

CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**MEJORA AL SISTEMA DE BALANCEO DE
LAVADORAS AUTOMÁTICAS**

POR

ING. NORA HILDA LINARES MARTÍNEZ

TESIS

**MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON ESPECIALIDAD
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE MANUFACTURA**

SALTILLO, COAHUILA, A 20 DE NOVIEMBRE DEL 2009

Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.

Gerencia de Desarrollo Humano

División de Estudios de Postgrado

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial recomendamos que la Tesis **“MEJORA AL SISTEMA DE BALACEO EN LAVADORAS AUTOMÁTICAS”**, realizada por el alumno(a) **Nora Hilda Linares Martínez**, matrícula 026IM3038 sea aceptada para su defensa como Maestro en Ciencia y Tecnología con Especialidad en **Ingeniería Industrial y de Manufactura**.

El Comité Tutorial



Tutor Académico
Director de Tesis
Dr. Felipe Arturo Reyes Valdés

Tutor en Planta
M. C. Gilberto Martínez Lugo



Asesor
Dr. Pedro Pérez Villanueva



Vo.Bo.
M.C. Claudia A. González Rodríguez
COMMSA

Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.

Gerencia de Desarrollo Humano

División de Estudios de Postgrado

Los abajo firmantes, miembros del Jurado del Examen de Grado del alumno(a) Nora Hilda Linares Martínez, una vez leída y revisada la Tesis titulada “**MEJORA AL SISTEMA DE BALANCEO EN LAVADORAS AUTOMÁTICAS**”, aceptamos que la referida tesis revisada y corregida sea presentada por el alumno para aspirar al grado de Maestro en Ciencia y Tecnología con Especialidad en Ingeniería Industrial y de Manufactura durante el Examen de Grado correspondiente.

Y para que así conste firmamos la presente a los veinte días del mes de Noviembre del año dos mil nueve.



Dr. Jöns Sánchez Aguilar

Presidente



Dr. Mauricio Alberto Garza Castañón

Secretario



Dr. Luis Martín Torres Treviño

Vocal



Dr. Felipe Arturo Reyes Valdés

Vocal



Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos

Vocal



RESUMEN

Esta tesis muestra como se puede mejorar un proceso productivo por medio de la integración de las herramientas de Seis Sigma y de las técnicas electroquímicas, conocidas como Curvas de Polarización. Ambas metodologías han sido probadas exitosamente, en diferentes campos de acción alrededor del mundo.

Con la aplicación de curvas de polarización, se evalúa la solución que se utiliza en el llenado de los aros de balance para eliminar el desbalanceo de las lavadoras automáticas.

Esta investigación se llevó a cabo en un caso real en una empresa mexicana, perteneciente al ramo de la industria metal-mecánica, líder en la producción de electrodomésticos, ubicada en la ciudad de Saltillo, Coahuila. Los resultados obtenidos durante el desarrollo y aplicación de esta metodología permitieron identificar y controlar las variables que provocan el desbalanceo de las lavadoras automáticas. Como parte complementaria del estudio se buscó identificar y eliminar las causas que provocan una apariencia de corrosión en una de sus partes denominada “canasta de acero inoxidable”, esta pieza se llenaba con cloruro de calcio. En la investigación se analizan y validan los resultados, proponiéndose un nuevo proceso de fabricación del aro de balance de las lavadoras.

Para el desarrollo del estudio se aplicaron métodos de control estadísticos, diagramas de árbol, diseños de experimentos, gráficas de paretos, gráficas de factorial fraccionado, gráficas de interacción y de cubos; así como pruebas de laboratorio, donde se validaban las propuestas. También se desarrollaron prototipos para corroborar los resultados experimentales, mediante las curvas de polarización.

Se busca al final de la investigación mejorar el balanceo de las lavadoras y eliminar los efectos aparentes de la corrosión los cuales provoca grandes pérdidas económicas a la compañía y un desprestigio por la mala calidad aparente en los productos.



Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología



*A mi hija Carol por su cariño y comprensión
sin límites a lo largo de mi formación.*



AGRADECIMIENTOS

Como todo trabajo de investigación, el presente es el resultado del esfuerzo y colaboración de un gran número de personas. Aunque siempre es difícil agradecer a todos y cada una de las personas involucradas, quiero comenzar por la disponibilidad de mi familia, iniciando por mi esposo Víctor Villaseñor Torres y mi hija Carol Villaseñor Linares, por su paciencia en este periodo de su vida tan demandante de atención; a mi mami, Bernarda Martínez Ledesma por su apoyo incondicional y su impulso para que siga adelante, a mi papi Juventino Linares Flores (t) que aunque ya no está conmigo siempre estaba orgulloso de mis logros y eso me impulsaba a seguir adelante. A mis hermanos Elías, Jorge, Cheli y Came que siempre de una u otra manera me han apoyado.

A mis amigos Marty Aguilar, Maricela Hernández, Rodolfo Ramos y Carlos Dávalos que siempre me motivaban e impulsaban para seguir adelante.

En el plano académico, agradezco a mi tutor el Dr. Felipe Arturo Reyes Valdés por su ayuda y consejos a lo largo de estos 2 años de mi formación como Maestro en Ciencias. También agradezco enormemente al Dr. Pedro Pérez Villanueva, ya que él siempre me brindo su apoyo incondicional y me retroalimentó para formarme y alcanzar el objetivo de concluir este trabajo.

Debido a mi enfoque práctico, sus pacientes asesorías me ayudaron a enfocar la investigación de manera más clara y objetiva bajo un marco de rigor científico.

Del mismo modo, quiero agradecer a la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. por la oportunidad de conocer tanto a profesores como al Dr. Pedro Pérez Villanueva y al Dr. Manuel Román Piña, además de otros alumnos igualmente motivados por la búsqueda de soluciones innovadoras a problemas de la industria mexicana. Pienso sobre todo en mis compañeros y amigos Adriana Borrego, Indira Escamilla, Johana Gamez, David González, Rolando Praga, Ignacio Dávila, Bernardo González, con quienes compartí grandes momentos de incertidumbre ante los



Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología



desafiantes retos que nuestra formación nos ofrecía. Su capacidad, entusiasmo, compañerismo y continuo apoyo, me ayudaron a sortear momentos difíciles.

Otro soporte decisivo para poder hacer esta entrega lo es mi asesor en planta, MC. Gilberto Martínez Lugo, quien además de información y soporte, me brindó tiempo, recurso muy valioso en el entorno laboral, lo que me permitió tomar clases o prácticas en horarios asignados al trabajo. Un último, pero no menos importante, sentido agradecimiento para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ya que gracias a su generosa aportación para cumplir satisfactoriamente este paso de mi vida y en mi desarrollo profesional.



INDICE

Resumen.....	06
Agradecimientos.....	08
Índice.....	10
Lista de figuras.....	12
Lista de tablas.....	13
Lista de gráficas.....	13
I . Introducción.....	15
1.1. Motivación.....	15
1.1.1 Antecedentes de la empresa.....	16
1.1.2 Componentes de la empresa.....	16
1.1.2.1 Análisis anatómico.....	16
1.1.2.2 Descripción y función de las principales partes que intervienen en el desbalanceo.....	18
1.1.2.3 Análisis anatómico.....	19
1.2 Definición del problema.....	20
1.3 Hipótesis.....	23
1.4 Objetivo General.....	23
1.5 Objetivos específicos.....	23
1.6 Impactos.....	23
1.7 Alcance y limitaciones de la investigaciones.....	24
1.8 Contribución industrial.....	25
1.9 Organización del documento.....	25
1. 10 Publicaciones realizadas.....	26
II. Antecedentes.....	27
2.1. Mejoras características dinámicas de un aro de balance.....	27
2.2. Antecedentes del Centro de investigación y proyectos de Querétaro.....	27
2.3.Fuerza y equilibrio generada por un líquido balanceador	30
2.4.Análisis dinámico y diseño de sistemas.....	31
2.5.Compensación automática de fuerzas dinámicas de un rotor tipo Stodola.....	31



Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología



Green.....	
2.6.Diseño por seis sigma y TRIZ en el desarrollo del software y tecnologías de información.....	31
2.7.Curvas de polarización.....	37
I II. Metodología.....	41
3.1. Definición del problema	44
3.2. Medición.....	44
3.3. Análisis.....	45
3.4. Diseñar.....	45
3.5. Optimizar y/o mejorar	46
3.6. Aplicar curvas de polarización.....	47
3.7. Verificación.....	47
3.5. Conclusiones.....	48
I V. Resultados.....	49
4.1. Definición del problema	50
4.2. Medición.....	52
4.3. Análisis.....	53
4.4. Diseñar.....	54
4.4.1. Resultados de análisis adicionales para reforzar el DOE.....	57
4.4.2. Resultados de análisis de los laboratorios.....	65
4.5. Optimizar y/o mejorar.....	77
4.6. Aplicar curvas de polarización.....	79
4.6.1. Primera parte de la experimentación.....	79
4.6.2. Segunda parte de la experimentación.....	81
4.6.3. Presentación y discusión de los resultados.....	82
4.6.4. Conclusiones.....	85
4.7. Verificación.....	86
V. Conclusiones y trabajos futuros.....	88
5.1.Conclusiones.....	88
5.2.Trabajos futuros.....	89
5.3. Aportaciones.....	89



5.3.1. Impactos tecnológicos.....	90
5.3.1. Impactos económicos.....	90
5.3.1. Impactos sociales.....	90
VI. Bibliografía.....	91
VII. Apéndice.....	93

LISTA DE FIGURAS

1. Artículos que se fabrican en Mabe Lavadoras Saltillo.....	17
2. Componentes del sistema interno de la lavadora.....	20
3. Diagrama del proceso DMADOV.....	35
4. Esquema del potensioestado.....	38
5. Diagrama de flujo DMADOV.....	42
6. Diagrama de árbol.....	50
7. Componentes principales del sistema de balanceo de la lavadora.....	51
8. Canasta de acero inoxidable.....	58
9. Resultados del laboratorio.....	59
10. Comparativo de canasta de acero inoxidable con Cloruro de Calcio vs Cloruro de Sodio.....	60
11. Montaje final de la probeta.....	72
12. Montaje del equipo durante las pruebas del potensioestado.....	73
13. Curva de polarización de acero inoxidable en solución de Cloruro de Sodio a 37°.....	75
14. Curva de polarización de acero inoxidable en solución de Cloruro de Calcio a 37°.....	76
15. Gráfica comparativa de soluciones.....	77



LISTA DE TABLAS

1. Reporte "Stop the Call".....	21
2. Reporte de producción.....	22
3. Reporte de auditoría del producto.....	22
4. Niveles sigma (Z).....	36
5. Datos del diseño de experimentos.....	51
6. Diagrama de árbol.....	50
7. Diseño de experimentos de variables que provocan el desbalanceo.....	54
8. Factorial fraccionado.....	54
9. Diferentes soluciones de llenado de aro de balance que existen en el mercado.....	57
10. Condiciones del equipo.....	74

LISTA DE GRAFICAS

1. Gráfica de pareto.....	55
2. Gráfica de interacciones.....	56
3. Gráfica de cubos.....	57
4. Box plot de lavadoras de 9 Kgs.....	62
5. Box plot de lavadoras de 11 Kgs.....	63
6. Box plot de vibración de lavadoras de 11 Kgs.....	64
7. Box plot de vibración de lavadoras de 11 Kgs con cloruro de sodio.....	65
8. Box plot de vibración de lavadoras de 9 Kgs con cloruro de sodio.....	66
9. Box plot de lavadoras de 13 Kgs con canasta de acero inoxidable.....	67
10. Box plot de lavadoras de 9 Kgs con canasta plástica.....	68
11. Corrida de confirmación.....	69
12. Hazard plot de la mejora implementada.....	79



I. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

Desde la Revolución Industrial, el mundo ha sido testigo de un incremento en el tamaño y la complejidad de las Organizaciones. Los antiguos talleres artesanales se convirtieron en las actuales corporaciones de miles de millones de dólares. De acuerdo a James Womack, [Womack, J. 2005] una parte fundamental en este cambio revolucionario fue el gran aumento en la división del trabajo y la separación de las responsabilidades administrativas en estas organizaciones, creando así, especialistas de funciones.

Hoy en día la industria manufacturera se caracteriza por lo siguiente:

Los clientes demandan una gran variedad en los productos y esto provoca que las empresas se vean obligadas a mejorar sus procesos, para poder reaccionar ante esta demanda y poder seguir compitiendo en el mercado.

De lo anterior, podría surgir la pregunta del ¿por qué está sucediendo?, y algunas respuestas serían las siguientes:

Porque se vive en un mercado de productos a bajo costo ofertados u ofrecidos aisladamente y porque en la actualidad, el consumo y la producción en masa, han dejado de ser la forma en que se hacen negocios.

Por otro lado, nace la pregunta de ¿qué es lo que realmente quiere el cliente, en un producto?, y algunas respuestas se mencionan a continuación:

Costos bajos y un buen funcionamiento para un producto adquirido, desempeño suficiente para el trabajo realizado y calidad perfecta.

Esto implica que los cambiantes ciclos de vida de los productos, el incremento en mezcla de estos y el continuo aumento en las expectativas de los clientes están redefiniendo la competitividad en los mercados mundiales. Las órdenes de los clientes ocurren con mayor frecuencia, en lotes más pequeños y con mayor variedad –todos requeridos en menor tiempo-. Es por eso que las compañías deben diseñar sistemas de manufactura con la flexibilidad para responder a estos cambios de tal forma que



aseguren calidad superior, responder rápidamente y costos competitivos. [Irizarry, W. y T. 2000].

En un mundo globalizado, no existen fronteras que eviten que cualquier compañía venda sus productos a diversos clientes alrededor del mundo, sin importar la distancia física que los separa uno del otro; debido a esto, cada día las compañías luchan por ser más competitivas, para lo cual se enfocan en incrementar su productividad, entendiendo por productividad, lo siguiente:

Producir lo mismo, usando menos recursos.

Producir más, usando los mismos recursos.

Producir más, usando menos recursos.

[Womack, J. 2005]

1.1.1 Antecedentes de la empresa

En Mabe Lavadoras Saltillo, se cuenta con una filosofía de trabajo de mejora continua, esto da pie a que siempre se esté en busca de mejoras en los procesos productivos y administrativos. Además se cuenta con el uso de herramientas de Seis Sigma, la cual es usada cotidianamente por los trabajadores de la Planta en sus distintas actividades cotidianas.

Dicha empresa fabricante de electrodomésticos donde se desarrolló la investigación hace un esfuerzo constante por mejorar sus objetivos como calidad, costos, oportunidad y productividad de cada uno de sus productos, se ve obligado a estar siempre a la vanguardia en las innovaciones tecnológicas que la lleven a lograr sus metas.

Actualmente se producen 687 000 000 unidades anuales entre los diferentes productos que se fabrican en la planta de lavadoras Saltillo, dichos artículos son Lavadoras y secadoras, para el año siguiente se está desarrollando un nuevo producto de centros de lavado, que se producirán 87 000 unidades adicionales y para el dos mil once se producirán lavadoras de carga frontal, proyectos en los que se desarrollará esta metodología ya que se estarán evaluando nuevos componentes y líquidos.



Se anexan los productos que se fabrican actualmente en la empresa figura 1.



Figura 1: Artículos que se fabrican en Mabe Saltillo

1.1.2 Componentes de la Lavadora

1.1.2.1 Análisis Anatómico

La lavadora está formada por un tambor en el cual se introduce la ropa y gira mediante una conexión a un motor, en ocasiones directamente y otras mediante una correa y poleas. Tiene ciertos conductos por donde el agua corre pasando por diversos cambios de temperatura, mezcla de detergentes, etc.

El conjunto de motor, tambor y eje se encuentra dentro de una carcasa que es lo que se puede ver desde el exterior. Esta carcasa dispone de un acceso para la ropa que puede estar situado frontalmente o en la parte superior, el primer caso es más normal debido a que es más fácil realizar el acoplamiento entre el tambor y el motor en esta posición.



1.1.2.2 Descripción y función de las principales partes que intervienen en el desbalanceo

Motor eléctrico:

Puede estar situado en la parte inferior de la caja, o bien centrado en la parte trasera.

El motor recibe energía eléctrica por una entrada de corriente gobernada por un conmutador que proviene de un enchufe y es regido por el microprocesador. Transmite movimiento al tambor para que este gire.

Tambor o Canasta:

Es aquí donde se introduce la ropa. Es un cilindro de metal con numerosos agujeros para que fluya el agua, muy pequeños para evitar que la ropa se salga por ellos. Es totalmente hueco. En realidad no es cilíndrico ya que de base a base tiene triángulos rebajados en sus puntas para que la ropa gire mejor con el tambor, haciendo posible la mezcla entre la ropa, el agua y el detergente.

En las lavadoras de carga frontal, le falta una de sus bases al cilindro ya que es colocada la puerta. En las de carga superior, el cilindro tiene una apertura que se puede abrir y cerrar con ayuda de unas pequeñas bisagras. El tambor esta unido con poleas que atraviesan una cubeta y que conectan con el motor mediante una correa o directamente.

Cubeta o Tina:

Es un cilindro que rodea al tambor y está perforado igual que éste, según el tipo de carga de la lavadora. Lógicamente es de mayor tamaño que el tambor, protegiéndolo y sosteniéndolo haciendo posibles los cambios de agua y de temperatura.

Amortiguadores o varillas:

Son unos muelles que soportan el peso de la cubeta y el tambor. Permiten reducir el sonido, el movimiento o balanceo de la lavadora. y amortiguan las vibraciones del mismo.



1.2.2.3 Análisis funcional

El principio de funcionamiento de cualquier lavadora es el giro que se provoca sobre un recipiente, normalmente cilíndrico, dentro del cual se mezcla agua, detergente y ropa sucia. Este movimiento provocará a la vez la mezcla del detergente con la suciedad y el movimiento relativo entre el agua y la ropa, con lo que se desarrolla el proceso de limpieza.

El movimiento es provocado por un motor eléctrico que está unido mediante un eje al tambor. En las lavadoras automáticas hay un programador que permite que la lavadora realice distintos procesos de lavado según se seleccione, con distintas velocidades de giro, tiempos que permanece girando o temperatura deseada.

En los modelos más comunes de lavadora automática, el programador es un dispositivo electromagnético de forma cilíndrica que tiene una serie de posiciones señaladas.

Cuando seleccionamos un programa, el mando comienza a girar dependiendo de las señales que recibe de una serie de sensores, como pueden ser los de control de temperatura o nivel de agua.

Conforme se produce este giro una serie de contactos se van activando en el programador, el motor de la lavadora, las válvulas de entrada y salida del agua, a partir de estos contactos y las señales que mandan los sensores anteriormente citados se desarrollan los programas de lavado.

En los últimos modelos, estos dispositivos electromagnéticos se sustituyen por un microprocesador que controla todo el proceso y por sensores electrónicos más seguros y fiables que los electromecánicos.



En la figura 2 se muestran los principales componentes que intervienen en el desbalanceo.

