si el proceso del Gabinete Curvo en el Equipo Scott cumple con las condiciones de esta hoja.

FICHA DE CONTROL DE PROCESO

FICHA DE PROCESO	REVISION	00	ELABORO:	Carmen Rdz.C
	FECHA	22-Abril-02	REVISO:	
	No. CONTROL:		AUTORIZO:	
202 Estacion curvo frontal de gabinete				
Producción				
Realizar curvatura frontal a gabinete				
Empieza: al recibir gabinete de 201 Incluye: Realiza curvatura a gabinete en parte frontal Termina: al mover pieza a estación 203				
Gabinete curvo				
Estación 201				
Gabinete curvo				
Estación 203				
Característica	Especificación	Afecta a		
Presion neumatica	90 Psi	Interrupción de proceso		
Presion hidraulica	2000 Psi	Dobles radio curvo en gabinete Fuera de Especificaciones, Scrap		
Altura de Cierre del Pistón	55 mm	Condiciones de Trabajo		
Planicidad de la Barra	0 mm			
Tiempo de Formado	0.05 seg.			
AGREGAR TRES (3) BARRAS RESORTES				
Fugas de aceite				
Muelle (cada 10,000 Lavadoras)	(Recomendar dispositivo GonoGo)			
Medición De Distancia De Referencia a Muelle				
Scrap,				
Cambio de modelo				
F090072				
Instructivo De Operación, Mpt, Plan De Control				

Con estos dos controles podemos tener bajo control el nuevo proceso de formado.

Capítulo 6

6. Conclusiones

- a) El sistema de medición del proceso de formado se expreso mediante una Ecuación Matemática, no obstante la correlación que existe entre las variables que se midieron se pueden controlar.
- b) El Diseño Factorial permitió alcanzar la meta que se estableció para el valor del radio "R" es decir 145.65. Este valor se obtuvo a partir del modelo de regresión que se ajusto con base en los resultados experimentales.
- c) Se encontró una relación entre el radio "R" proyectado, con los parámetros distancia "A" la cuerda y la distancia "F" que es la flecha.
- d) Este estudio resulto de mucha utilidad ya que servirá como base para controlar otros Gabinetes, Cubiertas, Tapas, etc, que tenga un frente curvo;
- e) Se hizo un dispositivo "Pase/No Pase" para facilitar visualmente cuando el frente curvo tiene el radio del diseño.
- f) Así mismo, se modificó el programa PLC, para que el doblado de la pestaña en la parte superior del Gabinete se incremente de 1.000" a 1.125", a fin de que el esquinero tenga suficiente superficie de unión en el proceso de Tog-1-Lock.
- g) Se mejoró notablemente la apariencia del formado curvo de la Lavadoras Olimpia para el mercado mexicano, incrementando sus ventas y dando una buena posición en su nicho de mercado.



BIBLIOGRAFÍA

- 1) "Planeación Estratégica de Negocios, Organización MABE"; Año 1995, documento elaborado por la Dirección General.
- 2) "Herramientas Seis Sigma" G.E. Appliances; Curso para Green Belt en MABE.
- 3) "Procedimientos de Sistemas de Calidad en Planta de Lavadoras - Saltillo"
- 4) "Diseño de Experimentos para el Desarrollo Tecnológico y Mejora Industrial", Eduardo Castaño, Jorge Domínguez Domínguez. Editorial JIS PRES. Mexico
- 5) "Diseño de Experimentos", Curso de la Maestría de Ingeniería de la Calidad, por Jorge Domínguez Domínguez, Convenio MABE-CIMAT.
- 6) "Manual del MiniTab", editado por la GEA.
- 7) "Manual de Instrucciones del Equipo de Formado de Gabinetes", Manual dado por Scout Rechnology, fabricante del Equipo.



ANEXOS

I METODOLOGÍA SEIS SIGMA

I.1 SEIS SIGMA

Seis Sigmas es una herramienta metodológica que se basa en el uso del análisis estadístico, para mejorar los sistemas de gestión empresarial y orientarlos hacia la excelencia.

Seis Sigmas se inició hace más de 10 años por MOTOROLA, y su propósito fue la reducción radical de los defectos de sus productos, y con ella fue galardonado en 1988 con el premio Malcom, Baldrige.

Esta iniciativa de mejora está teniendo un gran impacto en la cultura de operaciones y en la rentabilidad de algunas empresas líder de "Clase Mundial" tales como: General Electric, Motorola, DuPont, Lockheed-Martin, Polaroid, Sony, Samsung, Texas Instruments, etc.