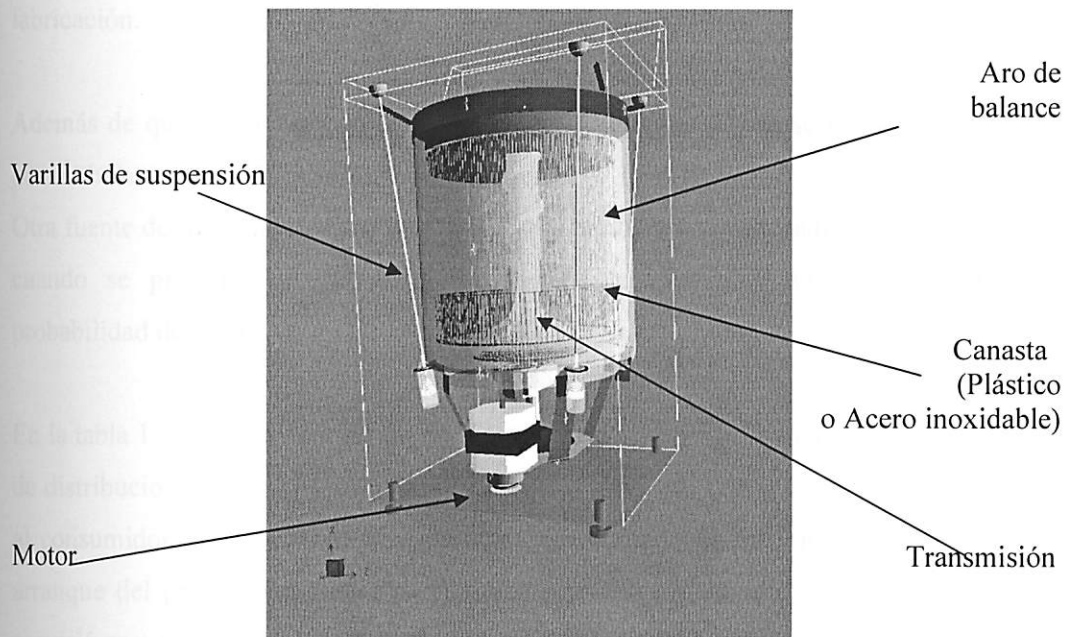


Figura 2: Componentes del sistema interno de la lavadora

1.2 Definición del problema

Actualmente en las lavadoras se percibe un desbalanceo, este se presenta en el momento que el aparato esta en el ciclo de centrifugado. Se presenta de dos formas diferentes, el primero es un desbalanceo y el segundo es vibración; además de que en el interior de la canasta de acero inoxidable se percibe una aparente corrosión; el cliente reporta estas fallas al departamento de servicio por garantías en campo.

En la empresa se manejan indicadores de SCR (Service Call Rate); dicho indicador muestra el comportamiento de llamadas de servicio que se tienen en campo; este es el total de quejas de los clientes finales que se atienden en planta.



También se maneja el CMI; que es el total de llamadas de lavadoras expuestas en el primer año, después de su fabricación.

Y el MWR es el total de llamadas lavadoras expuestas en los primeros seis meses de fabricación.

Además de que se cuenta con los Laboratorios de planta donde se reportan problemas por desbalanceo (FRACAS); así como el área de ALFI (ROJOS).

Otra fuente de información son los CDR, estos también son generadores de información cuando se presenta un problema y se hace la rastreabilidad del producto con probabilidad de falla.

En la tabla 1, se anexa, reporte de un "Stop the Call"; que se llevo a cabo en los Centros de distribución de la empresa para evitar que el producto con posible problema llegara al consumidor; dicho evento tuvo un costo aproximado de 500 000 pesos, este fue al arranque del proyecto y duró aproximadamente dos meses, que fue el tiempo que se requirió para parar la distribución y corregir el problema de desbalanceo o vibración; así como la aparente corrosión de las canastas.

Reporte de Producto con posibles fallas en los CDR'S

CDR	Inventario Total	Liberado	A regresar	Por revisar	Observaciones
Mexico (Tlanepantla)	4036	2480	366	1190	Se estima terminar el 100% de la revisión mañana sábado 21 de octubre
Mexico (Cauatla)	2279	1441	128	710	Este CDR se termina de inspeccionar al 100%, hoy 20 de octubre
Guadalajara	1366	941	425	0	100% liberado; la gente se movio al CDR de Cauatla
Monterrey	4088	1899	1593	596	Este CDR se termina de inspeccionar al 100%, hoy 20 de octubre
Saltillo	535	392	75	68	Este CDR se termina de inspeccionar al 100%, hoy 20 de octubre
Total	12304	7153	2587	2564	

Tabla 1: Reporte de Llamadas de servicio

Debido a este reporte que se tuvo de llamadas de servicio, la empresa toma la decisión de detener el producto en los centros de distribución ya que para ella es primero el cliente y siempre busca mantener la calidad y tener costos bajos, así como mejorar la productividad de sus procesos.



Además se realizó un análisis estadístico para predecir el porcentaje de falla esperado por el problema de aparente corrosión. Este incluye el mes de manufactura y ubicación de los centros de distribución. Tabla 2.

Reporte de Producción

MES	Total	Total con grapa	Total sin grapa	% de falla	Riesgo de falla	Observaciones
Agosto	1847	1847			0	
Septiembre	10030	4966	7126	24%	1710	
Octubre	4774	2712			0	
Total	16651	9525	7126	0.24	1710	

Tabla 2: Reporte de Producción

Otro análisis estadístico que se realizó fue el de auditoría del producto en los centros de distribución. Tabla 3.

Resultados de auditoría de producto a CDR's

Localidad	Total auditadas	Total de fallas	% de fallas	Cavidad 3	Cavidad con separador	Posición de falla
Monterrey (1er muestreo)	99	28	28%	28	0	Sin/Patron
Monterrey	545	133	24%	42	0	Sin/Patron
Guadalajara	1365	425	31%	421	4	Sin/Patron
Mexico	715	119	17%	12	0	Sin/Patron
Saltillo	273	54	20%	9	4	Sin/Patron
Total	2997	759	24%	512	8	

Tabla 3: Reporte de auditoria del Producto

El problema presentado se puede observar por el cliente como desbalanceo al momento que la lavadora esta centrifugando; otra de las percepciones visuales es vibración y la aparente corrosión; este efecto también se detecta en el mismo ciclo.



1.3 Hipótesis.

Mediante la aplicación de la herramienta DMADOV y el uso de las técnicas electroquímicas conocidas como las curvas de polarización, se logrará mejorar el sistema de balanceo y evitar la corrosión aparente de la canasta de acero inoxidable y por consecuencia disminuir la vibración del equipo.

Ho. Balanceo y vibración es igual o menor a la actual

Ha. Balanceo y vibración mayor a la actual

Ho. No debe existir corrosión

Ha. Existe corrosión

1.4 Objetivo general

Mejorar el balanceo mecánico y la vibración en las lavadoras automáticas, así como la aparente corrosión de las canastas de acero inoxidable, por medio de la aplicación de la metodología de Seis Sigma mediante la implementación de la herramienta DMADOV y el uso de las técnicas electroquímicas conocidas como las curvas de polarización, manteniendo en óptimas condiciones las demás variables; así como las instalaciones de nuestra empresa, equipos de prueba y mantener la satisfacción del cliente.

1.5 Objetivos específicos

Seleccionar la o las variables más significativas del desbalanceo o vibración.

Definir la variable a tomar como piloto.

Asegurar la combinación de materiales sin afectar la calidad de otros componentes.

1.6 Impactos

Algunos de los resultados que se pudieron alcanzar en la investigación, tuvieron impactos científicos, económicos y sociales, como los que a continuación se describen:



Impactos científico

Con el desarrollo de la presente investigación se pudo encontrar y validar la variable de mayor significancia como principal contribuidora del desbalance mecánico en las lavadoras.

Dentro del constante cambio y la innovación de nuestra empresa se incluye este tipo de análisis para conocer el comportamiento que tendremos al interactuar nuestros diferentes componentes y evitar algún posible problema.

Impacto Económico

Se reducirán las llamadas de SCR (Service Call Rate).

Se mejorarán los tiempos de implementación de proyectos.

Se mejorarán los tiempos de entrega de los productos.

Se mejorará la calidad de los productos.

La satisfacción de los clientes se incrementará y con ello mejoran las ventas.

Impacto Social

Se espera fomentar la cultura de la mejora continua y disminuir o eliminar oportunidades de error en la implementación de proyecto.

1.7 Alcance y limitaciones de la investigación

Alcance:

Eliminar el 80% las llamadas de SCR.

Limitaciones:

Esta investigación solo contempla el identificar y controlar el elemento dentro del sistema de balance con el fin de eliminar el desbalanceo y la vibración; así como la aparente corrosión de la canasta.



1.8 Contribución Industrial

Se espera que esta investigación sea útil a Mabe México S. de R. L. de C. V. empresa en donde se recibió todo el apoyo para el desarrollo, experimentación e implementación de esta metodología, cooperando al cumplimiento de los objetivos, y pueda ser llevado a cabo en otros procesos y empresas de la organización manteniendo los altos niveles de calidad y productividad que se reflejarán en mayor participación y posicionamiento del mercado.

Por medio de esta metodología se mejorará la calidad de los proyectos, implementándose en tiempo y reduciendo los niveles de riesgo al realizar mejoras en cualquiera de sus componentes; así como evaluar el comportamiento de la combinación de cualquier líquido al interactuar con otros materiales.

Contribuir al desarrollo científico y tecnológico del país.

1.9 Organización del Documento

Este documento se encuentra organizado por capítulos, en el primer capítulo se aborda una introducción a la infraestructura necesaria en donde se desarrolló esta tesis, se muestra en forma general la propuesta que se planteó para solucionarla, se describen los objetivos y alcances de la investigación.

En el segundo capítulo de la tesis se hace una revisión bibliográfica de los antecedentes de la aplicación de solución a problemas de desbalanceo mecánicos o vibración, así como el análisis por medio de las curvas de polarización para conocer el comportamiento de cualquier líquido al interactuar con otros componentes.

En el tercer capítulo se explicará la metodología que se desarrolló, analizó, implementó y validó.

El cuarto capítulo se explica a detalle la experimentación efectuada, los resultados generados y como fue el comportamiento de los datos; así como la aplicación del análisis de curvas de polarización. Por último en el quinto capítulo se muestra el resumen de los resultados, conclusiones y trabajos futuros.



1.10 Publicaciones realizadas

Se llevó a cabo la participación en La Segunda Conferencia Internacional en Ingeniería Industrial, Mecatrónica y Manufactura 2008, su término en Inglés (“Second International Conference on Industrial, Mechatronics and Manufacturing Engineering) 2008”; dicho evento fue en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, del 23 al 25 de octubre del 2008.

Se presentó el artículo “Mejora del sistema de balanceo en lavadoras automáticas aplicando la metodología diseño para seis sigma (DMADOV)”); su término en Inglés “Improvement in Automatic Washing Machine Balance System applying the design of the Six Sigma Methodology (DMADOV)”.



II. ANTECEDENTES

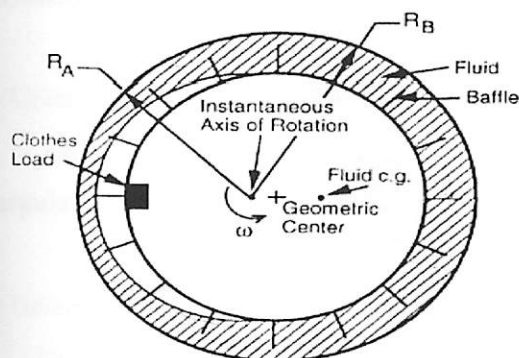
2.1 Mejores características dinámicas de un aro de balance

[Renshaw, T.; Dynamic balance ring modeling using DADS; GE 90 Ls Masher Program, Suspension Design Review. 4 de Enero 1994]

El científico Renshaw, T. en enero de 1994 propone que mediante la fórmula anexa se validarán los líquidos, donde se espera que se dé una velocidad específica después de varias aceleraciones centrífugas que pueda ayudar a mantener uniformes las velocidades.

Se anexa fórmula:

$$mR_B\omega^2 > mR_A\omega^2$$



2.2 Antecedentes del Centro de Investigación de Tecnología y proyectos de la Ciudad de Querétaro.

Se identifican patentes donde se hacen diferentes propuestas para mejorar el desbalanceo o la vibración en las lavadoras. Se anexan algunas de ellas:

- United States Patent US 5, 735, 006 Apr 7, 1998.



La transmisión está integrada por un aro de balance con configuración de varias cámaras parcialmente llenas de líquido para balancear.

- United States Patent US 5,562,553 Jun26, 1999.

Utiliza control de velocidad para reducir amplitudes causados por desbalanceo. Permite a las esferas de acero colocarse aproximadamente a 180° con respecto a la carga desbalanceada controlando el giro de canasta a baja velocidad, una vez alcanzado esta posición opuesta al desbalanceo entonces aumenta el giro a la velocidad deseada.

- United States Patent US6, 158, 257 B1 Dec12, 2000.

Utiliza dos aros de balance, uno en cada extremo de la canasta de eje horizontal, logrando el balance comunicando el líquido de un aro a otro a través de unos tubos.

- United States Patent US 6, 129, 768 Oct 10, 2000.

Un aro de balance que auto ajusta la transferencia de líquido para reducir el desbalanceo.

- United States Patent US 6,644, 278 B1 Sep 3, 2002.

Un mecanismo de esferas de acero que corren a lo largo de un carril encerrado angularmente por una cavidad.

- United States Patent US 6,389,628 B1 May21,2002.

Un aro de balance que utiliza agua del llenado de ciclo de lavado para oponerse a la posición de la carga de desbalanceo; y que girando a velocidades mayores a la crítica drena hasta la mitad del contenido del agua por orificios superiores e inferiores del mismo aro.

- United States Patent US 6, 647, 575 B2 Nov, 18, 2003.

Se establece una ecuación de fuerza de esferas de acero dentro de un aro de balance, en relación a su excentricidad y además de otros factores descritos.

- United States Patent US 6, 658 ,902, B2 Dec, 9, 2003.



Un aro de balance dividido en dos cámaras anulares, de los cuáles uno está parcialmente lleno con líquido y ejerce un balaceo inicial al iniciar centrifugado, seguido de un balanceo generado por la segunda cámara que se encuentra parcialmente llena de líquido y esferas de acero.

- Análisis Dinámico y Diseño de Sistemas (DADS).

Dynamic balance ring modeling using DADS.

Software de programa de computadora que puede ser usado en un modelo y predice la dinámica mecánica del sistema.

La Posición, la velocidad y la aceleración de las diferentes variables de la lavadora serán posibles de calcular con mejores resultados.

- Problema de desbalanceo en lavadoras resuelto por Ltd (Washing Products Division).

Se plantean 16 ecuaciones en dos dimensiones para comprender el funcionamiento del aro de balance.

Una de las conclusiones es que al tener dos aros de balance se reducen vibraciones que con sólo un aro.

- Documentación de General Electric en Louisville, Kentucky.

Entre 3 y 4Hz (180-240rpm's) de velocidad de canasta, el perfil del líquido dentro del aro de balance es cercano al obtenido en velocidad final de centrifugado.

- Comparación de posiciones de líquido vs tiempo vs baffle (Investigó General Electric).

En aprox. 0.5s, el líquido logra su posición final sin líquido (sin considerar desbalanceo).

El baffle retrasa la ubicación del líquido, y genera su incremento gradual de velocidad dentro del aro.

- Aproximación analítica de centro de gravedad del líquido (Investigación de General Electric).



Se encuentra una relación analítica-experimental entre velocidad final, baffles y posición del Centro de Gravedad del fluido.

Por otro lado Samsung tiene una referencia en el libro MSC/NASTRAN V70 sobre simulación dinámica.

2.3 Fuerza de equilibrio generada por un líquido balanceador.

Mitsubishi, M., Nagao, Y., Chang, S., Chang, K.; Washing machine dehydration dynamics analysis; Samsung Electronics Co. LTD.

Los científicos Mitsubishi, M., Nagao, Y., Chang, S., Chang, K.; proponen que el aro de balance es un diseño especial que esta lleno de líquido y se encuentra en el diámetro superior de la canasta. Este es un diseño donde el líquido equilibrará la fuerza centrífuga, eliminando el desbalanceo.

La fuerza del líquido es expresada por la siguiente ecuación:

Donde:

$$F_b = \pi h \rho r_o^2 x \omega^2$$

h = Altura de llenado del aro

ρ = Volumen de densidad del líquido, Kg./m

r_o = Radio externo del aro de balance

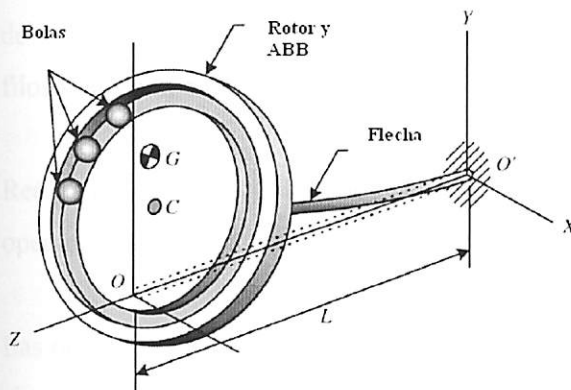
x = Radio externo del aro de balance. Distancia entre el centro de vibración y el centro geométrico del aro, m

ω = Angulo de velocidad de la canasta en el centrifugado



2.4 Compensación automática de fuerzas dinámicas en un rotor tipo Stodola-Green.

El desbalanceo es la distribución irregular de las masas de un cuerpo respecto al centro geométrico de rotación, dando como resultado la descompensación de masas que al girar con cierta aceleración originan fuerzas excitadoras radiales que causan desgaste, vibración, componentes doblados o rotos y componentes excéntricos.



2.5 Diseño por seis sigma y TRIZ en el desarrollo de Software y Tecnologías de información. (Cuauhtémoc Lemus) 2003.

Generalmente se presentan un sin número de metodologías y herramientas que intentan mejorar la calidad de un producto, se escuchan términos como calidad, valor agregado, cliente, etc., que intentan presentar “una mejor forma de de hacer las cosas”, de hacerlas “bien y a la primera”. Gran parte del éxito o del fracaso del uso de estas herramientas y metodologías dependen del buen entendimiento y comprensión de los fundamentos y conceptos de tenga la persona o grupo de trabajo responsables de su implementación.

Al obviar dichos conocimientos en conjunto con la falta de contextualización de estas herramientas o metodologías al entorno social, económico, cultural de una empresa.

La tendencia, por lo general, resulta en aplicarlas como una “receta de cocina” esperando que funcionen con el mismo grado de éxito con el que se ha reportado en la literatura. Tal es el caso de las metodologías Seis Sigma, Diseño por Seis Sigma y TRIZ



Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología



cuyo concepto fundamental radica en el enfoque de procesos y las propiedades inherentes y propias de procesos como lo son su definición, evaluación, medición y control.

Generalidades de SS, DFSS, TRIZ y su aplicación en Software.

A mediados de la década de los 80's, Motorola con el principal objetivo de reducir los costos de la calidad en sus procesos aplicó la Metodología de Seis Sigma utilizando un conjunto de herramientas y técnicas estadísticas, las cuales se han estado perfeccionando durante la última década, consolidándose en una metodología incluyente de aspectos no tan solo estadísticos, sino también de estrategias administrativas, filosofías de operación y desempeño.

Redituando en la mejora de los negocios e incrementando en la eficiencia de todas las operaciones que conocen o sobrepasan las necesidades y expectativas del cliente.

Las organizaciones que han adoptado los principios y conceptos de la metodología seis sigma han notado que una vez que llegan a cierto nivel de mejora de sus procesos les resulta costoso el ciclo de vida del producto. Si un error o defecto de diseño es detectado durante la etapa de manufactura costará mucho más repararlo, que si se reparara en la etapa de diseño.

Para lo cual la metodología "Diseño por seis sigma" fue creada con el objetivo de reducir el número de cambios de diseño, tiempo de comercialización de los productos, costos del ciclo de vida asociados basándose primordialmente en el entendimiento de las expectativas y prioridades de los clientes. Ambas metodologías han sido aplicadas exitosamente en manufactura, servicios, cadenas de provisión y procesos transaccionales con significativos ahorros y ganancias en términos de eficiencia en dichas industrias.

La metodología diseño por seis sigma se avoca en el diseño de un nuevo producto o servicio tomando lo mejor para reducir el tiempo de entrega y costos de desarrollo e incrementar la efectividad del producto o servicio y así lograr la satisfacción del cliente.



En particular empresas como HP, AT & T, NASA, General Electric, entre otras han utilizado Diseño por Seis Sigma para el diseño de software, ya que de manera similar las compañías manufactureras tienen un diseño orientado al cliente, donde existe una transformación entre las necesidades de estos, el diseño y la solución.

Por lo que una empresa desarrolladora de software tiene la misma necesidad de plasmar los requerimientos del cliente a un diseño para después elaborar el producto correspondiente.

Este proceso es ejecutado en varias fases, comenzando desde lo conceptual donde se concibe, evalúa y selecciona un buen diseño que dé solución a las necesidades del cliente, lo cual en muchas ocasiones no es una tarea fácil y tiene consecuencias relevantes en el producto que se está desarrollando.

Aunado a lo anterior, es de reciente divulgación la aplicación en el área de Ingeniería de software, la metodología de TRIZ, acrónimo ruso para “Teoriya Reshilla Izobretatelskikh Zadatch” y traducido al inglés como Theory of Inventive Problem Solving (TIPS) desarrollada por Genrich Saulovich Altshuller y sus colegas en la ex unión soviética en 1946. TRIZ, al igual que Seis Sigma y Diseño por Seis Sigma, se han aplicado en la mejora de procesos, incrementando la eficiencia y efectividad en la mejora de procesos de entrenamiento de personal en una organización.

TRIZ es principalmente usada en problemas mecánicos o eléctricos y no en la solución de problemas de Software. El software esta llegando a ser la fuente de muchos problemas, entonces TRIZ se ha estado aplicando recientemente para evitar estos problemas, lo cual ha sido exitoso pero de acuerdo a muchos autores aún existen muchas áreas de oportunidad tanto prácticas como de investigación. Los niveles de calidad que Diseño por Seis Sigma proporciona son efectivos pero combinados con TRIZ las posibilidades son significativas.

Esto es, se expande el alcance de oportunidades disponibles para una organización en términos de tecnología, producto y servicios a clientes y mercado. Sin embargo, la



Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología



metodología de seis Sigma/ Diseño por Seis Sigma/ TRIZ es incipiente, y más en nuestro país en sectores tales como Tecnología de Información y Desarrollo de Software, a pesar de la necesidad obvia de mejoras radicales en dichas industrias con respecto a calidad y desempeño.

Seis Sigma.

Es una metodología que provee las técnicas y herramientas para mejorar la capacidad de los procesos y reducir los defectos en cualquier proceso, esta metodología usa la estadística como elementos de “cambiar”, estos elementos estadísticos pueden ser simples, como por ejemplo diagramas de Pareto, diagrama de causa – efecto, promedios, desviaciones, etc., o más avanzados como es ji cuadrada, diseño de experimentos, regresión lineal, varianzas, entre otras. Seis Sigma significa seis desviaciones estándar, (sigma es una letra griega usada para representar la desviación estándar en estadística) de la media. Seis Sigma empezó en Motorola, en su división de manufactura, eventualmente fue aplicada a procesos no manufactureros. Hoy en día se puede aplicar a muchos campos, tales como, servicios, medicina, procedimientos de aseguradoras, centros de servicio telefónico, etc. La metodología Seis Sigma mejora cualquier proceso existente mediante la revisión constante y redefinición del proceso. Para lograrlo, se usa una metodología conocida como DMAIC, por sus siglas (Definir oportunidades, Medir desempeño, Analizar oportunidad, Innovar o mejorar el desempeño, y Controlar el desempeño). También puede ser usada para crear una marca o proceso usando los principios de DFSS, por sus siglas (Diseño para Seis Sigma). Seis Sigma estriba en la perfección, ya que solo permite 3.4 defectos por millón de oportunidades por cada producto o servicio. Los expertos en Seis Sigma evalúan un proceso del negocio y determinan los caminos para mejorar los procesos existentes, de la misma manera podrían diseñar un nuevo proceso usando los principios de DFSS.

Típicamente es más fácil definir un nuevo proceso usando los principios de DFSS, que refinar un proceso existente para reducir los defectos. Seis Sigma mejora el desempeño de los procesos, disminuye la variación y mantiene la calidad de salida de los procesos consistentemente. Esto lleva a la reducción de defectos y mejora en las ganancias, la calidad del producto y la satisfacción del cliente.



Existen varios factores clave en Seis Sigma, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- satisfacción del cliente
- definición de los procesos y definición de las métricas y mediciones de los procesos usando y entendiendo los datos y los sistemas
- definir las metas para la mejora
- desarrollo del equipo e involucramiento de los empleados, la compañía debe involucrar a todos los empleados y todos los miembros del equipo deben tener bien definido un rol con objetivos medibles.

El siguiente diagrama de flujo está enfocado a mostrar el denominado proceso DMADOV que significa definir, medir, analizar, diseñar, optimizar y/o mejorar y verificar) Figura 3.

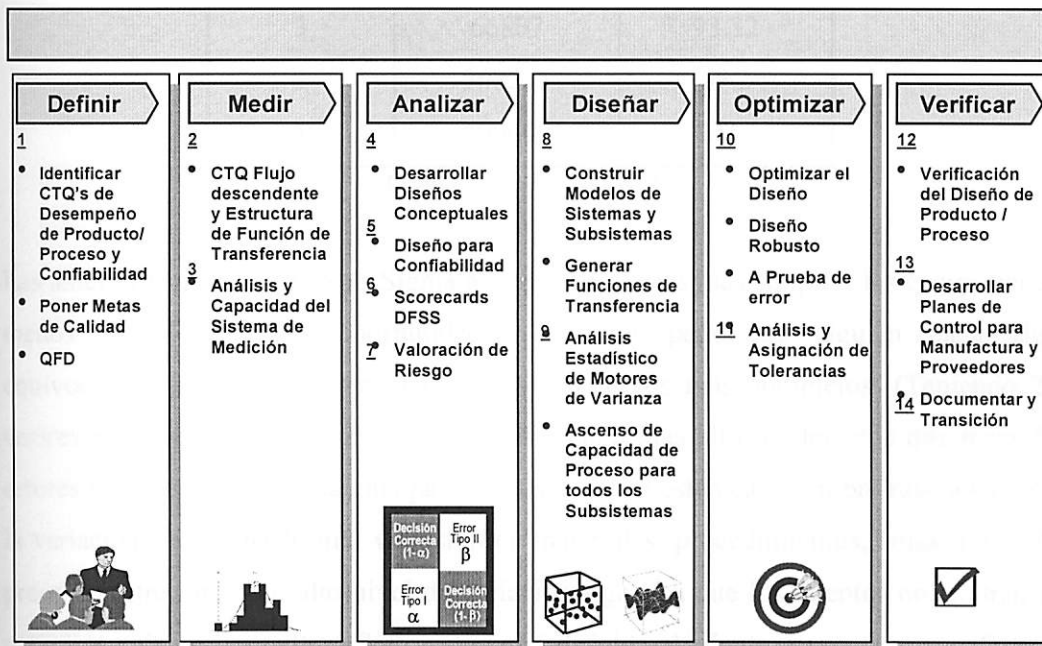


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso DMADOV

Seis Sigma no solo es una metodología de mejora, sino que es:

- Un sistema de manejo para lograr el liderazgo en el negocio y alto desarrollo aplicado al beneficio del negocio y sus clientes, asociados y socios.
- Una medida para definir la capacidad de cualquier proceso.



- Una meta para llegar a mejorar muy cerca de la perfección.

El nivel sigma asociado con Seis Sigma, representa la capacidad de un proceso de negocio, es medido en defectos por millón de oportunidades, también es conocido como nivel de Z, a continuación en la Tabla 4 se explican estos niveles

Nivel Sigma	Defectos por millón de oportunidades	Eficiencia (%)
6	3.4	99.9997
5	233	99.977
4	6210	99.379
3	66807	93.32
2	308537	69.2
1	690000	31

Tabla 4: Niveles sigma (Z).

Las anteriores métricas de Seis Sigma hacen los procesos más simples, los cuales tienen menos pasos y menos oportunidades de error para que alguien haga algo equivocadamente, no son una ventaja sobre procesos más complejos. (Teniendo 20 errores en un proceso de cuatro pasos es un rango más alto de defectos que tener 50 errores en un proceso de cuarenta pasos). Los defectos están casi siempre relacionados a la variación en alguna forma: variación en materiales, procedimientos, condiciones de proceso, entre otros, un alto nivel de variación significa que los clientes no tendrán lo que ellos quieren. La cultura Seis Sigma está dirigida al cliente, su meta es satisfacer a los clientes. Este enfoque al cliente viene a través de los siguientes contribuidores:

1. Voz del cliente: lo que los clientes dicen que ellos quieren.
2. Requerimientos: la entrada es la voz del cliente que es traducida a elementos medibles y específicos.
3. Crítico para la calidad, sus siglas en inglés (CTQ): los requerimientos que son los más importantes para los clientes.



4. Defecto: fallas para entregar un crítico para la calidad; sus siglas en inglés (CTQ) al cliente.
5. Diseño para Seis Sigma: diseñando productos y procesos basados en los requerimientos del cliente.

Con las notas mencionadas podemos concluir que dentro de esta investigación podemos aplicar el sistema DMADOV y las curvas de polarización ya que con la constante evolución y la innovación de nuevos componentes en las empresas de línea blanca, podremos analizar cualquier combinación de materiales y el efecto que se tendrá; este resultado lo podremos obtener rápidamente y conoceremos el efecto; lo que nos llevará a tener una implementación oportuna en costo y calidad, y con ello mejores ganancias y credibilidad con los clientes.

2.6 Curvas de Polarización

Todas las técnicas electroquímicas modernas están basadas prácticamente en el desarrollo de un aparato que se conoce con el nombre de potencióstato. El potencióstato es un instrumento electrónico que permite imponer a una muestra metálica colocada en un medio líquido y conductor, un potencial constante o variable, positivo o negativo, con respecto a un electrodo de referencia. Este electrodo de referencia no forma parte del circuito de electrólisis y, por el mismo, no circula corriente alguna. Su presencia se debe exclusivamente a que sirve de referencia para poner a prueba en todo momento el potencial de la probeta metálica que se está ensayando. Para cerrar el circuito de electrólisis se utiliza un tercer electrodo, por lo general de un material inatacable por el medio en que se realiza la experiencia (platino o grafito, por ejemplo).

En la Figura 4 se representa el esquema de un potencióstato:

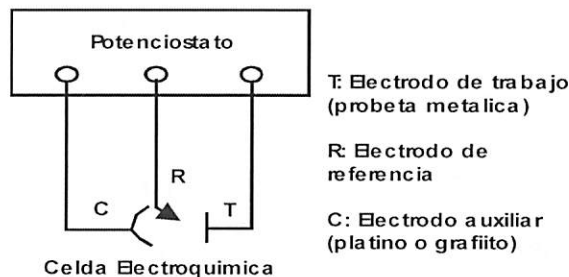


Figura 4 Esquema de un potenciostato. Avila J., 1996.

De una manera sencilla podemos entender el funcionamiento del potenciostato. Tomemos al hierro como metal de prueba. Si una solución (por ejemplo, un ácido mineral) es muy agresiva con el hierro, el ataque del metal producirá un flujo importante de corriente, en forma de iones de hierro cargados positivamente, a la solución. Esta producción de corriente es la responsable del alto potencial negativo de disolución del hierro en un medio agresivo. Se puede entender fácilmente que con la ayuda de una fuente externa de corriente, será posible, tanto acelerar como frenar esta emisión de corriente y, por consiguiente, aumentar o detener la corrosión del hierro por modificación de su potencial.

Si a partir del valor del potencial de corrosión, y mediante la fuente externa de potencial, aumentamos éste en la dirección positiva (anódica), se puede llegar a obtener el llamado diagrama o curva de polarización potencioestática, la cual es de mucha utilidad para prever y predecir el comportamiento de materiales metálicos en condiciones dadas.

Curvas de Polarización.

Las curvas de polarización muestran la interdependencia entre el potencial de electrodo y la intensidad de corriente (relaciones E vs. I). Las curvas de polarización pueden determinarse aplicando una corriente constante y midiendo el potencial, repitiendo este procedimiento para diversos valores de corriente y midiendo en cada caso el nuevo potencial alcanzado.

Otra forma de determinar la relación i - E es aplicando un potencial constante y determinando la forma en que varía la corriente.



La figura 4 presenta las formas posibles que pueden tomar las curvas de polarización anódicas. (E-log i)

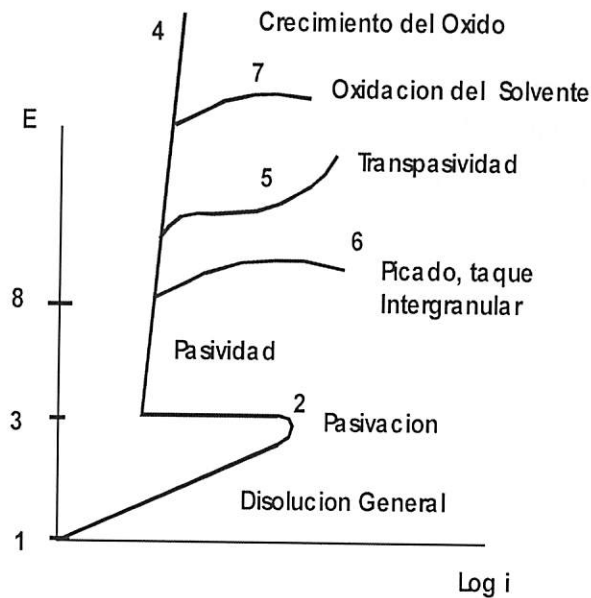


Figura 5 Curva de Polarización. Avila J., 1996.

Si la sobretensión es pequeña se suele observar una relación lineal entre la sobretensión y el logaritmo de la corriente.

En la zona 1-2 se dice que el metal se disuelve en forma activa.

En la zona 2-3 aparece una zona de pasividad (sobre el metal se forma una película muy delgada de óxido que dificulta su disolución). Si la película pasivante es aisladora, al aumentar el potencial el óxido pasivante irá aumentando su espesor sin que se note un aumento importante de la corriente, es la zona 3-4. (por ejemplo: Al, Zr, Te, etc).

Curva 5: cuando la película pasivante está formada por elementos que pueden oxidarse a una valencia mayor y dar productos solubles, se nota también un aumento de la corriente acompañado por disolución del metal. Este fenómeno se conoce como transpasividad, y lo presentan elementos tales como el cromo, o el manganeso, así como las aleaciones de que forman parte.



Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología



CIENCIA Y
TECNOLOGÍA

Curva 6: por encima de cierto potencial cuando hay presentes ciertos iones "agresivos" cloruros, nitratos, bromuros, etc. La película pasivante puede perder estabilidad y se produce un fenómeno de corrosión localizada, el picado y lo presentan metales tales como el hierro, cromo, etc.

Curva 7: Si el óxido pasivante es buen conductor de electrones una vez alcanzado el potencial de desprendimiento de oxígeno, la solución comenzará a descomponerse y se notará aumento en la corriente de corrosión.

Si el potencial se puede mantener entre los valores 3 y 8 la corrosión será despreciable y se dice que hay protección anódica.



III. METODOLOGIA

En este capítulo se describe la metodología que servirá como referencia para el desarrollo de la investigación, dicha metodología es el Diseño para seis sigma con el método DMADOV, es una metodología que provee de las técnicas y herramientas para mejorar la capacidad de los procesos y reducir los defectos en cualquier proceso pero además con la característica de incursionar en el rediseño del producto. Esta metodología usa la estadística como elemento de “lucha”, estos elementos estadísticos pueden ser simples, como diagramas de Ishikawa (diagramas de pescado, o causa y efecto), ANOVAS, etc., u otros más avanzados como Diseños de experimentos, regresión lineal, etc. Además de que integra el uso de las técnicas electroquímicas conocidas como las curvas de polarización, que consiste en técnicas electroquímicas modernas basadas prácticamente en el desarrollo de un aparato que se conoce con el nombre de potencióstato. El potencióstato es un instrumento electrónico que permite imponer a una muestra metálica colocada en un medio líquido y conductor, un potencial constante o variable, positivo o negativo, con respecto a un electrodo de referencia. Este electrodo de referencia no forma parte del circuito de electrólisis y, por el mismo, no circula corriente alguna. Su presencia se debe exclusivamente a que sirve de referencia para poner a prueba en todo momento el potencial de la probeta metálica que se está ensayando. Para cerrar el circuito de electrólisis se utiliza un tercer electrodo, por lo general de un material inatacable por el medio en que se realiza la experiencia (platino o grafito, por ejemplo). Se realiza una validación por medio de curvas de polarización para validar el tiempo a la corrosión de la solución propuesta. (Cloruro de calcio); con esta combinación de herramientas se logrará mejorar el sistema de balanceo y evitar la corrosión aparente de la canasta de acero inoxidable y por consecuencia disminuir la vibración del equipo.

El algoritmo siguiente fue utilizado en la investigación:

Definir las variables críticas del sistema

Medir y analizar el comportamiento de las variables involucradas

Analizar y detectar las variables que más impactan en el problema



Diseñar nuevas alternativas y propuestas de mejora tanto para eliminar el desbalanceo como la corrosión

Optimizar y mejorar el diseño mediante el desarrollo de prototipos

Aplicar las curvas de polarización

Verificar y validar el nuevo diseño

3. En la siguiente

completa

de ellas son

decisiones (R)

estructura

consideraría de

3. En la siguiente

como piloto la

investigación

soluciones que

podría con

existen muestra

4. En la siguiente

el cambio

los requerimientos

enriquecimiento del

elementos, las co

por experiencia

grandes ganan

ganando

3. En la siguiente

6. Por medio de

Etapa 1

Etapa 2

Etapa 3

Etapa 4

Etapa 5

Etapa 6

Etapa 7

Etapa 8

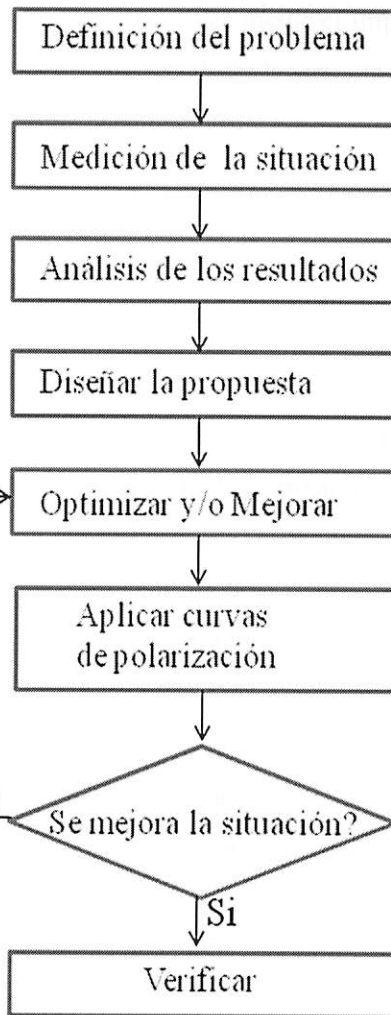


Figura 6 Diagrama de flujo de las etapas que se siguieron para el desarrollo, experimentación e implementación de la herramienta DMADOV y las curvas de polarización.



La metodología se encuentra formada por 8 etapas, estas serán descritas a continuación.