Seis Sigmas es una herramienta que hoy utiliza la Organización MABE, que nos Permite:

- a) Tener una Visión y una Filosofía de compromisos con nuestros clientes para ofrecer productos con la más alta calidad y al menor costo;
- b) Los niveles de calidad de ejecución tienen como medida un 99.9997 % para productos y procesos;
- c) La capacidad de nuestros productos y procesos son comparados como los "mejores de su clase";
- d) Como un sistema de Vida entre sus integrantes, cuya aplicación práctica de herramientas y métodos estadísticos que nos ayuda a medir, analizar y controlar nuestros procesos.

I.2 FILOSOFÍA SEIS SIGMA

Seis Sigmas ostenta una filosofía de gestión orientada a la perfección, es decir, ausencia de fallas, o en otras palabras, la eliminación sistemática de todas las causas de ineficiencias e ineficacias de las organizaciones; sin comparar las empresas de seis sigmas y una empresa tradicional vemos diferencias de fondos, tales como:

- a) Mientras que en una empresa tradicional de 3 Sigma gasta del 15 % al 25 % de sus Ventas en costos de Servicios ó Fallas, la empresa de 6 Sigmas sólo eroga el 5 % de sus ventas;
- b) La empresa 3 sigma produce 66,807 defectos por cada millón de oportunidades; la empresa 6 Sigma sólo acepta 3.4 defectos por cada millón de oportunidades;

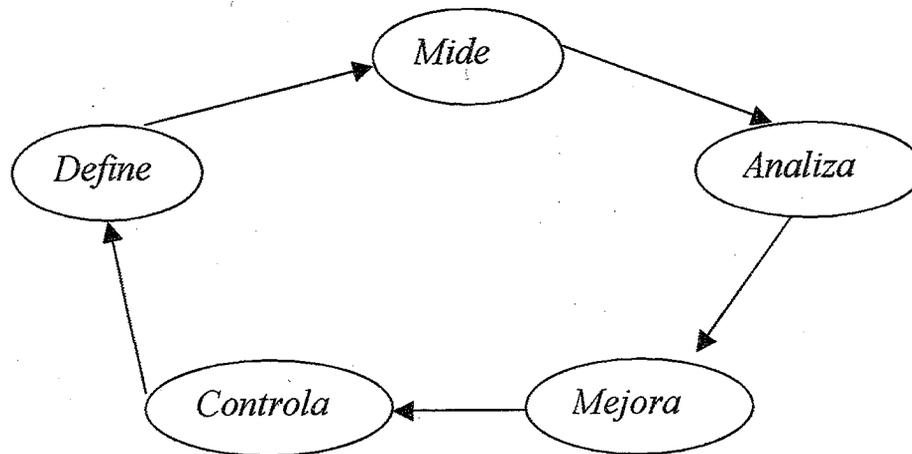


CIMAT Es natural que en las empresas de 3 Sigma confía en su servicio de inspección para detectar defectos ; en la empresa 6 sigma, confía en procesos eficaces con “cero” fallas;

- d) Hasta el presente una empresa de 3 sigma se tiene la creencia que una “ Calidad Superior ” es costoso; mientras que en la empresa 6 sigma, se mantiene una “Alta Calidad” con costos muy bajo;
- e) Se ha demostrado que en la empresa tradicional 3 sigma no tiene ni disciplina, sistema de recopilación y análisis de datos; mientras que en la empresa 6 sigma utilizan metodología que permite : (1) definir, (2) medir, (3) Analizar, (4) Mejorar, (5) controlar y medir (lo controlado), (6) analizar lo mejorado, (7) diseñar y (8) verificar lo mejorado

1.3 ETAPAS DE UN PROCESO SEIS SIGMA

En un proceso seis sigmas (DMAIC) encontramos las siguientes fases :



El DMAIC es una metodología de calidad conducida por los datos, para mejorar los productos y procesos y existentes.

Es importante recalcar que el proceso DMAIC debe de ser usado cuando un producto o proceso existente puede ser mejorado para alcanzar o exceder las expectativas del cliente y al mismo tiempo, apoyar las metas de negocio de MABE..

En forma muy resumida explicamos de lo que trata cada etapa o fase del DMAIC .

- (1) En la etapa de definición, se identifican los posible proyectos Seis Sigmas, que deben de ser evaluados por la dirección en función de los factores críticos de éxito para la empresa con el fin de evitar la infrautilización de los recursos. seleccionado el proyecto el Master Black Belt (ó Champion) estudia en detalle el proyecto, definiendo su misión , alcance y objetivos ; después , se selecciona un Black Belt y el equipo de apoyo, integrado por un experto del proceso, un apoyo de Calidad , los apoyos operativos que se requieran y se asigna la prioridad necesaria.