1. La etapa inicial de la metodología consiste primeramente en la Definición del problema, la cual consiste en la definición de nuestra variable de respuesta que es el desbalanceo, se realiza un diagrama de árbol, con las diferentes variables que interactúan en el sistema.
2. En la segunda etapa de medición, se realizó un diseño de experimentos 2^4 completo, con los factores antes mencionados, para poder medir el impacto de cada una de ellas sobre nuestra variable de respuesta que es desbalanceo, la cual se mide en decibeles RPM; además de que se decide que el factor tina es constante ya que la estructura geométrica de esta es igual en ambas cavidades, por lo que se determina no considerarla dentro del diseño.
3. En la tercera etapa se realizará el análisis de cada una de las variables y se tomará como piloto la variable de mayor contribución o significancia para el desarrollo de esta investigación. En la cuarta etapa después de haber realizado el estudio de las diferentes soluciones que actualmente existen en el mercado, se recomienda usar el cloruro de Sodio con un inhibidor que evitará se genere apariencia de corrosión, adicional a esto se envían muestras a los laboratorios para realizar las pruebas.
4. En la siguiente etapa de mejora se mostrará que al día de hoy tenemos implementado el cambio de solución en nuestra lavadora; mejora que nos ha beneficiado en cuanto a los requerimientos de producto terminado con las características de Acero Inoxidable; al arranque del proyecto solo se había considerado un solo modelo de 14 Kgs; y a la fecha tenemos las capacidades de 10, 13, 14 y 15 Kgs para productos nacionales y estamos por exportar productos a Chile y Brasil con estas características; con esto se generan grandes ganancias económicas y con la exportación de productos la empresa seguirá ganando puntos para continuar siendo los líderes de ventas en Latinoamérica.
5. En la siguiente etapa se evalúa la mejor propuesta.
6. Por medio de las curvas de polarización se comprueba el comportamiento del líquido al interactuar con otros componentes, donde se busca mantener la integridad de estos;
7. Realizaremos la verificación, donde por medio de una condición se valida la mejora,
8. En esta última etapa si la mejora es factible pasamos a la validación y si esta no elimina el problema se vuelve a analizar.



3.1 Definición del problema

Como parte de esta metodología es importante definir la pieza o parte a mejorar y por consiguiente el proceso a optimizar existen una serie de herramientas o métodos ya establecidos que pueden ser de gran ayuda; diagramas de árbol, análisis de modo y efecto de falla (AMEF), diagramas de bloque, lluvia de ideas, despliegue de las funciones de calidad o casa de la calidad (QFD por sus siglas en inglés), matriz de impacto desempeño, matriz causa efecto, encuestas con los clientes internos y externos, matriz es o no es.

Las herramientas de la fase definición frecuentemente más usadas en esta fase sirven para dos propósitos básicamente:

1. Documentar información clave acerca del proyecto.
2. Proveer una visión de alto nivel de la cadena de valor que está siendo trabajada para mejorarla.

3.2 Medición

Esta fase es símbolo de una etapa crítica en pensar qué tiene que ocurrir para entregar los objetivos deseados. Nadie puede ir de la idea a la acción; se tiene que ir de pensar a los datos y luego a la acción. Los datos vienen en todas formas y tamaños, con un arreglo correspondiente de herramientas usadas para recolectar, desplegar y analizarlos. Algunos ejemplos son:

- Mapeo de proceso. Describe un proceso y sus características.
- Gráficos de Pareto, matriz de causa y efecto, análisis de los efectos y modos de falla (AMEF), Se utilizan para enfoque y ordenamiento.
- Lluvia de ideas, diagramas de causa y efecto (diagrama de pescado), utilizados para generar y organizar las ideas.
- Hojas de verificación, métodos de medición (gage R&R), sirven para recolectar datos y asegurar la exactitud.
- Diagramas de proceso, gráficas de control, capacidad de proceso, se utilizan para el entendimiento del proceso y eliminación de la variación.



3.3 Análisis

Dos herramientas usadas en esta fase son herramientas de análisis causal, se usan para confirmar que causas potenciales contribuyen actualmente al problema, y herramientas de análisis de tiempos muertos, usadas para localizar los retrasos más grandes en el proceso. Algunas de estas herramientas son:

- Gráficos de dispersión.
- Análisis de varianza (ANOVA).
- Análisis de regresión.
- Análisis de tiempos muertos.

3.4 Diseñar

El diseño estadístico de experimentos, se debe usar como una metodología que permite plantear distintas estrategias para seleccionar, controlar, analizar e interpretar diferentes condiciones de estudio en un fenómeno natural de manera objetiva y sistemática. El diseño de experimentos tiene una enorme aplicación en la industria porque permite mejorar el rendimiento de los procesos y la calidad de los productos.

El diseño de experimentos es una herramienta que se puede utilizar en el diseño y desarrollo de nuevos productos, así como en el mejoramiento y optimización de procesos. Se ilustra el uso del diseño de experimental en el desarrollo de productos que sean robustos a factores ambientales y otras fuentes de variabilidad se considera que el uso de la herramienta puede conducir a reducir sustancialmente el tiempo y el costo de los procesos y productos redundando en calidad y mayor confiabilidad que los que se desarrollan utilizando otros enfoques. También en el desarrollo de los nuevos productos, en plantas piloto y a nivel laboratorio, el desarrollo estadístico de experimentos desempeña un papel muy importante para resolver y minimizar problemas de calidad, en la industria los diseños de experimentos se usan con el objetivo de mover o hacer algunos cambios en los materiales, métodos y condiciones.

Múltiples ejemplos de las aplicaciones se dan en biotecnología, química, veterinaria, agronomía, educación, entre otras en las que se realiza la investigación experimental siendo así esta metodología una herramienta de mucha utilidad. La investigación



científica s un proceso de aprendizaje dirigido. El objeto de los métodos estadísticos es hacer que ese proceso sea lo más eficiente posible.

Un buen diseño es uno en el que las condiciones seleccionadas y manipuladas en el experimento, no están confundidas con variables extrañas o de ruido referente al material experimental; a su manejo del experimento, al ambiente o al tiempo. De manera inversa, un mal diseño es aquel en el que las condiciones seleccionadas y manipuladas son confundidas de manera desconocida con una o más variables de ruido. La utilización de los modelos de diseño de experimentos se basa en la experimentación y el análisis de los resultados que se obtienen en un experimento bien planificado. En muy pocas ocasiones es posible utilizar estos métodos a partir de datos disponibles o datos históricos, aunque también se puede aprender de los estudios realizados a partir de los datos recogidos por observación, de forma aleatoria y no planificada.

3.5 Optimizar y/o mejorar

Estas herramientas son muy diversas y se dividen en dos categorías:

- Herramientas simples de análisis y recolección de datos usadas para confirmar las mejoras.
- Herramientas especializadas empleadas en ciertos problemas específicos del proceso, como diseño de experimentos.

De suma importancia es que después del trabajo realizado se lleve a cabo el control de la mejora debido a:

- Prevenir que el problema se repita
- Impedir que las mejoras se olviden
- Mantener el desempeño del proceso
- Para alentar la mejora continúa
- Asegurar que las mejoras se institucionalicen
- Evitar las alteraciones al proceso
- Implementar el monitoreo continuo permanente



Para implementar esto se define el monitoreo de las variables y proceso en el plan de control de producto y proceso.

3.6 Aplicar curvas de polarización

Se realizó para la validación de la propuesta un análisis basado en curvas de polarización que consiste en técnicas electroquímicas modernas basadas prácticamente en el desarrollo de un aparato que se conoce con el nombre de potencióstato. El potencióstato es un instrumento electrónico que permite imponer a una muestra metálica colocada en un medio líquido y conductor, un potencial constante o variable, positivo o negativo, con respecto a un electrodo de referencia. Este electrodo de referencia no forma parte del circuito de electrólisis y, por el mismo, no circula corriente alguna. Su presencia se debe exclusivamente a que sirve de referencia para poner a prueba en todo momento el potencial de la probeta metálica que se está ensayando. Para cerrar el circuito de electrólisis se utiliza un tercer electrodo, por lo general de un material inatacable por el medio en que se realiza la experiencia (platino o grafito, por ejemplo). Se realiza una validación por medio de curvas de polarización para validar el tiempo a la corrosión de la solución propuesta. (Cloruro de calcio).

3.7 Verificación

El propósito de estas herramientas es asegurar que cualquier mejora hecha en el proceso sea mantenida, para tal efecto se utiliza:

- Entrenamiento
- Procedimientos
- Trabajo estandarizado en las estaciones de trabajo

Software

- El otro elemento clave es dar formas para monitorear el desarrollo del proceso, aquí se utiliza el control estadístico del proceso.



3.8 Conclusiones

Las curvas de polarización son una metodología que sirve para la validación de la propuesta un análisis basado en curvas de polarización que consiste en técnicas electroquímicas modernas basadas prácticamente en el desarrollo de un aparato que se conoce con el nombre de potencióstato. Aunque como se mencionó en este capítulo esta metodología se divide en 8 etapas, el trabajo más arduo es en la etapa de diseño y aplicación de curvas de polarización. Ya que mediante el diseño se trabaja en la parte de la variable de mayor significancia y contribución y por medio de esta llegaremos a mejorar el desbalanceo o vibración. Después de esto se trabaja en la eliminación de la aparente corrosión de la canasta por medio de las curvas de polarización, logrando así los resultados de calidad y productividad.



IV. RESULTADOS

En este capítulo se mostrarán los resultados que se obtuvieron en cada uno de los puntos que se llevaron a cabo con la metodología de seis sigma, (DMADOV); así como el resultado del análisis de las curvas electroquímicas que se obtuvieron al validar una solución propuesta; con el propósito de mejorar la calidad y productividad del producto.

Particularmente, el diseño de experimentos tiene un uso enorme en la industria porque el funcionamiento de los procesos se puede mejorar y por lo tanto, la calidad de sus productos, también en el desarrollo de nuevos productos, en las plantas se puede evaluar en sus laboratorios, el diseño estadístico de experimentos juega un rol importante.

El diseño de experimentos se debe utilizar como metodología, porque permite que exponamos diversas estrategias para seleccionar, controlar, analizar e interpretar varias condiciones del estudio en un fenómeno natural que sigue una manera objetiva y sistemática. La metodología que servirá como referencia para el desarrollo de la investigación es la metodología Diseño para seis sigma con el método DMADOV, es una metodología que provee de las técnicas y herramientas para mejorar la capacidad de los procesos y reducir los defectos en cualquier proceso pero además con la característica de incursionar en el rediseño del producto. Esta metodología usa la estadística como elemento de “lucha”, estos elementos estadísticos pueden ser simples, como diagramas de Ishikawa (diagramas de pescado, o causa y efecto), ANOVAS, etc., u otros más avanzados como Diseños de experimentos, regresión lineal, varianza, etc.



4.1 Definición del problema

Como parte de esta metodología es importante definir la pieza o parte a mejorar y por consiguiente el proceso a optimizar, existen una serie de herramientas o métodos ya establecidos que pueden ser de gran ayuda; diagramas de árbol, análisis de modo y efecto de falla (AMEF), diagramas de bloque, lluvia de ideas, despliegue de las funciones de calidad o casa de la calidad(QFD por sus siglas n ingles), matriz de impacto desempeño, matriz causa efecto, encuestas con los clientes internos y externos, matriz es o no es.

Las herramientas de la fase definición frecuentemente más usadas en esta fase sirven para dos propósitos básicamente:

1. Documentar información clave acerca del proyecto.
2. Proveer una visión de alto nivel de la cadena de valor que está siendo trabajada para mejorarla.

Para la definición de nuestra variable de respuesta que es desbalanceo, se realiza un diagrama de árbol, figura 7 con las diferentes variables que interactúan.

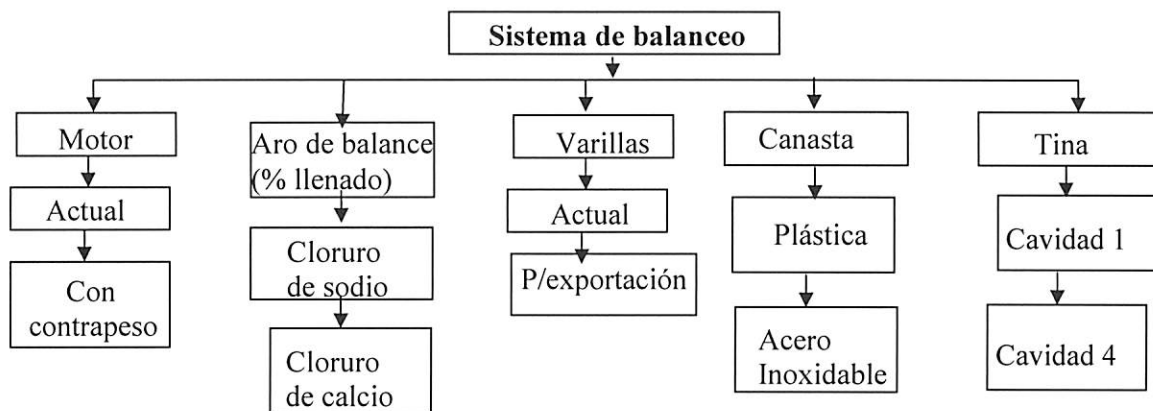


Figura 7: Diagrama de árbol.



En la Figura 8 se presenta un diagrama de los principales componentes que influyen en el sistema de balanceo de la lavadora y sobre los cuales se aplicara la metodología con el fin de analizar la variable de mayor impacto y proponer aplicar y validar una solución.

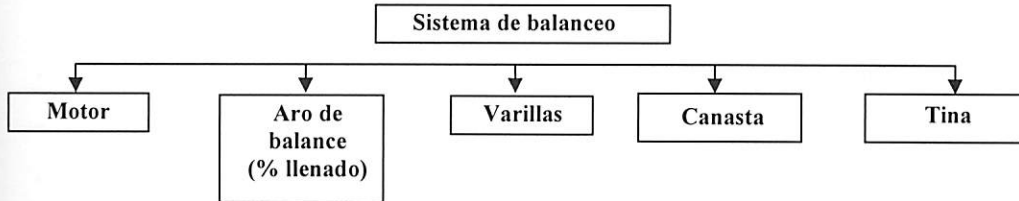


Figura 8: Componentes principales del sistema de balanceo de la lavadora

La metodología usa diseños de experimentos y el método DMADOV. Ambos mejoran el proceso y permiten realizar una comparación entre la situación actual y la situación después de la mejora. En la tabla 5 se muestran los datos del diseño de experimentos. (Codificación tabla 6)

	Aro Balance	Varilla	Motor	Canasta	
	-1	-1	-1	-1	-1
	1	1	-1	-1	-1
	1	1	1	-1	-1
	1	1	-1	1	1
	1	1	1	1	1
	-1	1	-1	-1	-1
	-1	1	-1	1	1
	1	-1	1	-1	-1
	1	-1	-1	-1	-1
	-1	1	1	1	-1
	-1	1	1	1	1
	-1	-1	1	1	1
	-1	-1	-1	-1	1
	1	-1	-1	-1	1

Tabla 5: Datos del Diseño de experimentos



El algoritmo siguiente fue utilizado en la investigación:

- Definir las variables críticas del sistema
- Medir y analizar el comportamiento de las variables involucradas
- Analizar y detectar las variables que mas impactan en el problema
- Diseñar nuevas alternativas y propuestas de mejora tanto para eliminar el desbalanceo como la corrosión.
- Optimizar y mejorar el diseño mediante el desarrollo de prototipos
- Aplicar las curvas de polarización
- Verificar y validar el nuevo diseño

4.2 Medición

Esta fase es símbolo de una etapa crítica en pensar qué tiene que ocurrir para entregar los objetivos deseados. Nadie puede ir de la idea a la acción; se tiene que ir de pensar a los datos y luego a la acción. Los datos vienen en todas formas y tamaños, con un arreglo correspondiente de herramientas usadas para recolectar, desplegar y analizarlos.

Algunos ejemplos son:

- Mapeo de proceso. Describe un proceso y sus características.
- Gráficos de Pareto, matriz de causa y efecto, análisis de los efectos y modos de falla (AMEF), Se utilizan para enfoque y ordenamiento.
- Lluvia de ideas, diagramas de causa y efecto (hueso de pescado), utilizados para generar y organizar las ideas.
- Hojas de verificación, métodos de medición (gage R&R), sirven para recolectar datos y asegurar la exactitud.
- Diagramas de proceso, gráficas de control, capacidad de proceso, se utilizan para el entendimiento del proceso y eliminación de la variación.

Posteriormente se realizo un diseño de experimentos 2^4 completo, con cuatro factores y dos niveles, para poder medir el impacto de cada una de ellas sobre nuestra variable



de respuesta que es desbalanceo; además de que se decide que el factor tina es constante ya que la estructura geométrica de esta es igual en ambas cavidades, por lo que se determina no considerarla dentro del diseño; Ver figura 7.

En la tabla 6 se muestra la relación entre los factores seleccionados, así como los niveles correspondientes de cada variable.

Sistema de balanceo		
Factores	Nivel - 1	Nivel 1
Aro de balance(% llenado)	Cloruro de Sodio	Cloruro de Calcio
Varilla	UL	Actual
Motor	Normal	Con contrapeso
Canasta	Plástica	Acero Inoxidable

Tabla 6: Datos entre los factores experimentales del factorial.

4.3 Análisis

Dos herramientas usadas en esta fase son herramientas de análisis causal, se usan para confirmar que causas potenciales contribuyen actualmente al problema, y herramientas de análisis de tiempos muertos, usadas para localizar los retrasos más grandes en el proceso. Algunas de estas herramientas son:

- Gráficos de dispersión.
- Análisis de varianza (ANOVA).
- Análisis de regresión.
- Análisis de tiempos muertos.

Una vez que fue desarrollado el diseño de experimentos se analizaron los resultados de cada una de las graficas generadas.



4.4 Diseñar

Se corre un diseño de experimentos completo 2^4 para el análisis del proceso el cual se muestra en la tabla 7. El análisis correspondiente al ANOVA muestra que el aro de balance y la interacción de aro de balance y motor son variables estadísticamente significativas.

Aro Balance	Varilla	Motor	Canasta	Pos 1	Pos 2	Pos 3	Pos 4	Ym	Desv m
-1	-1	-1	-1	710.74	869.29	723.121	604.309	726.865	108.902
1	1	-1	-1	841.087	716.955	775.503	893.754	806.825	77.003
1	1	1	-1	865.59	869.797	867.446	897.57	875.101	15.078
1	1	-1	1	660.317	994.155	877.748	573.741	776.49	193.421
1	1	1	1	906.522	676.671	815.519	911.884	827.649	109.936
-1	1	-1	-1	991.434	867.194	783.214	825.304	866.787	89.893
-1	1	-1	1	792.185	735.561	613.477	635.867	694.273	84.124
1	-1	1	-1	715.558	722.883	840.651	864.453	785.886	77.647
1	-1	-1	-1	577.147	714.134	755.081	592.711	659.768	88.248
-1	1	1	-1	682.23	648.194	583.849	657.82	643.023	41.97
1	-1	1	1	822.571	791.742	644.888	752.599	752.95	77.523
-1	-1	1	-1	502.477	509.94	506.601	564.529	520.887	29.255
-1	1	1	1	570.107	570.827	664.893	617.471	605.824	45.186
-1	-1	1	1	674.282	672.445	674.675	765.779	696.795	45.999
-1	-1	-1	1	571.494	676.639	655.723	625.362	632.304	45.68
1	-1	-1	1	701.718	629.207	714.161	776.657	705.436	60.479

Tabla 7: Diseño de experimentos de variables que provocan el desbalanceo

De acuerdo con los resultados de la tabla 8 (factorial fraccionado) se puede concluir que el valor de P para la variable aro de balance y su interacción con el motor es menor a 0.5, por lo tanto se consideran significativas con un 95% de confianza.

Factorial Fraccionado

Efectos Estimados y Coeficientes para Y

Terminos	Efectos	Coeficientes	Desv. Estandar	T	P
Constant		723.55	16.52	43.79	0.000
Aro bala	100.42	50.21	16.52	3.04	0.029
varilla	76.89	38.44	16.52	2.33	0.067
motor	-20.08	-10.04	16.52	-0.61	0.570
canasta	-24.18	-12.09	16.52	-0.73	0.497
Aro bala*varilla	18.62	9.31	16.52	0.56	0.597
Aro bala*motor	93.35	46.67	16.52	2.82	0.037
Aro bala*canasta	7.91	3.96	16.52	0.24	0.820
varilla*motor	-28.12	-14.06	16.52	-0.85	0.434
varilla*canasta	47.70	23.85	16.52	-1.44	0.208
motor*canasta	38.76	19.38	16.52	1.17	0.294

Tabla 8: Factorial Fraccional.



El error cuadrático " SS error "; muestra que aun se tiene el 84.89% de la variación en el proceso 1 - (SS error/SS total), a pesar de la fusión en el término del error, del aro de balance y sus interacciones.

Analisis de varianza para Y

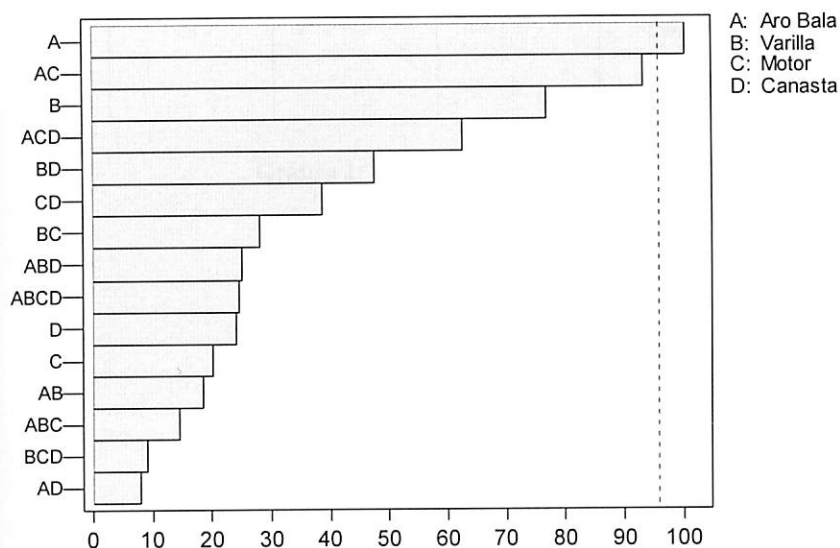
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	67932	67932	16983	3.89	0.084
2-Way Interactions	6	54762	54762	9127	2.09	0.218
Residual Error	5	21837	21837	4367		
Total	15	144531				

Como una confirmación del análisis del ANOVA se puede observar que la grafica de pareto mostrada en la gráfica 1 solamente el aro de balance se muestra como variable significativa, la interacción del aro de balance y el motor (AC), aparece ser casi significativo, así como el factor motor (C).

De acuerdo con los resultados de la grafica 1, se puede concluir que la variable de mayor significancia es el aro de balance.

Gráfica de Paretos

(response is Ym, Alpha = .05)

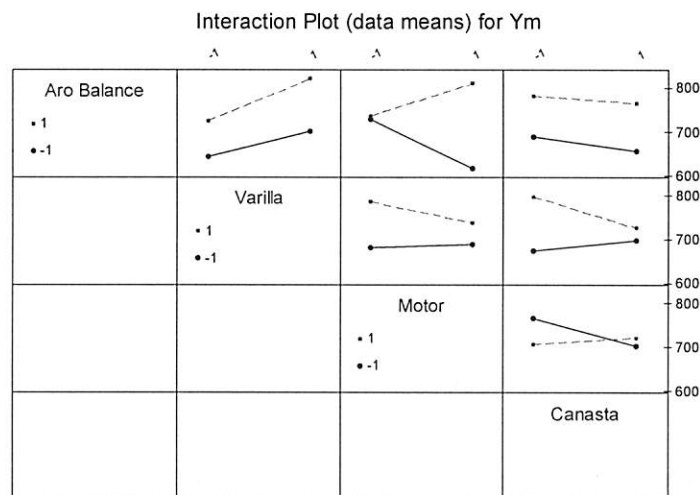


Gráfica 1: La grafica de pareto



De acuerdo a los resultados de la gráfica 2, se puede concluir que la variable de mayor significancia es la interacción entre el aro de balance con cloruro de sodio y el motor actual. También la interacción de la canasta con el motor. Sin embargo, se decide trabajar con la primera interacción puesto que la grafica de Pareto muestra que la única variable significativa es el aro de balance.

La variable significativa independiente para la variable de la solución tiene dos niveles (cloruro de calcio, actual: y cloruro de sodio, propuesto). Se realizaron diversos análisis para asegurar el mejor funcionamiento del producto sin afectar a la calidad percibida de la canasta de acero inoxidable.

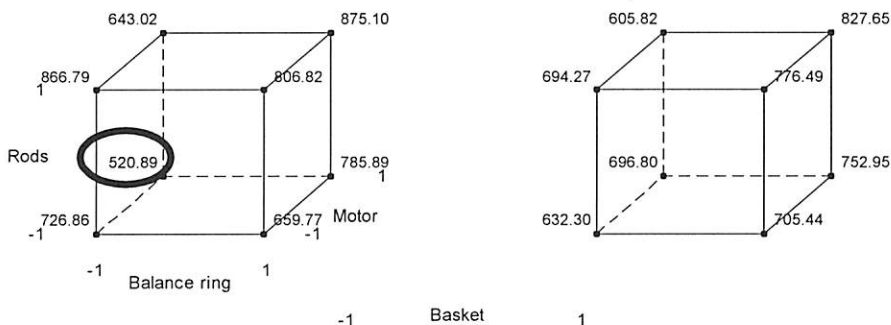


Gráfica 2: Grafica de interacciones.



En el análisis de la gráfica 3 de cubos se muestra que el factor más bajo es el representado por el aro de balance con cloruro de sodio, el valor es de 520.89.

Cabe mencionar que se debe considerar el valor mas bajo ya que entre menor desbalanceo tengamos es mejor.



Gráfica 3: Grafica de Cubos

Es importante aclarar que los gráficos de pareto se utilizan para identificar los factores que resultan significativos para el modelo del diseño de experimentos y que en un momento dado se puede reducir el número de factores, considerando los resultados de esta grafica; y el diagrama de cubo nos indica en donde se localiza la mejor respuesta para el DOE y la Combinación de los factores que están involucrados.

4.4.1 Resultados de análisis adicionales para reforzar el DOE.

Para reforzar el análisis estadístico del diseño de experimentos se anexan los siguientes resultados:

Se genera un análisis de varianza (ANOVA/ANDEVA) para Y_m con unidades codificadas.



Analysis of Variance for Ym (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	67931	67931	16983	*	*
2-Way Interactions	6	54762	54762	9127	*	*
3-Way Interactions	4	19421	19421	4855	*	*
4-Way Interactions	1	2417	2417	2417	*	*
Residual Error	0	0	0	0		
Total	15	144531				

¡No tenemos valores P !

Este se debe al gran número de variables que tratamos de estimar en el modelo, Comparado al total de grados de libertad, Debemos quitar los términos no importantes (de acuerdo con el valor de su efecto) del modelo para así poder estimar el término de error residual.

No se puede calcular el % de la prueba F ya que no tenemos suficientes grados de libertad.

- Se debe al gran número de variables que tratamos de estimar en el modelo, comparado al total de grados de libertad.
- Debemos quitar los términos no importantes (de acuerdo con el valor de su efecto) del modelo para así poder estimar el término de error residual.

Nota:

Siempre quiera maximizar el número de grados de libertad disponibles para estimar el error. Recordemos que en el ANOVA, a menor número de grados de libertad usados para estimar el error, mayor es el valor de F crítica que se necesita para mostrar la significancia de los factores.

De acuerdo a la gráfica de paretos (gráfica 1) señala la relativa poca importancia de los factores C y D; esto se concluye ya que dichos factores no están cerca de la línea roja.

Se sugiere eliminar los factores que no son significativos (C y D) y volver a correr el ANOVA.



Analysis of Variance for Desv (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	3656.1	3656.1	1828.1	1.04	0.380
Residual Error	13	22804.0	22804.0	1754.2		
Lack of Fit	1	226.5	226.5	226.5	0.12	0.735
Pure Error	12	22577.4	22577.4	1881.5		
Total	15	26460.1				

De la columna Seq“SS” (Suma de Cuadrados):

El “Error” en el modelo representa 22577.4 dividido entre la variación total 26460.1= 85%; como este valor esta muy cercano al 90% se puede concluir que el“Error” de la variación queda explicado por los factores utilizados en el modelo.

Conclusión: ¡Probablemente no existen más “X” influyendo en este proceso!

De la columna Adj MS (Error medio):

Usar el término “Adj MS” para determinar si se debería continuar buscando más “X”:

La raíz cuadrada de MSerror es igual a la desviación estándar del término del Error (SError).

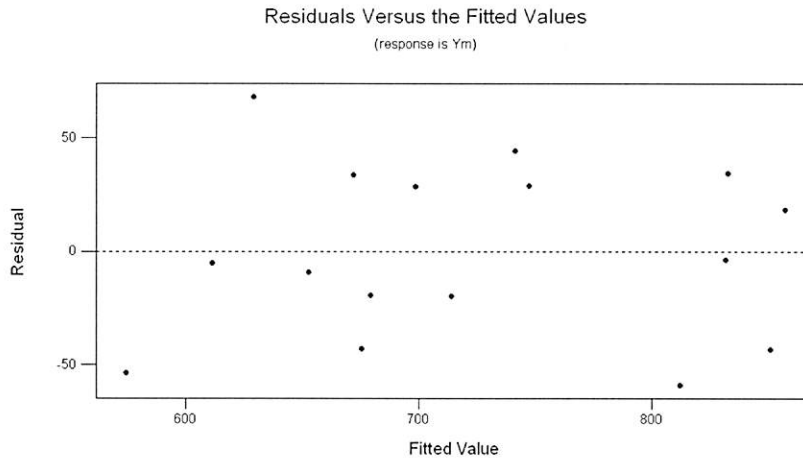
$S_{\text{error}} = \sqrt{1881.5} = 43.37$ de desbalanceo.

Esto representa una desviación estándar en el proceso, asumiendo que todas las “X” usadas en el modelo están perfectamente controladas.

Conclusión: ¡No es necesaria la búsqueda de más “X” para el modelo!

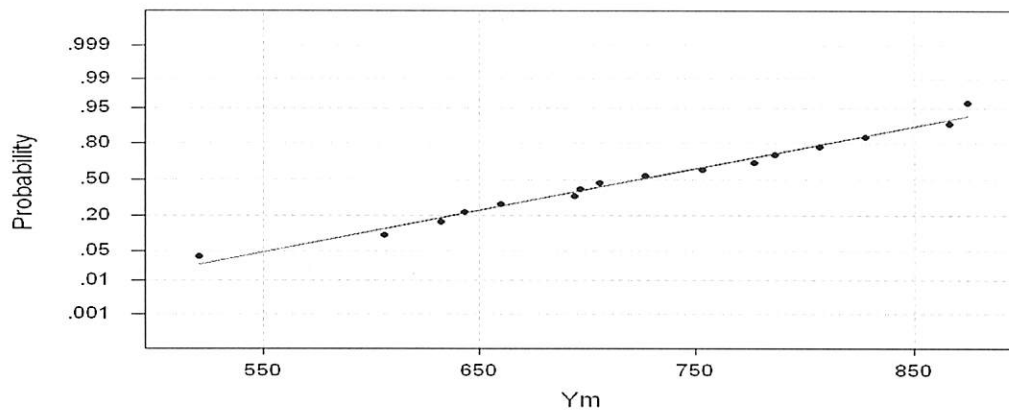
Se desarrollo un análisis de Regresión, donde se muestran los siguientes resultados, que confirman la confiabilidad del modelo.

Se verifica el cumplimiento de los supuestos: indepenencia, varianza constante y normalidad.



Aquí no se muestra ninguna tendencia por lo tanto se cumple el supuesto de varianza constante.

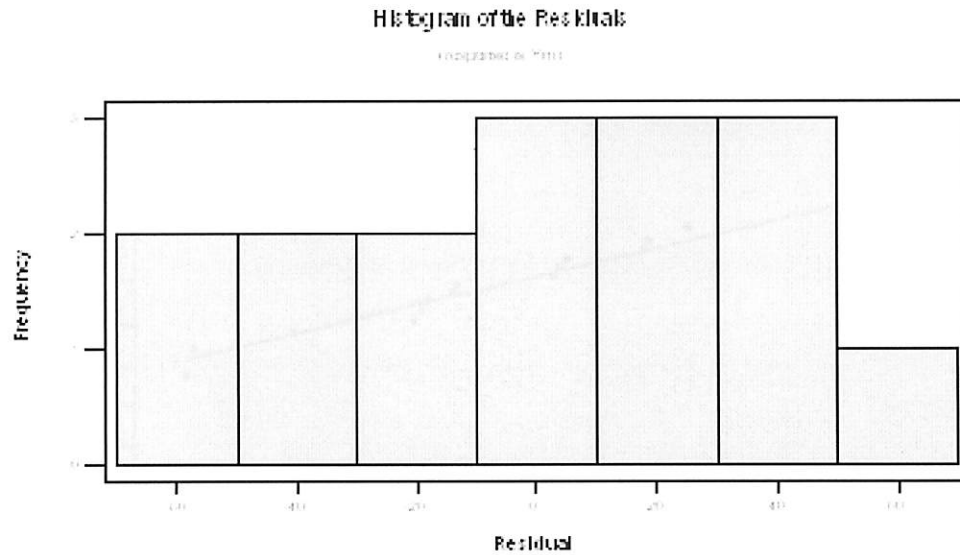
Normal Probability Plot



Average: 723.554
StDev: 98.1600
N: 16

Anderson-Darling Normality Test
A-Squared: 0.130
P-Value: 0.977

Esperábamos que los errores siguieran una distribución normal. ¡Esta no parece una curva de campana! El valor $p = 0.977$; por lo tanto los datos se comportan como una distribución normal.



Nuestras **Gráficas de Residuales** no nos dice una buena historia acerca del modelo cuadrático - Los patrones en la gráfica de Residuales contra Fits (queremos aleatoriedad) y un histograma de los errores, que no se ven distribuidos normalmente.

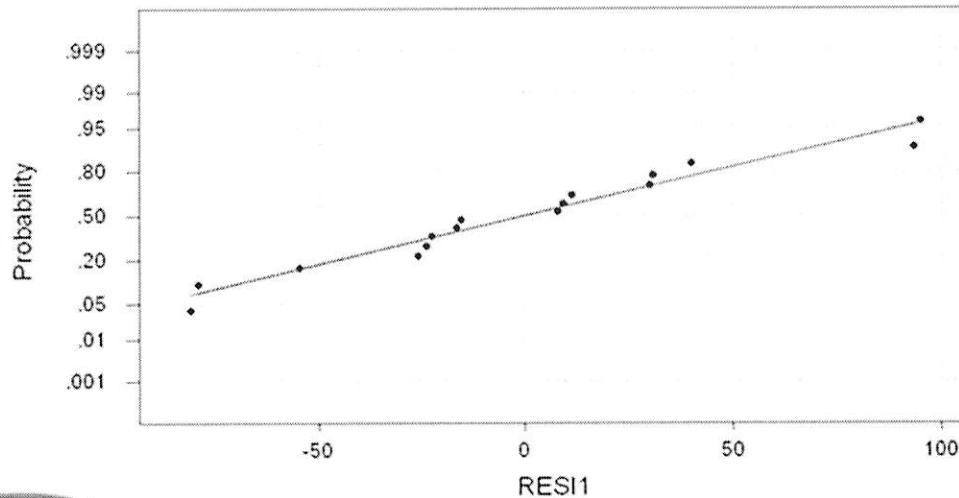
Nota: Recuerde las suposiciones referentes a los residuales:

Los residuales son los errores entre los puntos de datos actuales y los que predice el modelo (“fits”):

- Los errores deben tener un valor promedio de 0.0



Normal Probability Plot



Average: -0.000000
StDev: 51.3367
N: 16

Anderson-Darling Normality Test
A-Squared: 0.308
P-Value: 0.524

Una vez confirmados los supuestos se realiza el análisis de regresión.

Analysis of Variance for Ym

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	10	122693	122693.3	12269.3	2.81	0.133
Linear	4	67931	67931.4	16982.9	3.89	0.084
Interaction	3	54762	54761.9	9127.0	2.09	0.218
Residual Error	8	21837	21837.4	4367.5		

$$s = \text{raiz}(4367.5) = 66.087$$

Podemos concluir que 's' (la desviación estándar del término del error) es el "sigma" de la variación no explicada - el error no incluido en el modelo. Decida si necesita más "X"s incluidas por observar en +/- 6s. Para este modelo no se requiere incluir más variables.

Evaluación del modelo:

- "Aro de balance" y "Varilla" son estadísticamente factores significativos.
- De la tabla ANOVA: solo el modelo Lineal es significativo estadísticamente, cuadrados e interacciones no hacen una diferencia en la "Y", así que el modelo



Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología



lineal es el mejor para los datos. Con esto podemos justificar que no se necesita un diseño de segundo orden.

- R^2 y R^2_{adj} están sobre 90%, lo que indica un ajuste potencialmente bueno.

Se realizó el mismo análisis estadístico para la desviación estándar (Desv m); y se muestran los resultados:

Analysis of Variance for Desv m

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	10	21414.2	21414.2	2141.42	2.12	0.210
Linear	4	10604.3	10604.3	2651.08	2.63	0.159
Interaction	6	10809.9	10809.9	1801.65	1.79	0.271
Residual Error	5	5045.9	5045.9	1009.18		
Total	15	26460.1				

$$s = \text{raíz}(1009.18) = 31.76$$

's' (la desviación estándar del término del error) es el "sigma" de la variación no explicada - el error no incluido en el modelo. Decida si necesita más "X"s incluidas por observar en +/- 6s.

De la columna Seq"SS" (Suma de Cuadrados):

El "Error" en el modelo representa 5045.9 dividido entre la variación total 26460.1= 19%; como este valor no está cercano al 90% se puede concluir que el "Error" de la variación no queda explicado por los factores utilizados en el modelo, pero para este proyecto nos interesa trabajar con las medias de los datos (Y_m) y no con las desviaciones estándar (Desv m).

Esta decisión se toma en consenso con el equipo de apoyo de la empresa.

Se realizó la prueba de Durbin-Watson donde se muestran los siguientes resultados:



Durbin-Watson statistic = 1.92; con este resultado podemos concluir que como el valor está próximo a 2 no se puede rechazar la H_0 , que indica que el término de perturbación es de la forma:

$$u_t = \phi \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t$$



4.4.2 Resultados de análisis adicionales de los laboratorios

Además del diseño de experimentos que se llevó a cabo, se realizaron análisis de las diferentes soluciones de llenado de aro de balance que actualmente existen en el mercado, tabla 9; dichos estudios se realizaron en los laboratorios de la Planta de Mabe Lavadoras Saltillo y en Tecnología y Proyectos de la Ciudad de Querétaro.