- (2) En la Segunda Fase de Medición, consiste en la caracterización del proceso o proceso afectado, analizando su funcionamiento actual y determinar los requisitos claves de los clientes de dicho proceso o procesos así como las características de calidad del producto o servicio críticas para el cliente, esto es conocido como los CTQ's (Critical to Quality) que su por su carácter de variables dependientes también se llama los Y's. En la segunda parte de la fase de medición se centra en identificar las variables que regulan el funcionamiento el proceso y condicionan su resultado. Como se trata de variables generalmente independiente las que denominados las X's. A partir de esta caracterización se define el método para recoger datos sobre el funcionamiento actual del proceso, se recogen dichos datos y se miden la capacidad de proceso en su situación actual, que será el punto de partida para evaluar las posteriores mejoras conseguidas. En esta fase de medición, el Equipo suele identificar oportunidades de mejoras, generalmente en el flujo de procesos que se revela complejo. En esta fase de Medición, comprende a su vez en dos etapas, la primera, establecer el Gage RxR, es decir evaluar el instrumento y el operario que va a ejecutar la medición, para el primero, es necesario que el instrumento de medición esté calibrado, y a la vez, asegurarse que tenga la resolución adecuada; en cuanto a los operadores, use al menos dos, es importante recalcar que existe dos tipos de estudios RxR, el corto y el estudio largo, mínimo para este último es de 10 unidades. La siguiente etapa en la fase de medición, es hacer la "Línea Base", se toman 30 observaciones como mínimo, seleccionados al azar, donde se recolectará los datos de la variable respuesta (Y's) en las condiciones que se tiene en el proceso en ese instante; ésta medición nos ubicará un punto de partida y de referencia en nuestro estudios posteriores.
- (3) En la tercera fase Análisis, el Equipo analiza los datos obtenidos sobre el funcionamiento del proceso. En algunos casos se tratan de datos históricos, procedentes de los registros habituales de la organización y, en otros, es necesario una colección específica de datos necesarios que la organización no utiliza normalmente. Ahora se produce la transformación del problema real, a través de los datos, en un problema estadístico. Para ello el equipo desarrolla y compruebe hipótesis sobre posibles causas de variabilidad de las Y's y relaciona causa-efecto entre las Y's y las X's utilizando las herramientas gráficas y estadísticas pertinentes. De esta forma, el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir, las variables clave de funcionamiento (X's) ó "pocas vitales" que afectan en mayor medida a las variables respuesta (Y's) del proceso.
- (4) En esta cuarta fase de "Mejora", el equipo trata de buscar la solución estadística al problema, determinando las relaciones causa-efecto (relación matemática entre las variables de funcionamiento y las de respuesta) para identificar la combinación o situación de aquellas, mas adecuadas para conseguir los valores objetivos de éstas. A partir de ese momento, se producen la transformación de la solución estadística en la solución práctica. Para ello, el equipo identifica diferentes alternativas para llevar a la práctica la solución, evalúa los riesgos inherente a cada alternativa para seleccionar la mas oportunas o viables, y realiza las pruebas necesarias, incluida el



CIMAT “diseño de experimento” (DOE) cuando es posible , para comprobar los resultados esperados , antes de implementar definitivamente las soluciones. La última etapa de esta fase, se centra en la implantación de las soluciones para mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso . Por ultimo, se determina el rango operacional de los parámetros o variables de funcionamiento en el que debe de funcionar el proceso , en su régimen habitual , para asegurar los objetivos de mejoras. Es importante, que si se tiene ya la solución del problema, confirmar la misma a través de una corrida larga, que nos permita que el proceso esté dando los resultados en forma consistente.

- (5) La quinta y última fase, el “control”, que consiste en diseñar y documentar los controles, basados en el autocontrol, en mecanismo a pruebas de errores, y también, el uso del “control estadísticos de proceso”, necesarios para asegurar lo conseguido mediante el proyecto “seis sigma” se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios y el equipo debe de prestar al proceso la atención que ha prestado durante el proyecto.

I.4 HERRAMIENTAS DE APLICACIÓN EN SEIS SIGMAS

Las herramientas de calidad conocidas y estructuradas en la metodología “Seis Sigmas” tendremos:

- (1) Mapeo de Procesos;
- (2) Estructura de árbol;
- (3) Análisis de Pareto;
- (4) Gage RxR;
- (5) Sub-grupos Racionales;
- (6) Proceso de Línea Base;
- (7) Análisis de Tolerancia;
- (8) Búsqueda de Componentes;
- (9) Prueba de Hipótesis;
- (10) Análisis de Regresión ;
- (11) Diseño de Experimentos (DOE);
- (12) Control Estadístico de Proceso (CEP)

Hay otras herramientas de niveles más avanzados tales como:

- (1) Optimización Estadísticos de Procesos ;
- (2) Análisis de Cordilleras;
- (3) Superficies de Respuestas;

Que nos permitirá soluciones óptimas en regiones ó áreas de respuestas.