Tipo de aro	Peso total	Tipo de soldadura	Ens. Vs canasta	Probeta (100 ml)	Densidad	Prueba vs. Canasta SS	Prueba canasta de la competencia	Observaciones
Samsung	2.612	Int. Soldado Ext. Soldado	10 Tornillos Mamelon interno	0.118	1.18	Oxido 48 hrs.	Oxido 12 hrs.	No recomendable
Daewoo	3.264	Int. Grapado Ext. Soldado	12 Tornillos Mamelon interno	0.116	1.16	Sin Probl	O.K. Oxido 12 hrs	Opcional
LG	4.642	Int. Grapado Ext. Soldado	6 Tornillos Gajo externo	0.112	1.12	Sin Probl	O.K. Oxido 12 hrs	Opcional
Mabe	3.712	Int. Soldado Ext. Soldado	8 Tornillos Mamelon interno	0.132	1.32	Oxido 12 hrs.		No recomendable
GE	3.462	Int. Soldado Ext. Soldado	8 Tornillos Mamelon interno	0.132	1.32	Oxido 12 hrs.		No recomendable
Wh.	1.618	Int. Soldado Ext. Soldado		0.1	1	Agua	Plástica	Sistema de suspensión diferente

Tabla 9: Diferentes soluciones que existen en el mercado

Figura 9 Canasta de acero inoxidable con Cloruro de Sodio donde se muestra la aparente corrosión, después de 24 hrs.

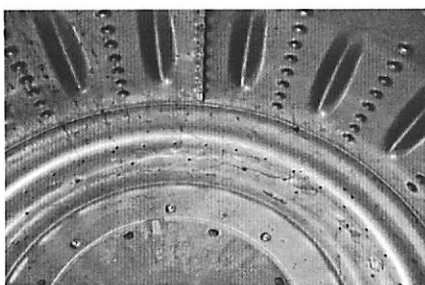


Figura 9: Canasta de acero inoxidable.

En la figura10 se muestran los resultados del laboratorio que evaluó la sugerencia que hizo el personal de la compañía al usar el cloruro de Sodio con un inhibidor que evitará



se genere corrosión, adicional a esto se analizaron muestras en los laboratorios, se anexan los resultados:

mabe

reporte de evaluación

Laboratorio de Evaluación de materiales

Destinatario	Gloria Celestino	Fecha	15 de junio de 2007
Area	Ingeniería	Reporte	LM245-07
Producto	Solución aro balance	Operación	Lavadoras Saltillo

Objetivo/ Descripción del proyecto

Validación de la solución aro balance aplicada sobre muestras de acero inoxidable de canasta de lavadora en cámara salina según la norma ASTM B117 hasta presentar oxidación roja. Determinación del punto de congelamiento de la solución.

Muestras

No. 245

Solución aro balance actual (cloruro de calcio), propuesta (cloruro de sodio), y de la competencia (LG).

Muestras de canasta de acero inoxidable 430.

Conclusiones/ Resultados

Después de 240 hrs de exposición a la niebla salina, se puede concluir que las muestras de acero inox 430 con solución de cloruro de sodio (propuesta) y solución de LG (competencia) y la muestra testigo (sin solución), no presentan oxidación roja mayor al 1%; no así la muestra con solución de cloruro de calcio (actual) que presenta oxidación roja de casi el 40% de la superficie, desde las primeras 24 hrs de prueba. En cuanto al punto de congelamiento, la solución de cloruro de calcio presenta una menor temperatura de congelación, en comparación con la de cloruro de sodio y la de LG.

Muestra de canasta de acero inoxidable sin solución	Muestra de canasta de acero inoxidable con solución cloruro de calcio (actual)	Muestra de canasta de acero inoxidable con solución cloruro de sodio (propuesta)	Muestra de canasta de acero inoxidable con solución de LG (competencia)
A las 24 hrs se presentan 1 pequeño punto de oxidación roja en la superficie de la muestra.	A las 24 hrs se presenta oxidación roja de aprox. el 40% de la superficie de la muestra.	A las 24 hrs se presentan 2 pequeños puntos de oxidación roja en la superficie de la muestra.	A las 24 hrs no se presenta oxidación roja en la superficie de la muestra.
A las 240 hrs presenta 2 puntos de ox. roja.	A las 240 hrs se presenta oxidación roja del 50% aprox.	A las 240 hrs presenta 3 puntos de oxidación roja.	A las 240 hrs presenta 3 puntos de oxidación roja.

Prueba	Solución cloruro de calcio	Solución cloruro de sodio	Solución LG
Punto de congelamiento	> -50°C	-20°C	> -30°C



mabe

reporte de evaluación

Se anexan fotografías y gráficas en las siguientes páginas.

Observaciones/ Recomendaciones

Condiciones de prueba en cámara salina: Las muestras estuvieron en la cámara salina en condiciones normales de: temperatura 38°C, con solución salina al 5% (pH=6.7-7.1 y gravedad específica de 1.0255-1.04) y espreada a una presión de 11 psi. aprox.

Los resultados de este informe amparan el cumplimiento de las muestras evaluadas de acuerdo a la especificación, norma o requerimiento arriba mencionado y no representa una liberación del material evaluado.

El muestreo de las piezas es responsabilidad del solicitante.

Figura 10: Resultados del laboratorio

En dichos resultados se muestra que después de 240 hrs de exposición a la niebla salina, se puede concluir que las muestras de acero inoxidable 430 con solución de cloruro de sodio (propuesta), no presentan oxidación roja mayor al 1%, y la muestra con cloruro de calcio (actual) presenta oxidación roja de casi el 40% de la superficie desde las primeras 24 hrs.

En la figura 11 se muestra un comparativo de canastas de acero inoxidable con cloruro de calcio (izquierda) y cloruro de sodio (derecha), donde se concluye que después de 240 hrs de cámara salina las muestras no presentan oxidación roja mayores al 1%.

En cuanto al punto de congelamiento, el cloruro de calcio (actual) presenta una menor temperatura de congelación que el cloruro de sodio.

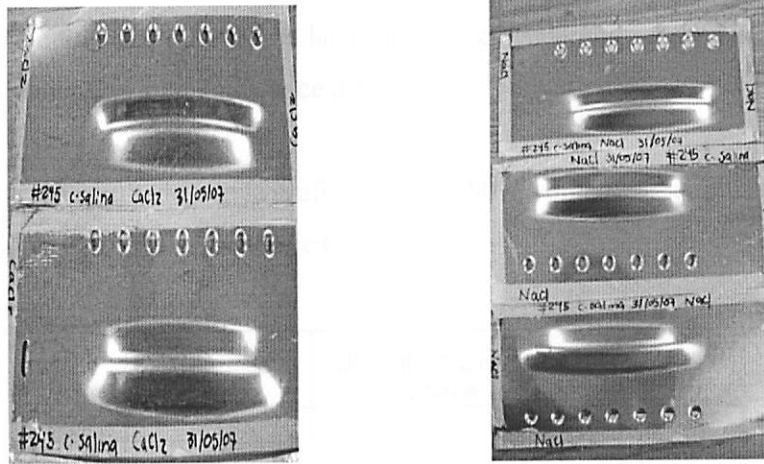


Figura 11: Comparativo de canastas de acero inoxidable con cloruro de calcio (izquierda) y cloruro de sodio (derecha).

Además de las pruebas del laboratorio se realizaron evaluaciones para medir el desbalanceo que se generaría al cambiar la solución, se anexan los resultados:

Lavadoras de 9Kgs.

Se muestra el plan de evaluación de acuerdo a lo establecido:

mabe

Introducción

Se plantea la necesidad de realizar cambio en la solución de CaCl de los aros de producción para todas las capacidades.

La problemática entre aros de balance radica, en el comportamiento dinámico que puedan tener las plataformas al cambiar de CaCl a NaCl, debido a los valores de peso específico.

Plan de evaluación

Evaluar niveles de UBC y vibración a 5 lavadoras 9 kg, y repetir 5 mediciones utilizando aros balance con NaCl.

Evaluar niveles de UBC y vibración a 5 lavadoras 11 kg, y repetir 5 mediciones utilizando aros balance con NaCl.

Evaluar niveles de UBC y vibración a 5 lavadoras 13 kg, y repetir 5 mediciones utilizando aros balance con NaCl.

Evaluar niveles de UBC y vibración a 5 lavadoras 14 kg, y repetir 5 mediciones utilizando aros balance con NaCl.



Se anexan las consideraciones para las lavadoras de 9 Kg.

+ Se obtiene un valor de UBC en las lavadoras, considerándose las 5 caras del gabinete.

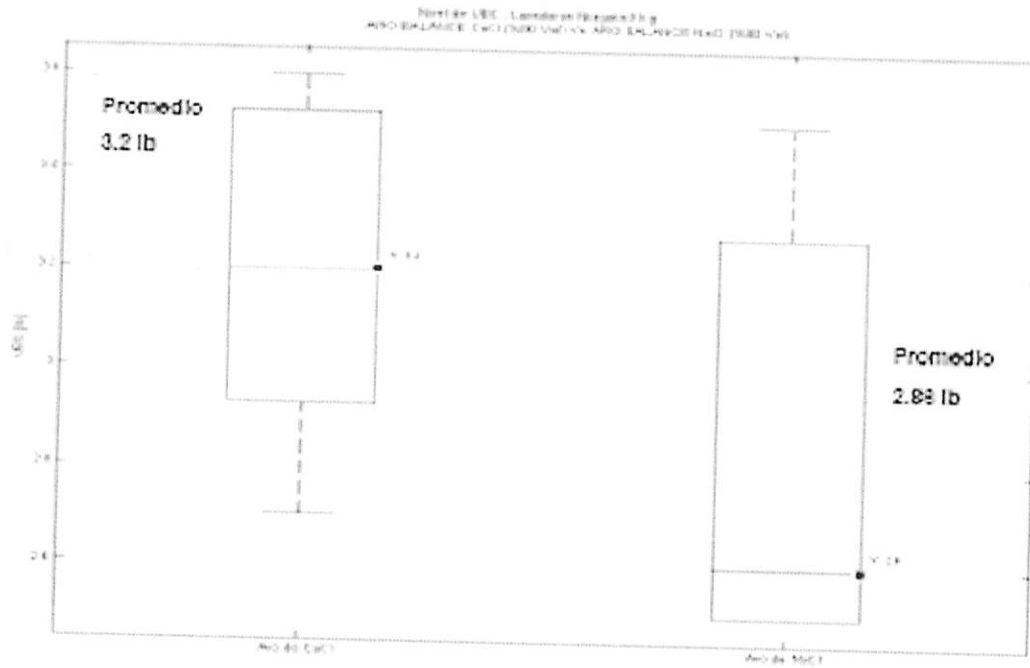
+ Se evaluaron dos aros de balance diferentes.

Se anexan los resultados de la grafica 4 con el 80% volumen (Capacidad de volumen de producción actual) con Cloruro de Calcio.

No. De lavadora	UBC lb vs 2 in Linea base	UBC lb vs 2 in 80% Vol 9 Kgs
1	3.6	2.5
2	3.2	3.2
3	2.7	2.5
4	3	2.8
5	3.8	3.5

Datos de la gráfica 4 Capacidad de volumen

Con los resultados obtenidos en dicha grafica se puede observar que los valores de desbalanceo en promedio para la condición 80% de volumen de cloruro de calcio, bajan en 0.34 lb, es decir disminuye en un 10.62%.



Grafica 4 Box plot de lavadoras de 9 kgs.

Lavadoras de 11 Kgs.

DESBALANCEO

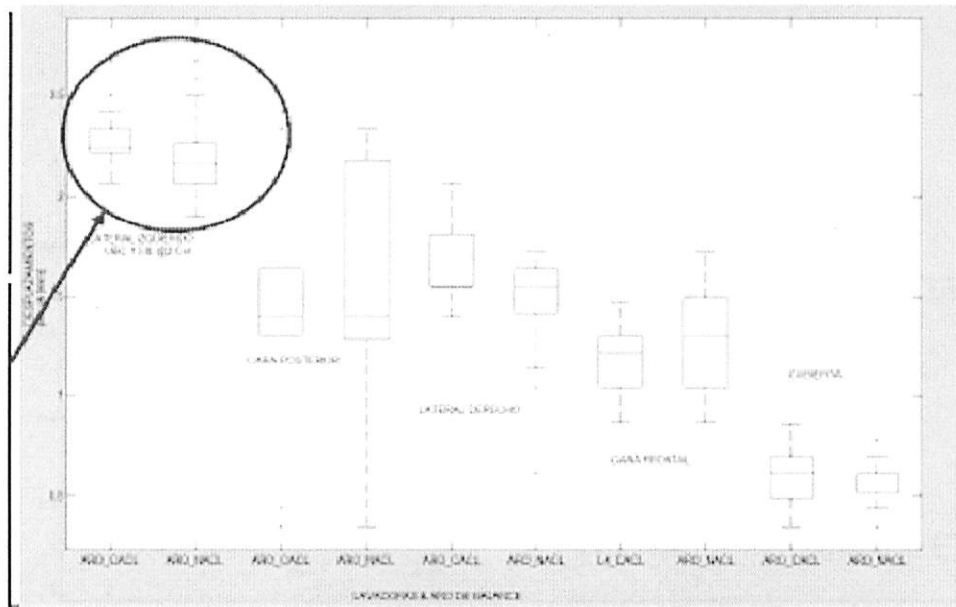
Se anexan las consideraciones para las lavadoras de 11 Kgs:

+ Se obtiene un valor de UBC en las lavadoras sin liga y se midió el nivel de vibración, considerándose las 5 caras del gabinete.

Nota: no se midió UBC al hacer el cambio de aro de balance de cloruro de calcio, solo se evalúan los niveles de vibración.

No. De lavadora	UBC lb vs 2 in Linea base
6	1.3
7	1.7
8	1.5
9	1.8
10	2

El principal modo de falla que se observa en la grafica 5 es el golpe en la parte lateral izquierda del gabinete, tanto para el aro de balance con cloruro de sodio como con cloruro de calcio, por lo que se recomienda usar el cloruro de sodio dado que se observa el mismo comportamiento.



Grafica 5. Box Plot de lavadoras de 11 Kgs.

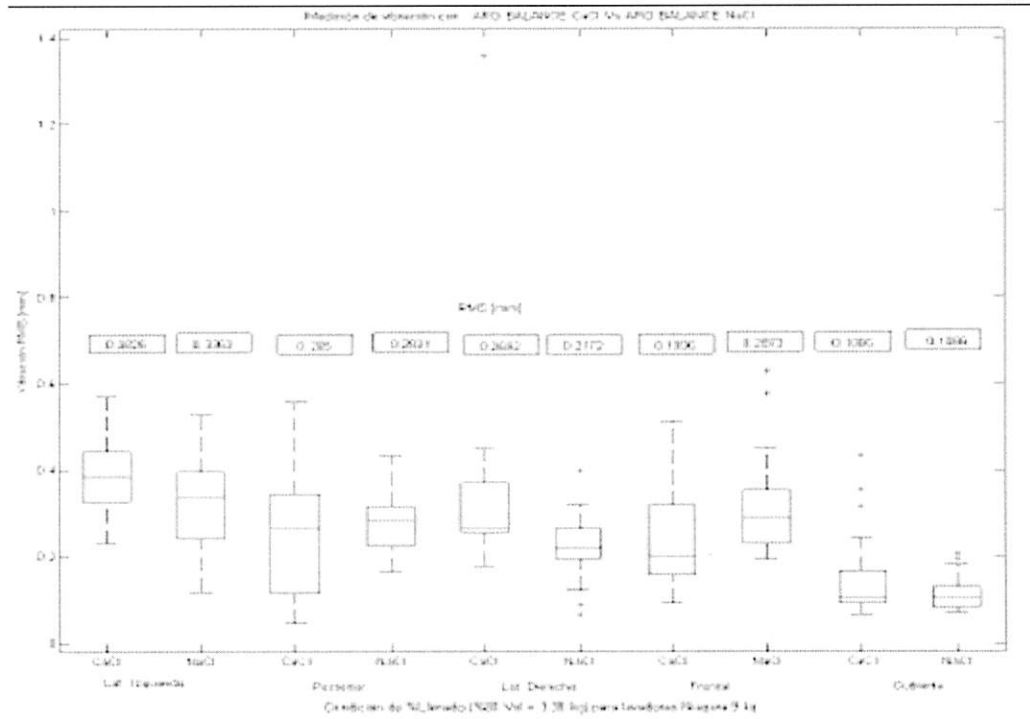
VIBRACION

Enseguida se muestran los comparativos de vibración que se realizaron en las lavadoras de 11 kgs, con ambas soluciones.

Cloruro de Calcio.

Se observa que los valores de vibración que aparecen en la grafica 6 son sobre toda la lavadora y mayores a 10% con aros de balance de Cloruro de Calcio.

RMS	Linea base Aro de balance con CaCl	Ao de balance con NaCl
1	0.22453	0.2461

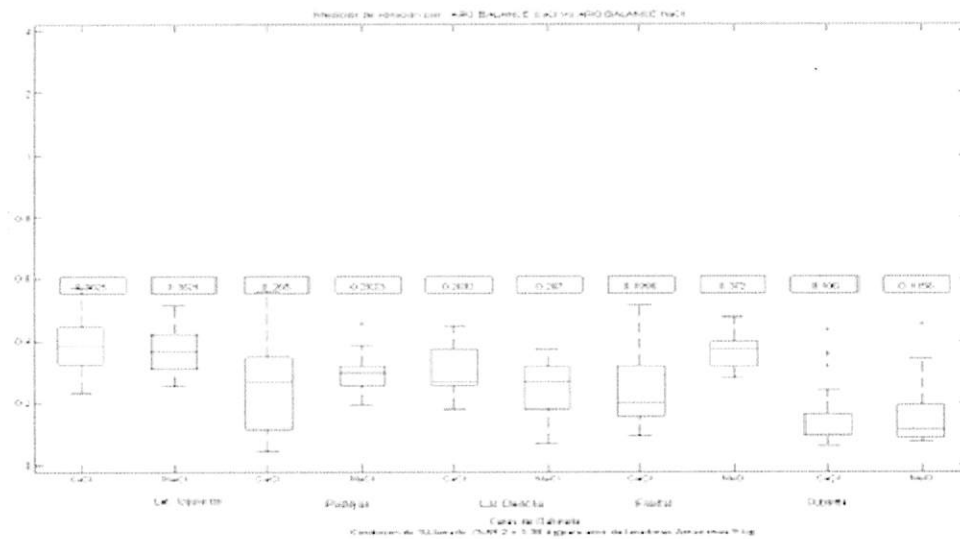


Gráfica 6. Box plot de vibración lavadoras de 11 Kgs.

Cloruro de Sodio.

Se observa que los valores de vibración que aparecen en la gráfica 7 son sobre toda la lavadora y mayores a un 25.5% con aros de balance de Cloruro de Sodio.

RMS	Linea base Aro de balance con CaCl	Ao de balance con NaCl
1	0.22468	0.2318

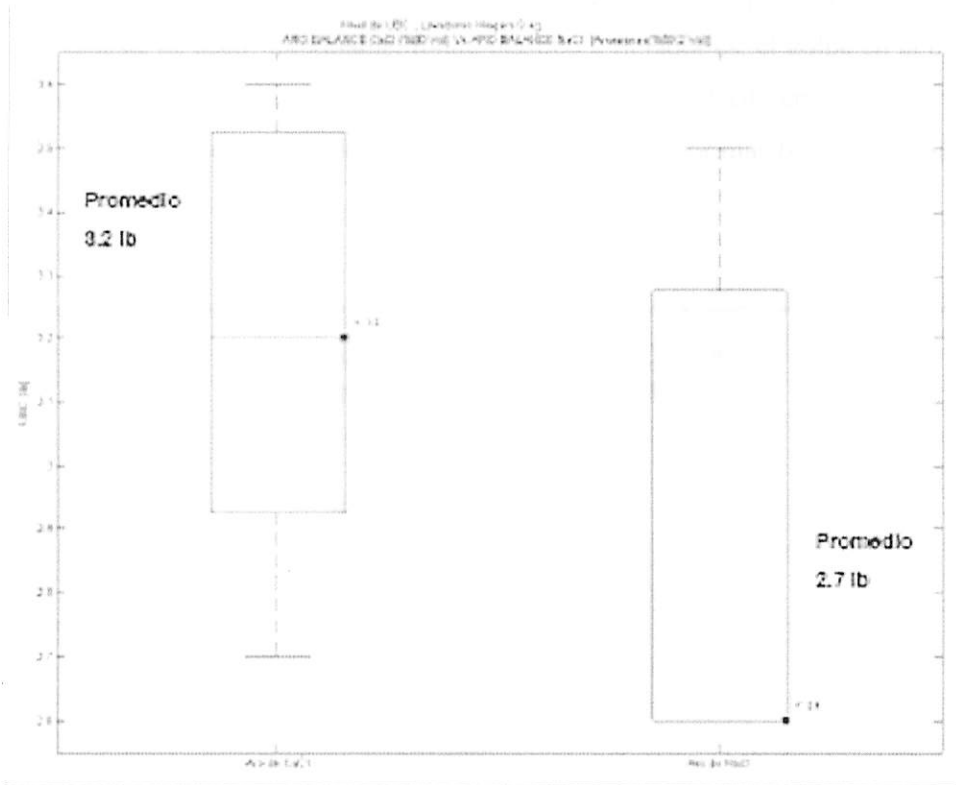


Gráfica 7. Box Plot de vibración de lavadoras de 11 kgs con Cloruro de Sodio.

Lavadoras de 9Kgs, con aros de Cloruro de Calcio.

Se muestra en la gráfica 8 los resultados de cambiar el porcentaje de volumen de Niágara (80% CaCl) a Amazona (60% NaCl), la mejora es una disminución de UBC de un 15.62%.

No. De lavadora	UBC lb vs 2 in Linea base	UBC lb vs 2 in 60% Vol mazonas 9 Kgs
1	3.6	2.8
2	3.2	3.2
3	2.7	2.8
4	3	2.8
5	3.8	3.5



Gráfica 8. Box Plot lavadoras de 9 Kgs con Cloruro de sodio

Lavadoras de 13Kgs.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos al evaluar las lavadoras de 13 kgs.

Linea base de Lavadoras de 13Kgs
Unidades (Lb)

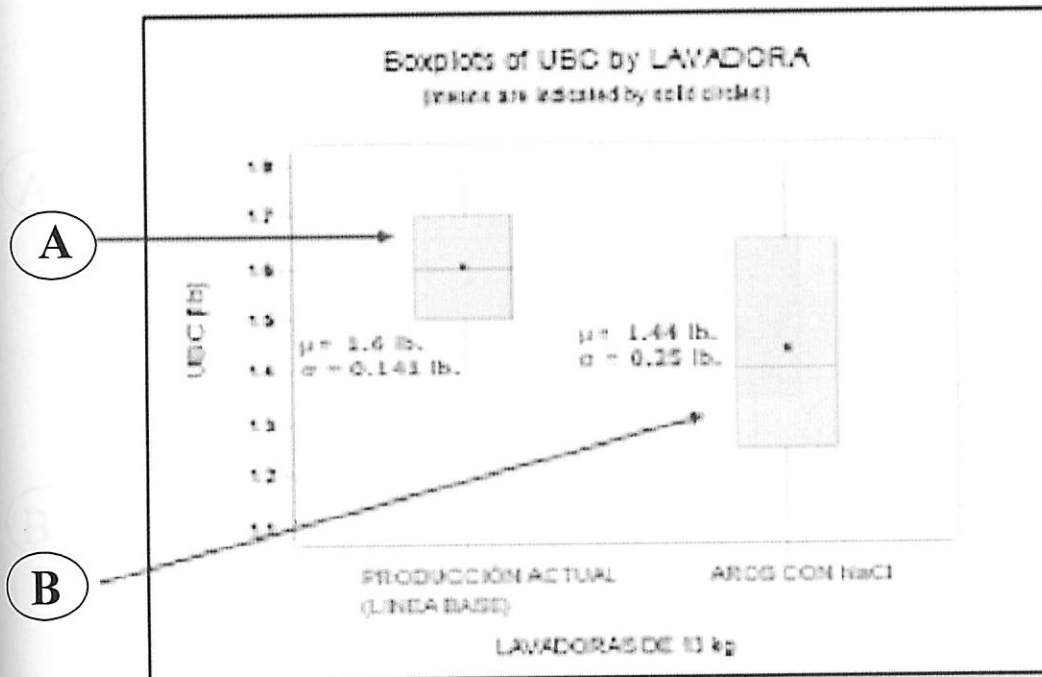
Grados	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
0		1.4			
90					
180	1.8			1.6	1.6
270			1.6		

Linea base de Lavadoras de 13Kgs
Unidades (Lb)

Grados	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
0					
90					
180	1.8		1.5	1.4	1.4
270		1.1			



El principal modo de falla que se observa en la gráfica 9 es que en lavadoras de 13 Kgs con canasta de acero inoxidable, fondo plástico y flotador es: el golpe en la parte trasera del gabinete y cubierta. El decremento a los niveles de UBC en lavadoras de 14 Kgs utilizando aros de NaCl es de 0.2 lb entre medias. EL valor mas bajo observado es de 1.1 lb.



Gráfica 9. Box Plot lavadoras de 13 kgs con Canasta de acero Inoxidable.

Lavadoras de 9Kgs, con canasta plástica.

Linea base de Lavadoras de 14Kgs
Unidades (Lb)

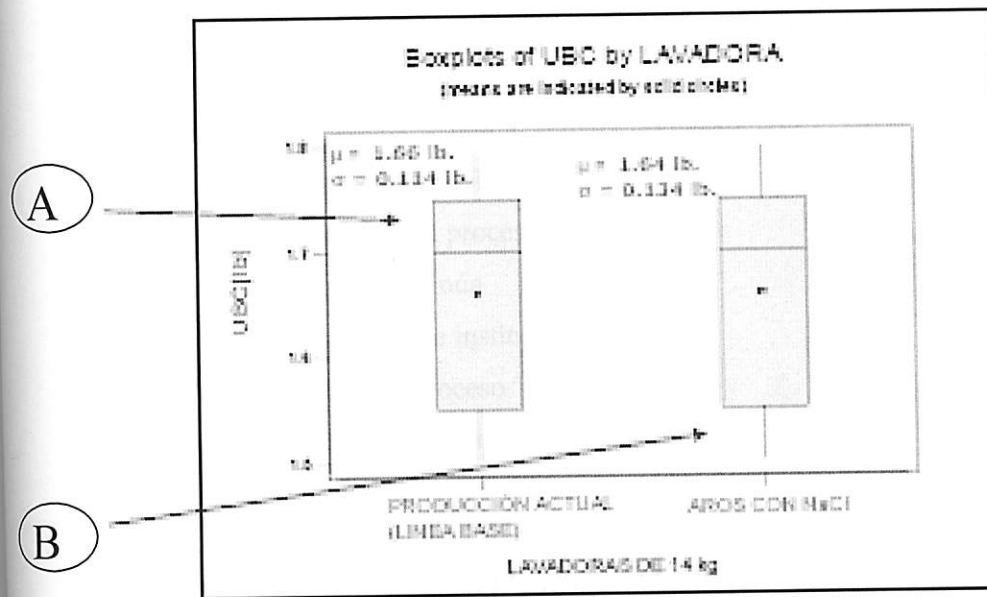
Grados	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
0					
90					
180		1.7			1.5
270	1.8		1.7	1.8	

Linea base de Lavadoras de 14Kgs
Unidades (Lb)

Grados	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
0					
90					
180	1.7	1.3			1.5
270			1.5	1.7	



El principal modo de falla que se observa en la grafica 10, es que en lavadoras de 9 Kgs con canasta plástica es: el golpe de la cubierta. El decremento a los niveles de UBC en lavadoras de 14 kg utilizando aros de NaCl es de 0.02 lb entre medias, atribuible a la medición. El comportamiento observado fue similar, no encontrando diferencia al utilizar aro de NaCl y el de producción.



Gráfica 10. Box Plot lavadoras de 9 Kgs con canasta plástica.



4.5 Optimizar y/o mejorar

Estas herramientas son muy diversas y se dividen en dos categorías:

- Herramientas simples de análisis y recolección de datos usadas para confirmar las mejoras.
- Herramientas especializadas empleadas en ciertos problemas específicos del proceso, como diseño de experimentos.

De suma importancia es que después del trabajo realizado se lleve a cabo el control de la mejora debido a:

Prevenir que el problema se repita “retener las ganancias”

Impedir que las mejoras se olviden

Mantener el desempeño del proceso

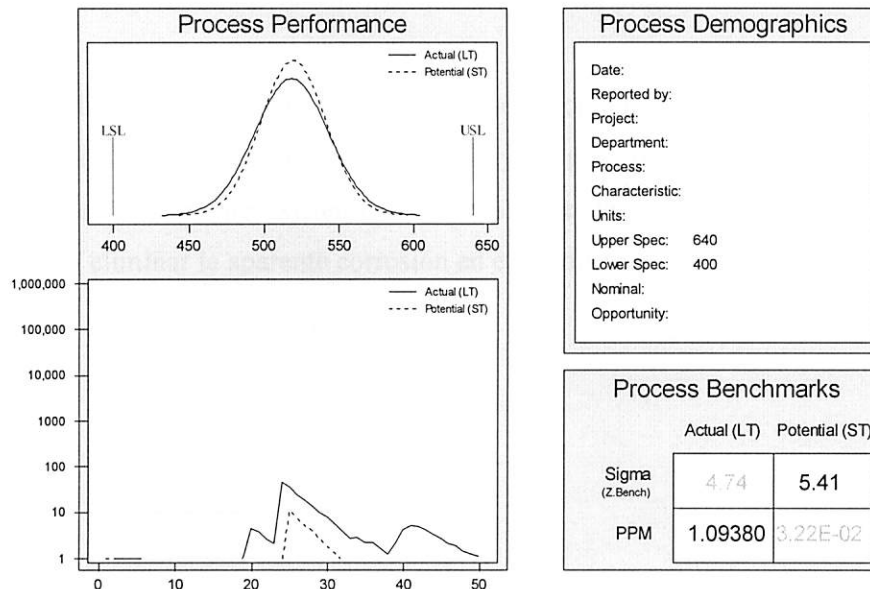
Para alentar la mejora continúa

Asegurar que las mejoras se institucionalicen

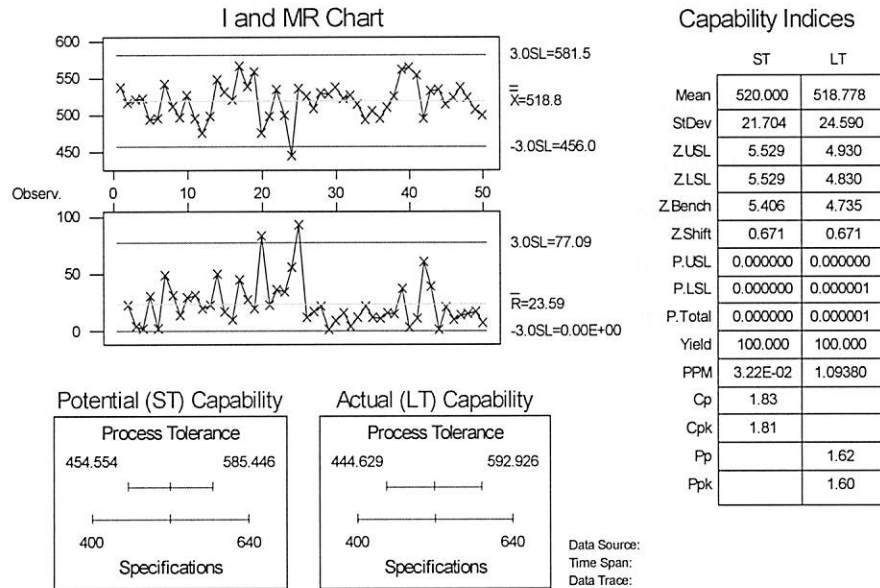
Evitar las alteraciones al proceso

Implementar el monitoreo continuo permanente

De acuerdo a los resultados obtenidos en la corrida de confirmación, gráfical 11 donde se determina el valor de $Z = 5.41$; por lo que se decide trabajar con esta variable.



Gráfica 11: Parte 1/2 Corrida de confirmación



Grafica 11: Parte 2/2 Corrida de confirmación

En este estudio se observa que el resultado muestra valores de calidad aceptables con el resultado actual de $Z= 5.41$ y PPM's de 1.09380; lo cual nos indica que la calidad del producto en el desbalanceo es buena y nos ayudará a eliminar el desbalanceo y la vibración.

Al obtener estos resultados se decide trabajar con esta variable.

Desde el análisis del diseño de experimentos se recomienda trabajar con el factor de mayor significancia que fue el aro de balance, y después del estudio de las diferentes soluciones que actualmente existen en el mercado, se decide usar el cloruro de sodio, que ayudará a eliminar la aparente corrosión en el producto.



4.6 Aplicar curvas de polarización

Se realizó para la validación de la propuesta un análisis basado en curvas de polarización que consiste en técnicas electroquímicas modernas basadas prácticamente en el desarrollo de un aparato que se conoce con el nombre de potencióstato. El potencióstato es un instrumento electrónico que permite imponer a una muestra metálica colocada en un medio líquido y conductor, un potencial constante o variable, positivo o negativo, con respecto a un electrodo de referencia. Este electrodo de referencia no forma parte del circuito de electrólisis y, por el mismo, no circula corriente alguna. Su presencia se debe exclusivamente a que sirve de referencia para poner a prueba en todo momento el potencial de la probeta metálica que se está ensayando. Para cerrar el circuito de electrólisis se utiliza un tercer electrodo, por lo general de un material inatacable por el medio en que se realiza la experiencia (platino o grafito, por ejemplo). Se realiza una validación por medio de curvas de polarización para validar el tiempo a la corrosión de la solución propuesta. (Cloruro de calcio).

Este estudio consistió en dos partes, la primera corresponde a la selección, desbaste, pulido y montaje de las muestras, y la segunda, a la realización de las curvas de polarización así como instalar los componentes necesarios para cerrar el circuito y mantener la temperatura en el medio de ensayo.

4.6.1 Primera Parte de la experimentación

Materiales.

Fueron seleccionadas muestras de Acero Inoxidable, Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio.

Ambas probetas de sección rectangular con un área transversal de 1 cm² y un espesor de aproximadamente 2 mm.

Preparación y Montaje de las Muestras.

Las probetas, con las dimensiones mencionadas anteriormente, fueron pulidas desde el papel abrasivo 100 hasta 600 de SiC.



El montaje de las probetas se efectuó en una montadora. La cual opera a una temperatura de 180 °C y una presión de 15 KN, este aparato utiliza polvo de lucita como material de aporte, el cual funde y solidifica durante el proceso, este mismo servirá de matriz para contener el espécimen a montar. Cabe mencionar que la temperatura y presión que maneja este equipo no afecta las propiedades mecánicas de los materiales de estudio.

Con ayuda de un taladro se generó un perforación en el material de Acero Inoxidable para acondicionar un tornillo, este debe hacer contacto con la muestra para que permita el flujo de corriente, se implementó también un alambre de cobre el cual estuvo atado al tornillo, con la finalidad de seguir conduciendo corriente eléctrica desde la probeta, este alambre permitió conectar la probeta a un caimán, este debe ir conectado el espécimen que asume el papel de electrodo de trabajo. Finalmente se recubrió el alambre de cobre con un trozo de manguera, se usó silicón para fijar esta misma al Acero Inoxidable para proteger el circuito eléctrico del electrolito y facilitar el manejo de los componentes del mismo.

La figura 12 representa el montaje final de la probeta que actuó como electrodo de trabajo:

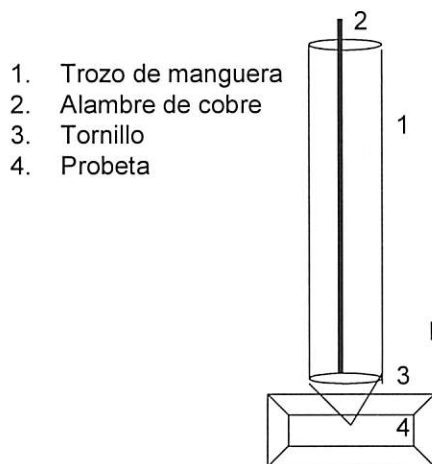


Figura 12: Montaje final de la probeta



4.6.2 Segunda Parte de la experimentación

Medio y Condiciones de Ensayo

Las pruebas electroquímicas se realizaron con la inmersión de las muestras en ambas soluciones, el cual actuó como electrolito. Ambos fluidos salinos que utilizamos en el aro de balance de las lavadoras para obtener un mejor balanceo en nuestro sistema.

Se empleó una cuba especial para este tipo de análisis electroquímicos, de 1 lt de volumen, esta misma cuenta con tapadera para evitar la entrada de oxígeno al sistema de estudio y cuenta con algunos agujeros para sumergir los elementos necesarios en el circuito eléctrico, cabe mencionar que se burbujeó nitrógeno durante 5 minutos antes de iniciar las pruebas para eliminar el oxígeno presente en la atmosfera de trabajo. La temperatura de trabajo fue 37 ° C.

La figura 13 muestra la representación del montaje durante las pruebas potenciométricas.

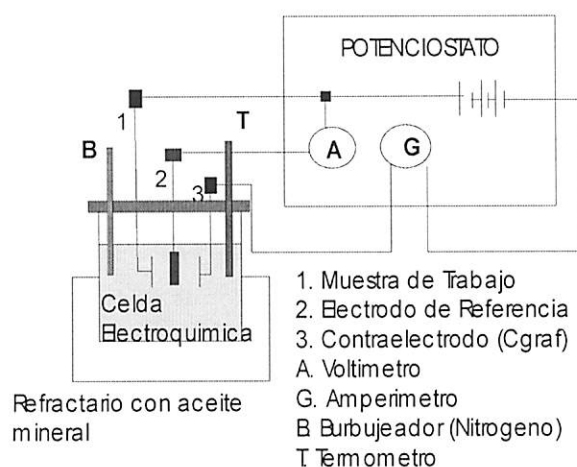


Figura 13: Montaje del equipo durante las pruebas potenciométricas.

Se utilizó un potencióstato Marca ACM Instrument Gill Ac, el cual opera con un software que lleva por nombre Parallel 680, version 4.1.4.



Las características de este equipo se presentan a continuación, tabla 10:

Duración OCP	5 seg.
Barrido	120 mV/seg
Rango (E)	-1400 a 300 mV
Electrodo de Trabajo	Cloruro de Sodio y Calcio
Electrodo de Referencia	Grafito
Área de Barrido	1 cm ²

Tabla 10: Condiciones del equipo.

4.6.3 Presentación y discusión de resultados

En la figura 14 se pueden observar claramente las zonas activa, pasiva y transpasiva características de esta aleación. Por otro lado, al término de la zona activa no existe la tradicional región de transición activa-pasiva, puesto que este tipo de aleaciones se caracterizan por no presentar dicha región, por lo tanto existe la transformación directa desde la zona activa a la pasiva. Esta aleación muestra una amplia región de pasivación en el rango de -900 a 200 mV, esto conduce a corroborar la formación de la capa protectora de oxido y el buen comportamiento de este material en el rango mencionado anteriormente.. Finalmente presenta también una amplia región transpasiva.



Curvas de Polarización

Cloruro de sodio

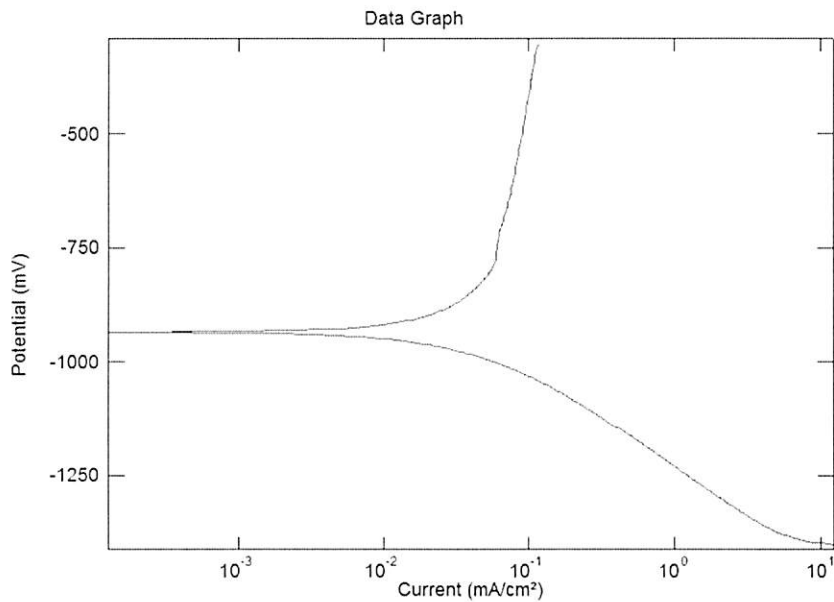


Figura 14: Curva de polarización de Acero Inoxidable, en solución de Cloruro de Sodio, a 37 °C

En la figura 15 se puede observar que el Cloruro de Calcio también presenta claramente las regiones activa, pasiva y un probable inicio de la transpasiva, todo ello bajo el rango de potencial empleado. Existe una zona de transformación de la región activa a la pasiva, particular de este material. La zona de pasivación es amplia, de -200 a 750 mV, en un valor de densidad de corriente casi constante. Sin embargo, para la región transpasiva solo pueden apreciarse inicios probables de la misma bajo las condiciones de estudio. Por otro lado la región catódica-anódica es muy estrecha, también característico del material.

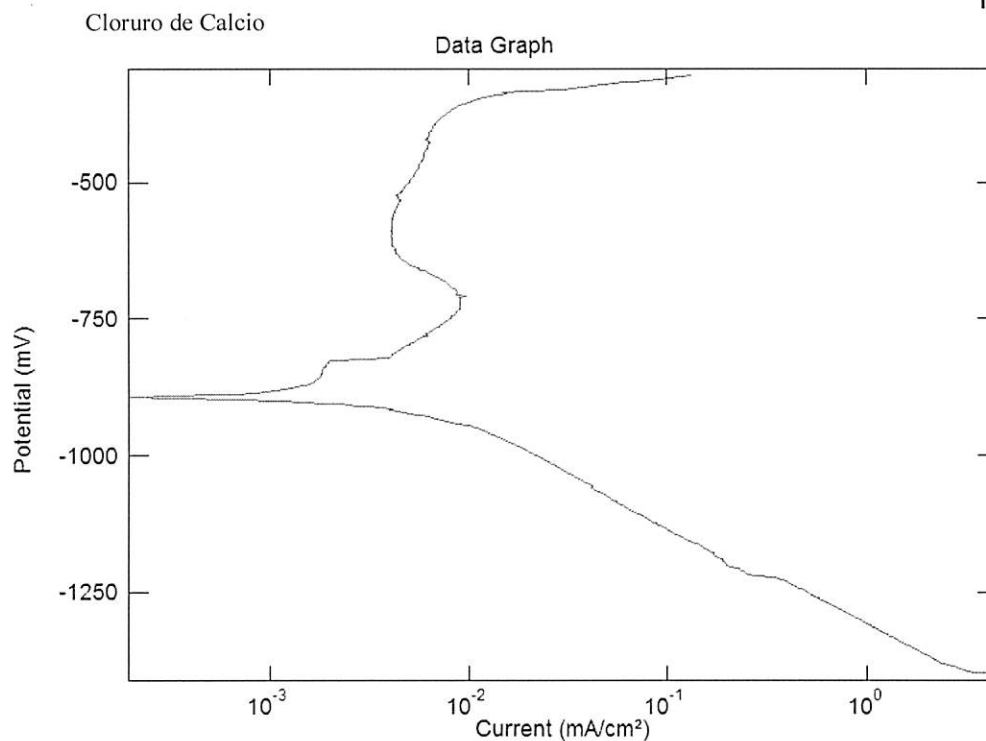


Figura 15: Curva de polarización de Acero Inoxidable, en solución de Cloruro de Calcio, a 37 °.

La comparación del comportamiento de las aleaciones de estudio se presenta en la figura 16, en ella se muestra claramente importantes diferencias. Primeramente la zona catódica-anódica para el Cloruro de Sodio es más estrecha. Ambas aleaciones presentan la transformación desde la zona activa (anódica) a la región pasiva, se efectúa más rápidamente para el Cloruro de Calcio. Con respecto a las zonas de pasividad el Cloruro de Sodio posee una región menor con respecto a la amplia zona del Cloruro de Calcio. Por otro lado la región de transpasividad se presenta en potenciales más bajos para el Cloruro de Sodio, significa que es muy sensible de perder el carácter pasivo bajo modificaciones pequeñas del pH del medio, no así para el Cloruro de Calcio.

Una vez encontradas las pendientes de Tafel para cada una de las aleaciones y consecuentemente con ello el valor de la densidad de corriente de corrosión es posible obtener la velocidad de corrosión de cada una de las aleaciones de estudio.



Haciendo un comparativo de los datos obtenidos, en el Cloruro de Sodio se presenta menor velocidad de corrosión, y mayor zona de pasividad lo cual comprueba una vez más que su propiedad de resistencia a la corrosión es mayor en comparación del Cloruro de Calcio.

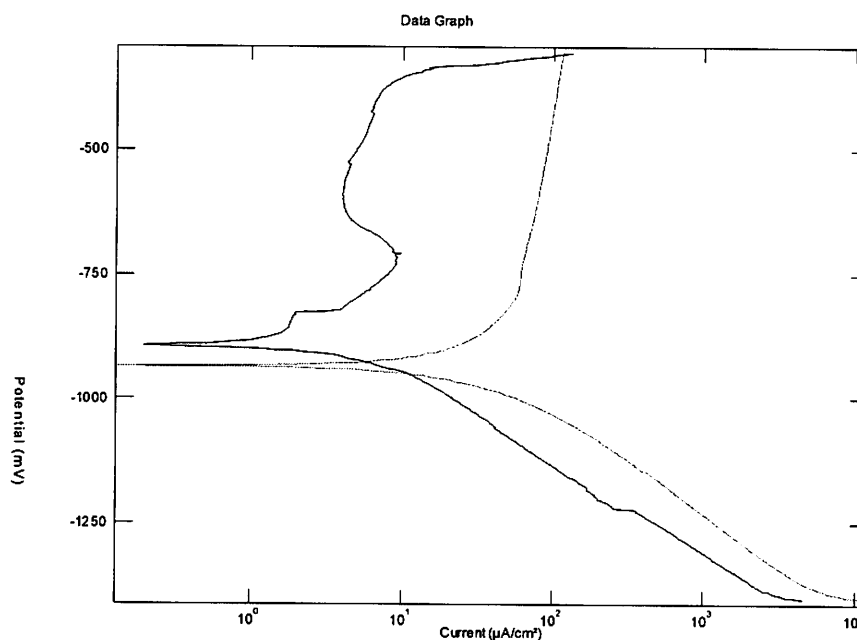


Figura 16: Curva de polarización de Acero Inoxidable, en solución Cloruro de Sodio(Roja) y Calcio (azul), a 37 °C.

4.6.4 Conclusiones

Al día de hoy se tiene implementado el cambio de solución en la lavadora; mejora que ha beneficiado en cuanto a los requerimientos de producto terminado con las características de Acero Inoxidable; al arranque del proyecto solo se había considerado un solo modelo de 14 Kg.; y a la fecha se ha implementado en las capacidades de 10, 13, 14 y 15 Kg. para productos nacionales y se esta trabajando para exportar productos a Chile y Brasil con estas características; con esto se generaran grandes ganancias económicas y con la exportación de productos se siguen ganando puntos para continuar siendo los Lideres de ventas en Latinoamérica.



Al implementar dicha mejora en estas nuevas familias los resultados han sido satisfactorios y se han incrementado los requerimientos ya que han aumentado; ahora la canasta de acero inoxidable se usa en las diferentes capacidades de lavadoras y no solo en las de 14 Kg. como se había pronosticado.

Al arranque del proyecto se tuvo una pérdida de 500 000 pesos por un “Stop the Call” que se tuvo que realizar en el proceso del producto.

Pero con la innovación de todas las capacidades ésta pérdida se compensa ya que actualmente las ventas han aumentado y se inicia la exportación del producto a Chile y Brasil.

Además de que este componente se sigue considerando como innovador para proyectos futuros.

4.7 Verificación

El propósito de estas herramientas es asegurar que cualquier mejora hecha en el proceso sea mantenida, para tal efecto se utiliza:

- Entrenamiento
- Procedimientos
- Trabajo estandarizado en las estaciones de trabajo

Software

- El otro elemento clave es dar formas para monitorear el desarrollo del proceso, aquí se utiliza el control estadístico del proceso.

Estas herramientas son muy diversas y se dividen en dos categorías:

- Herramientas simples de análisis y recolección de datos usadas para confirmar las mejoras.
- Herramientas especializadas empleadas en ciertos problemas específicos del proceso, como diseño de experimentos.

De suma importancia es que después del trabajo realizado se lleve a cabo el control de la mejora debido a:



Prevenir que el problema se repita “retener las ganancias”

Impedir que las mejoras se olviden

Mantener el desempeño del proceso

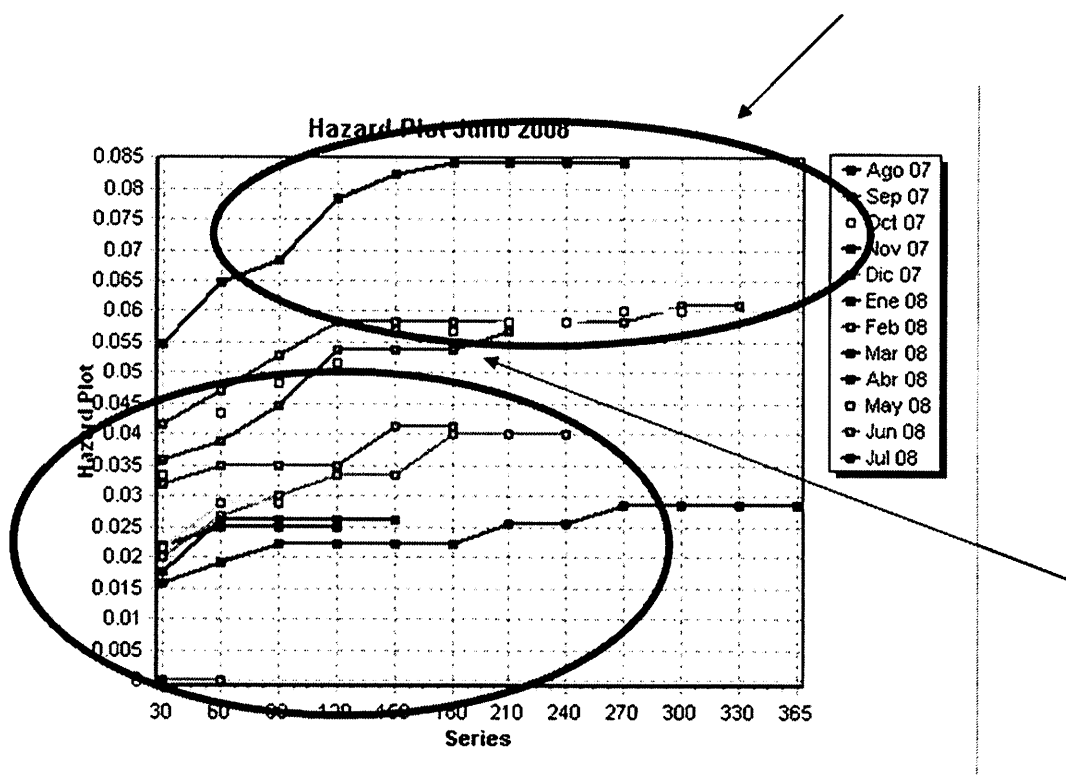
Para alentar la mejora continúa

Asegurar que las mejoras se institucionalicen

Evitar las alteraciones al proceso

Implementar el monitoreo continuo permanente

Se anexa gráfica 12, donde podemos ver una tendencia favorable a partir del mes de diciembre del 2007 donde se observan % de falla menores, solo Ene.08 se ve un ligero incremento pero a partir de Feb.08 continua tendencia a la baja.



Gráfica 12: Hazard plot de lamejora implemetada



V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

5.1 Conclusiones

En esta investigación se comprueba la fortaleza de esta metodología híbrida basada en la metodología DMADOV y las curvas de polarización para la eliminación del desbalanceo o vibración, así como la aparente corrosión en la canasta.

Los resultados presentados en esta investigación muestran la notable mejora que se obtuvo al disminuir el desbalanceo que se presentaba en las lavadoras así como a la eliminación de los efectos aparentes de corrosión que se estaban presentando en la canasta de acero inoxidable al sustituir el liquido de llenado por cloruro de sodio por el que se empleaba anteriormente llamado cloruro de calcio. El llenar el aro de balance con cloruro de calcio estaba contribuyendo notablemente al desbalanceo de la lavadora debido al valor de su peso específico, así mismo debido a su composición química provocaba daños por aparente corrosión.

Estas mejoras se pudieron corroborar con los reportes de quejas en calidad percibida por el cliente y a la disminución de pérdidas económicas de la compañía por rechazos y llamadas de servicio para reparación de lavadoras.

En el estudio del comportamiento de corrosión electroquímica del Cloruro de Sodio y Calcio se puede concluir lo siguiente:

Ambas aleaciones presentan su región pasiva en la zona de implantes, de -1400 a 300 mV, bajo las condiciones de estudio.

La amplia región de pasividad para el Cloruro de Sodio le confiere a esta su carácter estable.

El cloruro de Calcio presenta susceptibilidad de corrosión, al efectuarse la transición del estado pasivante al transpasivo. No así para el Cloruro de Sodio.

La velocidad de corrosión del Cloruro de Sodio es menor con respecto a la del Cloruro de Calcio.

Las evaluaciones por técnicas electroquímicas mostraron ser de gran utilidad para la evaluación del comportamiento de corrosión en diferentes soluciones ya que en un



tiempo relativamente corto (30 minutos a 3 horas) se obtienen resultados precisos para evaluar el comportamiento de las aleaciones.

5.2 Trabajos futuros.

A lo largo de los últimos dos años y medio se ha aprendido a ser más analítico, considero que nuestro país requiere de mayor personal con grados de estudios mayores que la licenciatura, para poder despuntar en el mundo globalizado en el que estamos viviendo.

El campo de los electrodomésticos está extremadamente competido a nivel mundial, esto provoca que la productividad se deba de incrementar cada vez que sea posible.

Es objetivo de este proyecto de Maestría la aplicación de esta metodología en otros subsistemas de la lavadora con la cual se pueda reducir las fallas de diseño que pudieran presentar los nuevos modelos de electrodomésticos.

Así como el uso de las curvas de polarización para determinar la reacción que se tendrá en los diferentes componentes al innovar una nueva solución y se podrán tomar decisiones rápidas ya que el resultado de la interacción se puede dar en un máximo de 3 hrs.

Además de que se tendrá la certeza de la reacción del nuevo líquido lo que asegurará la implementación exitosa de proyectos, en tiempo, costo y calidad, lo que por consecuencia tendrá ganancias y con ello mayor utilidad.

5.3 Aportaciones

El principal aporte de este trabajo fue la demostración de que se pueden integrar las herramientas de Curvas de Polarización con las de Seis Sigma y se pueden conjugar para lograr resultados estupendos, esta integración fue realizada sobre un problema real que se tenía en una empresa mexicana real. Enseguida se enlistan algunos impactos que se llevaron a cabo con la integración de las herramientas de las filosofías de mejora.



5.3.1 Impacto Tecnológico

Se demostró que es factible la integración de las herramientas de Curvas de Polarización con las de Seis Sigma.

Dicha integración se aplicó en un problema real, en una empresa real.

Se sentaron las bases para seguir con los procesos siguientes en la cadena de producción de ensamble.

Evitar estudios de prueba y error con el uso de las curvas de polarización.

5.3.2 Impacto Económico

Se mejoró la disponibilidad de la línea de ensamble, al evitar los tiempos muertos por problemas de calidad.

Se mejoró el tiempo de entrega y por ende la satisfacción del cliente se incrementa.

Lo anterior trajo como consecuencia el cumplimiento en ventas y por consecuencia un incremento en las utilidades.

La Planta se ha convertido en la mejor del grupo en cumplimiento de producción.

Reducir pruebas de campo en proyectos de productividad con el uso de curvas de polarización y hacerlo extensivo a los proveedores.

5.3.3 Impacto Social

Se está fomentando la cultura de la mejora continua.

Se mejoraron las condiciones de trabajo de los operadores, teniendo menos variación entre ciclos.



VI. BIBLIOGRAFIA

- Avila J., Genesca J. Mas Allá de la Herrumbre, Fondo de Cultura Económica 1996.
- Compensación automática de fuerzas dinámicas en un rotor tipo Stodola- Green. E.L. Thearle 1950 Machine Desing Automatic dynamic balancers.
- Cociente, cómputo científico y técnico, marzo – mayo/07
- Charles S. C. Lei, Andrew Davis y E. W. Lee, “Effect of BSTOA and mill anneal on the mechanical properties of Ti6Al4V casting”, Advanced Materials and Process, May 2000.
- Diseño por seis sigma y TRIZ en el desarrollo de Software y Tecnologías de información. (Cuauhtémoc Lemus). Enero 2003
- Dr. Ir. Urbain Vandeurzen 1980. Dynamic balance ring modeling using DADS.
- Douglas C. Montgomery, (2002) Design and Analysis of Experiments, Limusa Wiley. ISBN 968-18-6156-6
- Escalante E. Six Sigma Methodology (2006) Edit. Limusa isbn 10968-186391-7
- Humberto Gutierrez / Roman de la Vara, (2004) Design and Analysis of Experiments , Mc. Graw Hill.
- Irizarry, Wilson y Treviño. A flexible simulation tool for manufacturing cell design. January 2000.
- J. Shigley (2002) Mechanical Engineering Design Mc Graw Hill isbn 970-10-3646-8
- L. Hench, Journal of the American Ceramic Society 7:1705-28, 1998. Cobalt-Base Alloys, Adrian M. Beltran, General Electric Company, Schenectady, New York.
- Manual de capacitación Mabe (2005)
- Marcel Pourbaix, “Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions”, Nace Cebellor (1966).
- Metals Handbook, Nine Edition, Volume 13, Corrosion.
- M. Tirrell, E. Kokkoli and M. Biesalski, Surface Science 500:61-83, 2002.
- Mitsubishi, M., Nagao, Y., Chang, S., Chang, K.; Washing machine dehydration dynamics analysis; Samsung Electronics Co. LTD. (1993).
- Renshaw, T.“Dynamic balance ring modeling using DADS”;GE 90’s Masher Program, Suspension Design Review, 4 Jan 1994.
- Revisiones generales: