



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MEJORAMIENTO Y PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE
CALIDAD EN UNA PLANTA DE NIQUELADO Y CROMADO**

Ricardo Alfredo Montenegro Higueros

Asesorado por: Ing. Gustavo Adolfo Fajardo Ochaeta

Guatemala, septiembre de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO Y PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE
CALIDAD EN UNA PLANTA DE NIQUELADO Y CROMADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RICARDO ALFREDO MONTENEGRO HIGUEROS

ASESORADO POR: ING. GUSTAVO ADOLFO FAJARDO OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

Decano	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Vocal I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal II .	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
Vocal III	Ing. Julio David Galicia Celada
Vocal IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Vocal V	Br. Elsa Yazminda Vides Leiva
Secretario	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Herbert René Miranda Barrios
Examinador	Ing. José Francisco Gómez Rivera
Examinador	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
Examinador	Ing. Hernán Cortés Urioste
Secretaria	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MEJORAMIENTO Y PROGRAMCIÓN DE ACTIVIDADES DE CALIDAD EN UNA PLANTA DE NIQUELADO Y CROMADO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 19 de septiembre de 2001.

Ricardo Alfredo Montenegro Higueros

AGRADECIMIENTOS A

- Dios** Por darme sabiduría e inteligencia en cada momento de mi vida, e iluminar mis pensamientos y como consecuencia de esto permitirme cumplir las metas que me he propuesto.
- Mis padres** Oscar Montenegro Ramírez
María Francisca Higueros de Montenegro
Por todo el esfuerzo que han realizado a lo largo de su vida por mí, y por los valores éticos, morales, de honestidad de honorabilidad y credibilidad, que me han enseñado, por lo que el triunfo lo comparto con ellos.
- Mis hermanos** Verónica, por su ejemplo, Marvin, por su ayuda para la realización del presente trabajo, David, que en algún momento aportó conocimiento a mi formación.
- Mis amigos** Carlos Alfredo, Walter Adolfo, Otto Molina, Alejandro Estrada, Carlos Gutiérrez, Juan Carlos Escobar, Fabiola Godínez, Melby Paz, Amílcar, Estuardo, por su amistad y apoyo.
- En especial** Ing. Otto Molina, Ing. Carlos Gutiérrez, Ing. Gustavo Fajardo, Ph. D. Michael Vanhidy, Ing. Raúl Maldonado (Q.E.P.D.): a todos ellos por el aporte valioso de sus conocimientos al presente trabajo de graduación.
- Vecesa** En especial al Gerente General Lic. Estuardo Realey, Ing. Otto Molina, Sr. René Jolón, por la gran oportunidad que me dieron para la realización del presente trabajo.
- La escuela de Mecánica Industrial** En especial a la Inga. Marcia Véliz por su valiosa colaboración.

ACTO QUE DEDICO A

Dios	De quien proviene todo don perfecto y toda buena dádiva
Mis padres	Oscar Montenegro Ramírez María de Montenegro
Mis hermanos	Verónica, Marvin y David
Mis sobrinos	Angélica y Daniel
Los apóstoles	Dr. Othoniel Ríos Paredes (Q.E.P.D.) Dr. Sergio Enríquez
Mis hermanos en Cristo y amigos	Iglesia de Cristo EbenEzer
Vecesa	Al equipo de trabajo de la planta de producción
La Facultad de Ingeniería	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XIII
1. CROMADO	1
1.1 Antecedentes del cromado de aros para bicicletas.....	1
1.1.1 Cromado duro.....	2
1.1.2 Cromado decorativo.....	4
1.2 Descripción del proceso de cromado en una planta de fabricación de aros para bicicletas.....	5
1.3 ¿Qué es un desengrasante alcalino?.....	7
1.4 ¿Qué es un desengrasante electrolítico anódico alcalino?.....	8
1.5 ¿Qué es una sal ácida?.....	10
1.6 Composición del baño de níquel.....	12
1.6.1 Excalibur.....	13
1.6.2 Abrillantador 63 (Abr-63).....	14
1.6.3 Abrillantador 4 (Abr-4).....	14
1.6.4 Abrillantador 62A (Abr-62A).....	15
1.7 Condiciones de operación del tanque de níquel.....	15
1.7.1 Densidad de la corriente del tanque de níquel.....	16
1.8 Composición del baño de cromo.....	18
1.8.1 Ácido crómico.....	18

- 1.8.2 Sulfato.....
- 1.8.3 Carbonato de bario.....
- 1.8.4 Condiciones de operación del tanque de cromo.....
 - 1.8.4.1 Temperatura en el tanque de cromo.....
 - 1.8.4.2 Densidad de la corriente en el tanque de cromo.....
 - 1.8.4.3 Ánodos del tanque de cromo.....
 - 1.8.4.4 Limpieza del tanque de cromo.....

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA.....

- 2.1 Descripción del diagrama de flujo de operaciones.....
- 2.2 Concentraciones permisibles de los químicos en los tanques...
- 2.3 Análisis de laboratorio (diario, mensual).....
- 2.4 Tipos de defectos en los aros.....
 - 2.4.1 Aros amarillos.....
 - 2.4.2 Aros grises.....
- 2.5 Recolección de datos de acuerdo a los defectos.....
- 2.6 Hojas de registros de los aros defectuosos.....
- 2.7 Porcentaje de aros defectuosos.....

3. DIAGNÓSTICO DEL CROMADO.....

- 3.1 Diagramas y gráficos de control.....
 - 3.1.1 Diagrama de Pareto.....
 - 3.1.2 Diagrama de causa-efecto.....
 - 3.1.3 Gráfico X-R valor promedio y rango (concentraciones: desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo).....
 - 3.1.4 Gráfico P muestra del tamaño variable para aros defectuosos amarillos y grises.....

4. PROPUESTA PARA LA PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES	
EN LA PLANTA DE CROMADO	77
4.1 Pruebas analíticas.....	77
4.2 Prueba de celda de Hull.....	78
4.3 Criterios para el análisis de la placa.....	79
4.3.1 Procedimiento A.....	82
4.4 Filtro del tanque de níquel (tratamiento con carbón activado).....	84
4.5 Adiciones de químicos.....	85
4.5.1 Carga inicial y mantenimiento del desengrasante alcalino en el tanque 1.....	85
4.5.2 Carga inicial y mantenimiento del desengrasante electrolítico anódico alcalino en los tanques 2 y 3.....	86
4.5.3 Carga inicial y mantenimiento de la sal ácida en el tanque 5..	87
4.5.4 Carga inicial y mantenimiento del níquel en el tanque 7.....	87
4.5.5 Carga inicial y mantenimiento del cromo en el tanque 11...	89
4.5.6 Los tanques 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 contienen agua cruda.....	93
4.6 Mantenimiento.....	93
4.6.1 Aspectos diarios a controlar.....	94
4.6.1.1 Tanques de desengrasantes.....	94
4.6.1.2 Tanque de níquel.....	95
4.6.1.3 Tanque de cromo.....	96
4.6.2 Aspectos semanales a controlar.....	98
4.6.2.1 Tanques de desengrasantes.....	98
4.6.2.2 Tanque de níquel.....	99
4.6.2.3 Tanque de cromo.....	99
4.6.3 Aspectos mensuales a controlar.....	100
4.6.4 Aspectos semestrales a controlar en el tanque de níquel.....	101

5. CONTROL DE LA PROPUESTA.....	103
5.1 Porcentaje de aros defectuosos antes y después de la programación de actividades.....	103
5.2 Gráficos de control para las concentraciones después de la programación de actividades.....	104
5.2.1 Gráfico X-R valor promedio y rango para los tanques de desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo.....	105
5.2.2 Gráfico P muestra del tamaño variable de los aros amarillos y grises.....	127
5.3 Comparación de los resultados obtenidos.....	129
 CONCLUSIONES.....	 137
RECOMENDACIONES.....	139
BIBLIOGRAFÍA.....	141
APÉNDICES.....	142

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Planta de cromado de aros para bicicletas	6
2	Diagrama de flujo de operaciones de cromado	31
3	Hoja para registro de aros defectuosos	42
4	Diagrama de Pareto del aro 26 antes de la programación de actividades	48
5	Diagrama causa-efecto del aro gris	50
6	Diagrama causa-efecto del aro amarillo	51
7	Desengrasante udyprep F en el tanque 1 antes de la programación de actividades	53
8	Desengrasante udyprep 270 en el tanque 2 antes de la programación de actividades	55
9	Desengrasante udyprep 270 en el tanque 3 antes de la programación de actividades	57
10	Sal ácida actane 345 en el tanque 5 antes de la programación de actividades	59
11	Ácido bórico en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades	61
12	Níquel metálico en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades	62
13	Cloruro de níquel en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades	64
14	Sulfato de níquel en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades	65

15	Ph en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades	67
16	Ácido crómico en el tanque 11 antes de la programación de actividades	69
17	Sulfatos en el tanque 11 antes de la programación de actividades	70
18	Relación ácido crómico/sulfato en el tanque 11 antes de la programación de actividades	72
19	Fracción disconforme antes de la programación de actividades	74
20	Unidades defectuosas np antes de la programación de actividades	75
21	Aro 26 gris antes y después de la programación de actividades	103
22	Aro 26 amarillo antes y después de la programación de actividades	104
23	Desengrasante udyprep F en el tanque 1 después de la programación de actividades	105
24	Desengrasante udyprep 270 en el tanque 2 después de la programación de actividades	108
25	Desengrasante udyprep 270 en el tanque 3 después de la programación de actividades	110
26	Sal ácida actane 345 en el tanque 5 después de la programación de actividades	112
27	Ácido bórico en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades	
28	Níquel metálico en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades	114 116
29	Cloruro de níquel en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades	117
30	Sulfato de níquel en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades	119
31	Ph en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades	120

32	Ácido crómico en el tanque 11 después de la programación de actividades	122
33	Sulfatos en el tanque 11 después de la programación de actividades	124
34	Relación ácido crómico/sulfato en el tanque 11 después de la programación de actividades	125
35	Fracción disconforme después de la programación de actividades	127
36	Unidades defectuosas np después de la programación de actividades	128
37	Diagrama de Pareto del aro 26 defectuoso antes de la programación de actividades	129
38	Diagrama de Pareto del aro 26 defectuoso después de la programación de actividades	130
39	Aro 26 defectuoso antes y después de la programación de actividades	131
40	Porcentaje del aro 26 defectuoso antes y después de la programación de actividades	132
41	Aro 26 bueno, gris, amarillo, burbuja y otros antes de la programación de actividades	133
42	Aro 26 bueno, gris, amarillo, burbuja y otros después de la programación de actividades	134
43	Aro 26 bueno y total defectuoso antes y después de la programación de actividades	135
44	Temperatura del desengrasante udyprep F del tanque 1 antes de la programación de actividades	177
45	Temperatura del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 antes de la programación de actividades	178
46	Temperatura del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 antes de la programación de actividades	179
VII		

47	Temperatura del tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades	180
48	Temperatura del tanque 11 de cromo antes de la programación de actividades	181
49	Temperatura del desengrasante udyprep F del tanque 1 después de la programación de actividades	182
50	Temperatura del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 después de la programación de actividades	183
51	Temperatura del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 después de la programación de actividades	184
52	Temperatura del tanque 7 de níquel después de la programación de actividades	185
53	Temperatura del tanque 11 de cromo después de la programación de actividades	186

TABLAS

I	Concentraciones en los tanques de desengrasantes y sal ácida	26
II	Concentraciones en el tanque de níquel	27
III	Concentraciones en el tanque de cromo	27
IV	Resumen del diagrama de flujo de operaciones de cromado	35
V	Muestra de aros 26 para bicicletas	43
VI	Porcentaje de aro 26 defectuoso	43
VII	Criterios para análisis de placas	80
VIII	Concentraciones del desengrasante udyprep F del tanque 1 antes de la programación de actividades	143
IX	Concentraciones del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 antes de la programación de actividades	144

VIII

X	Concentraciones del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 antes de la programación de actividades	145
XI	Concentraciones de la sal ácida actane 345 del tanque 5 antes de la programación de actividades	146
XII	Concentraciones de ácido bórico del tanque 7 antes de la programación de actividades	147
XIII	Concentraciones de níquel metálico del tanque 7 antes de la programación de actividades	148
XIV	Concentraciones de cloruro de níquel del tanque 7 antes de la programación de actividades	149
XV	Concentraciones de sulfato de níquel del tanque 7 antes de la programación de actividades	150
XVI	Concentraciones del Ph del tanque 7 antes de la programación de actividades	151
XVII	Concentraciones de ácido crómico del tanque 11 antes de la programación de actividades	152
XVIII	Concentraciones de sulfatos del tanque 11 antes de la programación de actividades	153
XIX	Concentraciones de la relación ácido crómico/sulfatos del tanque 11 antes de la programación de actividades	154
XX	Concentraciones del desengrasante udyprep F del tanque 1 después de la programación de actividades	155
XXI	Concentraciones del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 después de la programación de actividades	156
XXII	Concentraciones del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 después de la programación de actividades	157
XXIII	Concentraciones de la sal ácida actane 345 después de la programación de actividades	158
IX		

XXIV	Concentraciones de ácido bórico del tanque 7 después de la programación de actividades	159
XXV	Concentraciones de níquel metálico del tanque 7 después de la programación de actividades	160
XXVI	Concentraciones de cloruro de níquel del tanque 7 después de la programación de actividades	161
XXVII	Concentraciones de sulfato de níquel del tanque 7 después de la programación de actividades	162
XXVIII	Concentraciones del Ph del tanque 7 después de la programación de actividades	163
XXIX	Concentraciones de ácido crómico del tanque 11 después de la programación de actividades	164
XXX	Concentraciones de sulfatos del tanque 11 después de la programación de actividades	165
XXXI	Concentraciones de la relación ácido crómico/sulfatos del tanque 11 después de la programación de actividades	166
XXXII	Temperaturas en grados centígrados del desengresante udyprep F del tanque 1 antes de la programación de actividades	167
XXXIII	Temperaturas en grados centígrados del desengresante udyprep 270 del tanque 2 antes de la programación de actividades	168
XXXIV	Temperaturas en grados centígrados del desengresante udyprep 270 del tanque 3 antes de la programación de actividades	169
XXXV	Temperaturas en grados centígrados del tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades	170
XXXVI	Temperaturas en grados centígrados del tanque 11 de cromo antes de la programación de actividades	171
XXXVII	Temperaturas en grados centígrados del desengrasante udyprep F del tanque 1 después de la programación de actividades	172

XXXVIII	Temperaturas en grados centígrados del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 después de la programación de actividades	173
XXXIX	Temperaturas en grados centígrados del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 después de la programación de actividades	174
XL	Temperaturas en grados centígrados del tanque 7 de níquel después de la programación de actividades	175
XLI	Temperaturas en grados centígrados del tanque 11 de cromo después de la programación de actividades	176
XLII	Fracción disconforme del aro 26 antes de la programación de actividades	187
XLIII	Aros defectuosos número 26 antes de la programación de actividades	188
XLIV	Fracción disconforme del aro 26 después de la programación de actividades	189
XLV	Aros defectuosos número 26 después de la programación de actividades	190

GLOSARIO

Abrillantador	Sirve para resaltar el brillo en una superficie metálica.
Ácido bórico	Proveedor de cromo en el tanque de cromo.
Ánodo	Es el electrodo al cual migran los iones cargados negativamente.
Aro	Pieza metálica cromada que sirve para armar la rueda de una bicicleta.
Aros amarillos	Aro defectuoso con un color amarillento en la superficie cromada.
Aros grises	Aro defectuoso con un color gris en la superficie cromada.
Baño de cromo	Recipiente o tanque cargado con ácido crómico y sulfato.
Baño de watts	Solución compuesta por ácido bórico, sulfato de níquel, cloruro de níquel.
Barra de cromado	Barra horizontal que se encuentra en la planta de cromado.
Bitácora	Historial con cuadros de controles, el cual sirve posteriormente para consultas.

Cabeza	Pieza de bronce que lleva los ganchos con los aros a través de la barra de cromado en los tanques.
Cátodo	Es el electrodo al cual migran los iones cargados positivamente, en este caso los aros.
Celda de Hull	Es un instrumento indispensable para las investigaciones experimentales en cromado.
Cinta metálica	Materia prima que sirve para hacer un aro para bicicleta.
Concentración	Proporción de un químico disuelto en un líquido en masa por unidad de volumen.
Conductividad de una solución	Facilidad que tiene una solución para llegar a cierta densidad de corriente.
Densidad de corriente	Es la corriente en amperios que pasa por la unidad de superficie.
Desengrasante	Sirve para quitar la grasa y suciedad de una pieza metálica.
Efervescencia en el ánodo	Desprendimiento de burbujas alrededor de un ánodo dentro del tanque de cromo.
Electrodeposición	Es el aporte eléctricamente de partículas de una sustancia a una pieza metálica

Enchapado	Sirve para producir efectos decorativos en una pieza metálica.
Enjuague	Consiste en limpiar con agua una pieza metálica después del desengrase.
Esferas de níquel	Son los ánodos en forma de fichas utilizadas en el tanque de níquel
Gancho	Es la pieza que sostiene los aros y va colocada en la cabeza.
Iones	Partículas dotadas de carga eléctrica.
Islas secas	Se forman sobre una superficie de una placa que se utiliza con la celda de Hull, luego de haber desengrasado y enjuagado la misma.
JIS	Estandares industriales japoneses
Movimiento catódico	Es un movimiento horizontal que se da en el tanque de níquel, para que se dé una buena electrodeposición.
Niveladora	Máquina que sirve para nivelar el aro.
Perfiladora	Máquina que sirve para procesar la cinta metálica y convertirla en un aro para bicicleta.
Planta de cromado	Máquina que sirve para cromar aros para bicicletas.

Pulido	Proceso que se le da a los aros en la superficie antes de troquelar y cromar.
Relación	Cociente entre la concentración de ácido crómico y la de sulfatos.
Sal ácida	Es un polvo seco que produce soluciones ácidas cuando se disuelve en agua.
Sulfatos	Actúa como catalizador para la cromación.
Tanque de cromo	Tanque compuesto por ácido crómico y sulfatos.
Tanque de desengrasante	Contiene desengrasante para limpiar los aros.
Tanque de níquel	Contiene el baño de watts.
Tanque de sal ácida	Contiene la sal ácida llamada actane 345.
Temperatura de operación	Es la temperatura que se debe de utilizar dentro de un tanque.
Tiempo de inmersión	Lapso en el cual se encuentran los aros sumergidos en un tanque.
Troquelado	Proceso que consiste en perforarle a los aros 36 agujeros y uno para la válvula del tubo de la bicicleta.

RESUMEN

El proceso de niquelado y cromado no es muy común en nuestro medio debido a que existen pocas industrias que se dedican a niquelar y cromar piezas.

En este estudio se analizará el proceso de niquelado y cromado para aros de bicicleta de tamaño 26 pulgadas de rodada y el tratamiento químico por el cual pasan. Se trata de un proceso que se ve afectado por distintas variables que se necesitan controlar, como por ejemplo: concentraciones, tiempo de inmersión temperatura, etc.

Se analiza la situación actual de la planta de cromado de aros para bicicletas, luego se efectúa un diagnóstico el cual se realiza a través de herramientas estadísticas con el objetivo de mejorar la calidad del producto para luego realizar una propuesta para programar actividades semanales, mensuales, y semestrales en la planta de cromado. La información obtenida del estudio permite implementar mejoras de calidad las cuales pueden servir de base para monitorear el proceso de cromado de aros número 26 de pulgadas de rodada.

Por último se controla el proceso y se analizan los resultados que se obtienen al implementar las mejoras, por medio de herramientas estadísticas, las cuales ayudan a reducir los problemas de defectos en los aros para bicicletas.

OBJETIVOS

General

Implementar el mejoramiento continuo en la planta de cromado con el propósito de elaborar una programación de actividades de calidad para disminuir el porcentaje de aros defectuosos y establecer el mantenimiento de soluciones químicas y de la máquina; y de esta manera obtener el cromado deseado.

Específicos

1. Identificar los aros defectuosos en el cromado, como lo son: aros amarillos y grises.
2. Establecer los criterios para evaluar los defectos: por imagen visual con iluminación enfocada, por análisis de laboratorio: ensayos en cámara salina o en su defecto expuestos a la intemperie, para determinar la resistencia a la oxidación en unidad de tiempo.
3. Registrar información que pueda servir para solucionar futuros problemas en el cromado.
4. Capacitar al personal de la planta de cromado para identificar los defectos y así poder separarlos, y proveerles la información necesaria para que puedan operar la máquina.

5. Establecer el control diario que se debe de realizar en los tanques.
6. Disminuir el porcentaje de unidades defectuosas a través de la programación de actividades.
7. Establecer las medidas de seguridad que deben de tomar los operarios, antes y durante el funcionamiento de la planta de cromado.

INTRODUCCIÓN

En la planta de niquelado y cromado se necesita implementar un mejoramiento continuo. La finalidad del presente trabajo es garantizar la calidad del producto en función del proceso, por lo que es necesario, implementar una serie de actividades las cuales conllevan los procedimientos a seguir para el mantenimiento de las soluciones, limpieza de los tanques, controles que permitan tomar decisiones para solucionar futuros problemas, ya que no existe ninguna información al respecto.

Se presentan elementos teóricos que sirven de partida para implementar el planteamiento, de tal manera que exista el fundamento para que alguien que esté iniciando un trabajo y no tenga información y desee investigar acerca del proceso de niquelado y cromado de aros para bicicletas pueda serle útil.

Cuando se tienen todos los elementos teóricos y la situación actual ha sido planteada, entonces, se hace la propuesta y a su vez una prueba, de qué sucede cuando se aplica el mejoramiento continuo. Lógicamente el proceso se mantendrá en control siempre y cuando todos los involucrados realicen su trabajo con excelencia y conforme se vayan introduciendo los cambios en el proceso.

Es de esperar que los resultados que se obtengan serán de gran valor para el proceso y de gran utilidad para solucionar problemas diarios.

1. CROMADO

1.1 Antecedentes del cromado de aros para bicicletas

A pesar de la simplicidad de sus composiciones, los baños de cromados son más complicados de operar que la mayoría de los baños galvánicos y requieren un control más riguroso.

El tratamiento que ha alcanzado gran aceptación a partir de 1940 es el tratamiento crómico para las superficies. Fue ideado para inhibir la corrosión de las superficies por el contacto con el agua. La utilidad del tratamiento será más apreciable observando la conducta del material base en varias condiciones de exposición, las cuales pueden ser clasificadas en dos campos extensos: la intemperie y el contacto con el agua.

Diariamente se recubren millones de piezas relacionadas con la fabricación de automóviles, aeroplanos, refrigeradoras utensilios eléctricos tales como tostadores, máquinas planchadoras, ventiladores, calentadores, etc. Piezas metálicas de construcción tales como cerraduras, bisagras, manijas, placas de protección, adornos arquitectónicos, estufas de cocina, máquinas lavadoras, muebles y enseres de oficinas, vitrinas para exhibición y equipos para almacenamiento, utensilios de plomería, máquinas de escribir, relojes, artículos de bisutería, estuches y bolsas para señoras, sombrillas, vagones y coches de ferrocarril, linternas de mano, utensilios de cocina, plumas estilográficas y lapiceros, radios, palos y accesorios de golf, armas de fuego etc.

Para mejorar el aspecto en una pieza el recubrimiento o enchapado es llamado galvanostegia. La finalidad del enchapado ya sea cromado duro o decorativo es la prevención de la corrosión.

Sea cual fuere el artículo o la aplicación, se escoge el revestimiento en vista de lo que se desee, el uso que haya de tener el artículo acabado y la clase de metal base.

El cromado es el revestimiento decorativo más usual hoy en día. Otros tipos de recubrimiento son inferiores al cromo para dar protección, pero el buen aspecto dado por el cromo es muy duradero por la resistencia del metal contra el empañado, la corrosión y el ataque de sustancias químicas.

El cromo toma su nombre de la raíz griega chroma que significa color, ya que muchos compuestos del cromo son intensamente coloridos.

1.1.1 Cromado duro

Es un proceso electrolítico, que permite aplicar un recubrimiento de cromo duro sobre materiales como el acero, fundición, aluminio, cobre, latón y acero inoxidable, con un espesor variable según las necesidades, tiene como objetivo mejorar las propiedades del material base gracias a su elevada dureza, resistencia al desgaste, bajo coeficiente de fricción y buena resistencia a la corrosión.

Características

- Dureza. Es la propiedad principal de este tratamiento
- Bajo coeficiente de rozamiento. Excelente para aplicaciones donde la fricción y el deslizamiento sean importantes.
- Gran resistencia al desgaste. Indicado para aumentar la vida de piezas expuestas a fatiga por abrasión.

- Espesores. La posibilidad de aplicar grandes espesores lo hace ideal para recuperar piezas fuera de tolerancia.
- Resistencia a la corrosión. Su carácter inoxidable combinado con una aplicación adecuada mejora la resistencia a las tolerancias deseadas.
- Mecanizable. Por rectificado, lo que permite ajustar las piezas a las tolerancias deseadas.
- Acabados. Gracias a los pulidos y chorreados anteriores y/o posteriores al cromado se puede obtener diferentes texturas superficiales, brillantes, satinadas o mates con rugosidad controlada.

El cromo duro por sus características puede ser aplicado en todos los sectores, hidráulica, neumática, alimentación, mecánica en general, automoción, textil, moldes, aeronáutica, electrónica, cerámica, etc. Los espesores para cromado duro son de 2.5 a 500 micras o más.

Algunos tipos de piezas que pueden cromarse.

Camisas de válvulas preventoras de surgencia, camisas de bombas de inyección de lodo, camisas de cilindros de motores, caños lavadores, cigüeñales, cilindros, ejes, ejes de propulsión de barcos, matrices, pistones de bombas alternativas, rodillos conductores de líneas de estañado, rotores de bombas, ruedas curtidoras, tambores de máquinas de hielo, tornillos de compresores, tubos de cilindros neumáticos, turbinas, válvulas alimenticias, vástagos de cilindros hidráulicos y neumáticos, vástagos de compresores, vástagos y ejes de válvulas preventoras de surgencia.

1.1.2 Cromado decorativo

Es un proceso electrolítico, que permite aplicar un recubrimiento de cromo decorativo sobre materiales como el acero, aluminio, cobre, latón y acero inoxidable.

Su función principal es la resistencia a la corrosión. Los espesores para el cromado decorativo varían de 0.25 a 0.5 micras

Algunos ejemplos de cromado decorativo son: hebillas de cinchos, adornos para bolsas, estructuras para estanterías, patas de mesas, marcos, accesorios para bicicletas: aros, timones, marcos, canastas, parrillas, mazas, patas o sostén, tenedores, tacos, loderas, corta uñas, tijeras, lapiceros, etc.

Breve historia: hacia 1957 se abre la primera tienda de bicicletas y repuestos, luego en 1968 por el rápido crecimiento hubo necesidad de mover la tienda a la sexta avenida de la zona 1. donde creció más para suplir el mercado local al igual que la apertura Centroamericana, que en un futuro se convertiría en la tienda más moderna de su tipo en Centro América y el Caribe.

Fue hasta en 1991 que transfirió sus operaciones a una planta industrial, para incrementar producción y cubrir la demanda tan alta del mercado. Esta nueva planta con maquinaria de alta tecnología es la única de su tipo en Centro América y el Caribe.

Fue entonces cuando se empezó a trabajar con una planta de cromado italiana, pero debido a la rotación de personal que hubo por causas de reorganización empresarial, años después hubo necesidad de establecer dentro del proceso nuevamente, cómo mantener controles o bitácoras que permitieran tomar decisiones para corregir problemas futuros relacionados con el cromado, debido a que se perdió la documentación que existía sobre el tema.

Es por ello que el presente trabajo es importante para este tipo de proceso de cromado de aros en particular, se analiza la información para aros de tamaño de 26 pulgadas de rodada, ya que es uno de los aros que más se producen y el desarrollo de la solución es el mismo para los otros aros.

1.2 Descripción del proceso de cromado en una planta de fabricación de aros para bicicletas

En la planta hay varias líneas de producción como los son: marcos para bicicletas, tenedores, loderas, parrillas, timones, aros. El proceso de cromado es uno de los más difíciles de controlar ya que dentro del mismo existen distintas variables a controlar como por ejemplo: temperatura, concentraciones, volúmenes de soluciones, limpieza, cuando el todo está en movimiento, sin la experiencia debida es complicado el proceso, es por ello que la inducción es muy importante para el control del proceso.

Es por ello que el trabajo se circunscribe únicamente al proceso de cromado de aro de 26 pulgadas de rodada.

El proceso de fabricación de aros para bicicletas es el siguiente y el diagrama se detalla con más precisión en el capítulo 2.

Ingreso de la materia prima a bodega: en este caso ingresa la cinta metálica en forma de rollos.

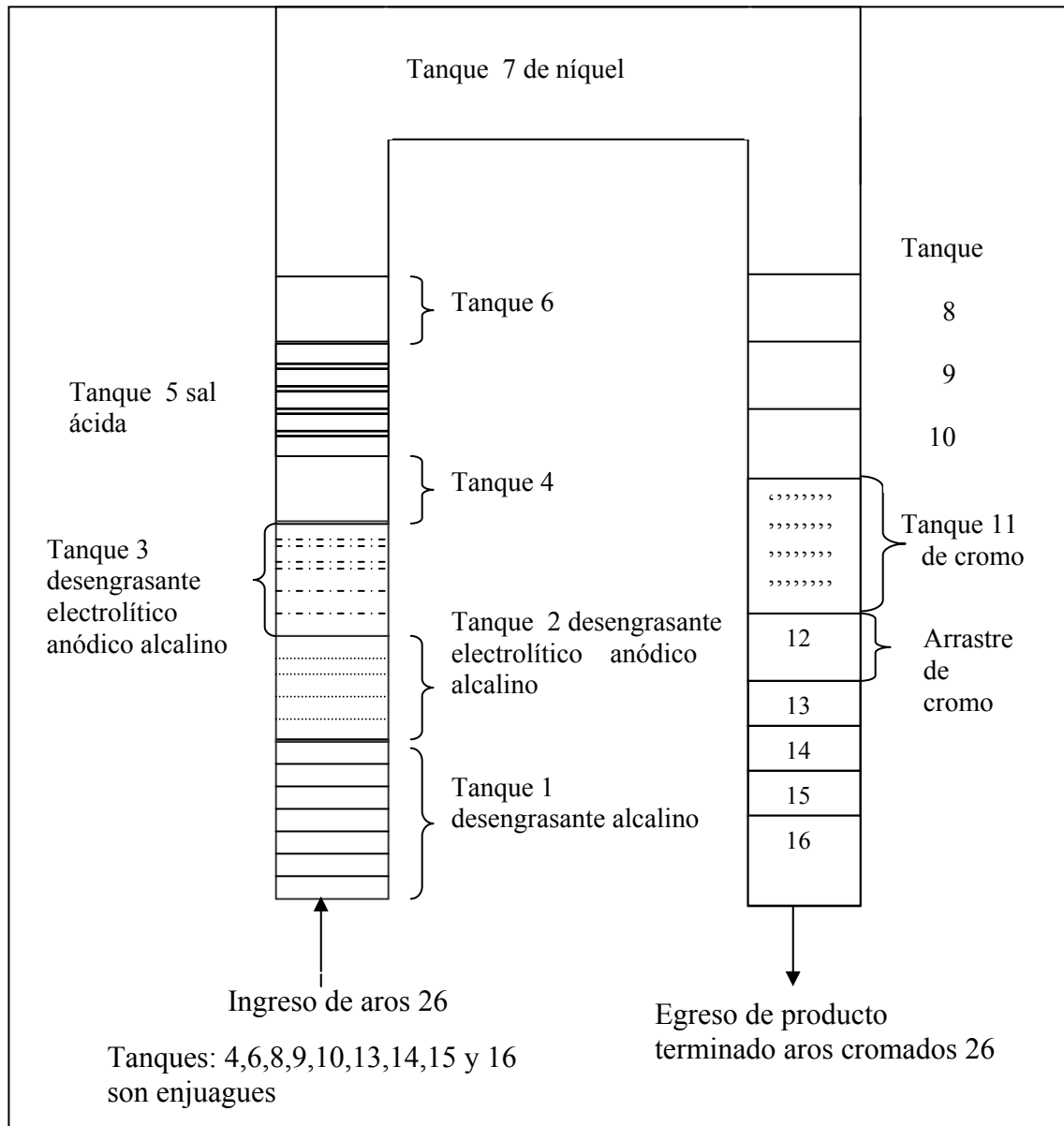
Ingresa al departamento de perfilado en donde se le da al aro el perfil adecuado a su tamaño 20, 24 ó 26 pulgadas de rodada.

Ingresa al aro al área de pulido, en donde se pule la parte interna y los lados del mismo.

Ingresa al departamento de troquelado: se perforan en el aro 36 agujeros y uno adicional, el de la válvula.

Ingresa a la planta de cromado para ser tratado con desengrasantes, sal ácida, baño de níquel, y baño de cromo como se muestra en la figura 1.

Figura1. Planta de cromado de aros para bicicletas



Luego sale de la planta de cromado de aros para bicicletas y se lleva a la bodega de producto terminado, para ser usado después en los talleres de ruedas y ensamblar las llantas para bicicletas.

1.3 ¿Qué es un desengrasante alcalino?

Es un producto utilizado por inmersión o en equipo de ultrasonido sobre piezas de acero. Su alta capacidad para emulsionar y retener aceites y grasas, lo hacen un limpiador excelente para remover compuesto de estampado, compuesto de embutido, aceites retardadores de la oxidación y residuos de compuesto de pulido

¿Cómo usar el desengrasante alcalino UF?

A) Acero que va a ser procesado en esmalte vítreo

Concentración:	15 – 30 g/lit
Temperatura :	93 – 98 °C
Tiempo de inmersión:	3 – 10 min.

B) Aceros con residuos de pasta de pulido.

Concentración :	45 – 60 g/lit
Temperatura :	82 – 93 °C
Tiempo de inmersión:	5 – 10 min.

C) Ultrasonido

Concentración:	15 – 30 g/lit
Temperatura :	80 – 90 °C
Tiempo de inmersión:	1-2 min

La concentración de UF puede ser aumentada o reducida dependiendo del tipo de suciedad a ser eliminada y del tiempo disponible para la limpieza.

Después de desengrasar las piezas, deben enjuagarse adecuadamente con agua caliente de preferencia o con agua a temperatura ambiente.

El desengrasante acumula grasa y suciedad gradualmente y deberá ser desechado cuando la contaminación interfiera la limpieza. Equipo, tanque y calentadores de acero.

1.4 ¿Qué es un desengrasante electrolítico anódico alcalino?

El desengrase electrolítico alcalino U270 es un acondicionador de superficies de alta conductividad libre de fosfatos de uso general en sustratos de acero. El desengrasante electrolítico anódico alcalino U270 tiene una habilidad superior de enjuague y es especialmente efectivo cuando se usa en equipo automático en donde los tiempos de inmersión son mínimos.

Propiedades físicas

Forma	polvo
Espuma	Produce una buena capa de espuma para reducir neblina, arrastre y pérdidas de calor.
Conductividad	alta
Fosfatado	no
Quelante	Fuertemente quelante para el ablandamiento del agua, poder de dispersión mejorado, tolerancia de metales pesados y propiedades mejoradas de enjuague.

¿Cómo usar el U270?

	Condiciones de operación	
	Óptimo	Rango
Concentración	60 g/l	60 a 105 g/l
Temperatura	82 °C	65 a 99 °C
Tiempo de inmersión	2 minutos	1 a 3 minutos
Densidad de corriente anódica	5 amp/dm ²	
Voltaje	6 a 9 volts	

	Equipo
Tanques	Acero
Rectificador	0 a 9 volts
Serpentines de calentamiento	Acero rolado en frío, acero inoxidable o titanio.
Electrodos	Acero perforado, acero niquelado perforado.
Ventilación	es recomendable
Mezclador	Se recomienda un agitador potente para la disolución del desengrasante o moverlo manualmente.
Control de temperatura	Se recomienda

1.5 ¿Qué es una sal ácida?

Sal ácida seca, el A345 es un polvo seco que produce soluciones ácidas cuando se disuelve en agua. Se ha desarrollado para reemplazar a la mayoría de los ácidos usados en la industria galvanoplastia. Su mezcla única de activadores y agentes tensoactivos produce superficies activas libres de tizne, en una amplia variedad de superficies metálicas, incluyendo: acero, zinc, latón, cobre y aluminio. También se puede usar para eliminar cromo de níquel, dejando una superficie de níquel activa.

El A345 también se puede usar catódicamente si se desea; para auxiliar en la eliminación de costras y óxidos muy adheridos. El uso de corriente también mejora la efectividad de algunos ciclos de activación.

El A345 elimina muchos de los riesgos asociados con los ácidos líquidos. Debido a que es un polvo seco, no existen problemas de manejo y salpicaduras; proporcionando así una mayor seguridad. Cuando se usa a una temperatura ambiente, no se liberan los típicos vapores ácidos, resultando en unas mejores condiciones de trabajo.

¿Cómo usar el A345?

Condiciones de operación para cromado

	Rango
Concentración:	140 – 240 g/lit
Temperatura:	15 – 80 °C
Tiempo de inmersión:	15 seg. a 3 minutos

Equipo requerido

Para operación a temperatura ambiente: koroseal, hule, Pvc, polietileno, plomo o resina AR. Para operación a temperatura alta: koroseal, hule o plomo químico.

¿Cuándo se usa corriente?

Densidad de corriente anódica	3.5 – 5 amp/dm ²
Densidad de corriente catódica	7.5 – 10 amp/dm ²
Voltaje	2 – 6 volts.
Ánodos	Plomo químico o grafito
Relación ánodos/piezas	2:1

Sugerencia para usar el A345 con acero

Para:	Concentración
Aplicación general	120 g/lt
Estampados de acero antes de níquel brillante	120 g/lt
Estampados de acero antes de zinc brillante	240 g/lt
Acero tubular soldado	120 g/lt
Acero con tratamiento térmico	240 g/lt
Acero antes de fosfatizar	240 g/lt

1.6 Composición del baño de níquel

La solución utilizada para el tanque de niquelado consta de los siguientes componentes: sulfato de níquel, cloruro de níquel y ácido bórico y lleva el nombre de baño de watts:

- Sulfato de níquel: el sulfato de níquel es el principal proveedor de iones de níquel en la solución. Su concentración determina la densidad de corriente límite a la cual se obtienen deposiciones de níquel razonables. En general el aumento de la concentración de níquel permite el uso de densidades de corriente mayores en el cátodo y consecuentemente, velocidades mayores de niquelado.
- Cloruro de níquel: la función del cloruro de níquel es la de mejorar la corrosión en los ánodos y aumentar la conductividad de la solución. Tener una alta conductividad es importante, ya que ésta reduce el voltaje necesario para llegar a cierta densidad de corriente.
- Ácido bórico: el ácido bórico contribuye para producir una deposición más blanca, más lisa y más dúctil.

- Abrillantadores: la función de los abrillantadores es para mejorar el brillo, para este caso se describen: excalibur, abrillantador 63, abrillantador 4, y abrillantador 62A.

1.6.1 Excalibur

El proceso excalibur es un proceso de níquel brillante agitado por aire diseñado para producir una excelente nivelación y brillantez aún a rangos de densidad de corriente muy bajas. Este proceso no contiene materiales que causan la formación de cantidades de productos indeseables de degradación. Los depósitos del proceso excalibur tienen una ductilidad excepcional y una receptibilidad al cromo. Se puede usar para niquelar acero, latón y componentes con superficies cobrizadas.

El exceso moderado de abrillantador excalibur no es malo, grandes cantidades pueden reducir la ductilidad e incrementar el estrés interno. Para calcular la composición de excalibur.

Composición de la solución

rango

Sulfato de níquel	300 - 375	g/lt
Cloruro de níquel	75 - 90	g/lt
Ácido bórico	45 - 48.75	g/lt
Abrillantador 63	3.5 por ciento en volumen	2.5- 4.5 en volumen
Excalibur	variable	0.2 – 0.6 por ciento en volumen
Abrillantador 4*	0.4 por ciento en volumen	0.2–0.6 por ciento en volumen
Agente humectante 62A	0.4 por ciento en volumen	0.2 – 0.6 por ciento en volumen

*Generalmente usado sólo para preparación inicial del tanque de níquel.

Condiciones de operación

	Óptimo	Rango
Ph	4.0	3.5 – 4.5
Temperatura	60°C	54 – 66 °C

Densidad de corriente

Catódica variable 2.2 – 6.5 amp/dm²

1.6.2 Abrillantador 63 (Abr-63)

El abrillantador 63 promueve depósitos uniformes en todas las zonas, mejora la ductilidad y reduce el stress interno. Es usado para preparar soluciones nuevas y convertir las soluciones de níquel brillante existentes. El abrillantador 63 se agrega regularmente.

Una adición de 1 litro / 10,000 amperes/hora puede usarse inicialmente para mantener la concentración deseada hasta que se establezca un consumo adecuado.

El abrillantador excalibur cuando se usa en conjunto con el Abr-63 proporciona depósitos uniformemente brillantes con una superior nivelación, excelentes propiedades físicas y receptivas de cromo.

1.6.3 Abrillantador 4 (Abr-4)

El abrillantador 4 realza el brillo y nivelación sobre la totalidad del rango de densidades de corriente. El uso de este abrillantador es generalmente limitado a la preparación o conversión de soluciones existentes.

Dado que se puede utilizar como un aditivo auxiliar, la concentración máxima del Abr-4 no deberá exceder concentraciones mayores del 0.6 por ciento en volumen, ya que puede afectar la receptividad de cromo.

Las adiciones de mantenimiento no se requieren normalmente ya que este abrillantador está contenido en el exalibur.

1.6.4 Abrillantador 62A (Abr-62A)

El agente humectante 62A reduce la tensión superficial y provee de una acción detergente limitada en la solución de níquel, dando depósitos libres de piquete.

Una concentración mínima del 0.15 en volumen debe ser mantenida. Es aconsejable agregar este anti-picadura para evitar la excesiva formación de espuma.

1.7 Condiciones de operación del tanque de níquel

Las condiciones de operación se dividen en dos partes: las variables temperatura, pH, densidad de corriente, y agitación con aire, ánodos, limpieza del tanque, las cuales se describen a continuación.

- Temperatura del tanque de níquel: una temperatura alta mejora la conductividad de la solución, reduce la probabilidad de quemaduras y ayuda al brillo del níquel. La temperatura de níquel deberá mantenerse a 50 – 71 °C ó 60 °C óptimo.

- Ph También llamado potencial de hidrógeno grado de agresividad de una sustancia química, rango permisible: 3.5 – 4.5. Un pH muy alto (mayor a 4.6) puede causar problemas relacionados a una baja receptividad de cromo y la formación de un sólido blanco indeseable. Un pH muy bajo (menor que 3.0) implica una baja eficiencia en el cátodo y una deposición opaca.

1.7.1 Densidad de la corriente del tanque de níquel

La densidad de corriente puede llegar a ser 8 veces en los extremos de la pieza. Por lo tanto, a densidades de corriente muy altas, los extremos pueden salir quemados. Para evitar este problema se deberá niquelar a una densidad de corriente menor y a un tiempo mayor, ó se pueden introducir alambre de cobre ladrones de corriente cerca de las partes afectadas.

Una densidad de corriente baja necesitará de más tiempo para depositar el mismo grosor de níquel. La relación entre el amperaje, el grosor depositado, el área de la pieza y el tiempo de niquelado se resume en la siguiente ecuación:

$$I = (19000 \times d \times A) / t$$

donde I es el amperaje, d es el grosor de níquel depositado en pulgadas, A es el área de superficie de la pieza en pies cuadrados y t es el tiempo de niquelado en horas.

Esta ecuación es válida sólo para el proceso de niquelado, y se basa en una eficiencia de 100 por ciento en el cátodo.

Ejemplo: se necesita cubrir una pieza cuya área de superficie es de 3 pie² con una capa de níquel de 0.001 pulgadas. Si quiere niquelar la pieza por 15 minutos, cuántos amperios debe de tener?

$$I = (19000 \times 0.0001 \times 2) / 0.25 = 228 \text{ amperios}$$

Se necesita ahorrar electricidad y el amperaje no debe pasar de 100 amperios.
¿Cuánto tiempo deberá niquelar la misma pieza, si se requiere el mismo grosor?

Despejando el tiempo de la ecuación se tiene

$$t = (19000 \times d \times A) / I$$

$$T = (19000 \times 0.001 \times 3) / 100 = 0.57 \text{ horas} = 34.2 \text{ minutos}$$

- Agitación con aire para el tanque de níquel: la agitación con aire es muy deseable en el proceso de niquelado, porque incrementa los límites máximos de densidad de corriente para producir un buen niquelado, previene la estratificación del electrolito y mantiene el baño a una temperatura uniforme.
- Ánodos para el tanque de níquel: el níquel de los ánodos puede ser níquel electrolítico en cuadrados, níquel al carbono enrollado, níquel sd o s – esferas. Todos los ánodos deben meterse en bolsas de franela, dynel o polipropileno. Las bolsas deben tratarse antes de meterse al baño.
- Limpieza del tanque de níquel: constantemente se deben de limpiar las barras en donde van colocadas las canastas, que contienen las esferas de níquel o ánodos para que la electrodeposición del baño sea efectiva sobre la pieza a niquelar. Las canastas de esferas de níquel se deben de sacar cada dos semanas, a fin de inspeccionar la bolsa, si la bolsa que originalmente es de color blanca tiene un color café, necesita limpieza, entonces se procede a quitarle la bolsa y se limpian los ánodos con agua a presión para quitar las impurezas y suciedad que impide la electrodeposición.

- Las bolsas se deben de introducir en un recipiente con una solución de ácido sulfúrico al 2 por ciento durante 10 minutos, luego se procede a introducir nuevamente la canasta con las esferas de níquel en la bolsa ya limpia.

1.8 Composición del baño de cromo

El baño de cromo está compuesto de ácido crómico, sulfatos, y carbonato de bario, los cuales se detallan a continuación. Este baño se usa para el acabado decorativo de piezas niqueladas brillantes.

1.8.1 Ácido crómico

El ácido crómico se disuelve en agua y forma con ella ácido crómico, el cual es el proveedor de cromo en el tanque. Además de proveer el cromo, también lleva un catalizador y un aditivo que reduce las emisiones de cromo al ambiente.

El proceso de cromo, brinda un depósito de cromo brillante, libre de manchas con una excepcional capacidad de recubrimiento dentro de amplios límites de condiciones de trabajo. El agente catalítico que tiene el cromo tiene una poderosa acción activante sobre la superficie níquel brindando una superficie sumamente apta para el depósito de cromo.

Este proceso provee además una mejor eficiencia catódica y se obtienen depósitos a mayores densidades de corriente que las usadas en baños de cromo convencionales, pudiendo eliminarse prácticamente los ánodos auxiliares, pantallas o robadores.

La concentración óptima del agente catalítico es mantenida, normalmente por el uso exclusivo del compuesto crom k. no obstante el contenido de sulfatos puede ser determinado por métodos convencionales y si fuera necesario, puede ser variado.

Composición de la solución

Cromo k 250 – 330 gr/lt

Sulfatos 1.5 – 2.25 gr/l

Relación 160/1-180/1

Las condiciones operativas de la solución de cromo son similares a las de los baños de cromo convencionales. Para obtener óptimos resultados, la concentración del compuesto crom k, la temperatura y densidad de corriente deberán mantenerse dentro de una definida relación entre sí. Algunas condiciones particulares, a menudo necesitarán una pequeña desviación de los valores óptimos, pero se recomienda muy especialmente mantenerse dentro de los límites especificación.

La temperatura se deberá mantener en el rango especificado, la operación a temperatura baja incrementa el quemado en las piezas y será necesario reducir la densidad de corriente. En altas temperaturas decrecerá el poder de penetración.

Con el amplio rango de operación 16.5 a 22 amperios/dm² se pueden cromar la gran variedad de piezas que se quiera procesar. Se sugiere usar la más alta densidad de corriente permisible sin obtener quemado.

El tiempo de deposición recomendado será de 1 a 4 minutos en la mayoría de condiciones de operación se obtiene un depósito de cromo de 5 millonésimas de pulgada por minuto (0.000005”). 0.13 micras.

1.8.2 Sulfato

El sulfato actúa como catalizador para la cromación. Sin él, la electrodeposición no funciona. La relación entre la concentración de ácido crómico y la de sulfato debe mantenerse constante. Ya que la concentración requerida de sulfato es muy pequeña y se tiene arrastre de sulfato de níquel desde el tanque de níquel, generalmente no se tendrá que añadir sulfato (en forma de ácido sulfúrico) al tanque. Más bien, el contenido de sulfato debe mantenerse constante mediante adiciones de carbonato de bario. El rango en el cual deben de mantenerse los sulfatos es de 1.5 a 2.25 g/lit.

1.8.3 Carbonato de bario

Se añade carbonato de bario al tanque de cromo para bajar la concentración de sulfato dentro del mismo y así aumentar la relación ácido crómico/sulfato. El carbonato de bario reacciona con el sulfato formando un precipitado blanco, sulfato de bario, que se deposita en el fondo del tanque. Por lo tanto, no deberá hacerse la adición mientras que se está cromando, ya que el precipitado se depositará sobre la pieza y obstruirá la deposición de cromo. Debido a que este sólido es pesado, no tendrá efectos adversos sobre la calidad del cromado mientras el sedimento no ocupe demasiado volumen en el tanque. Por lo tanto, el lodo puede dejarse en el fondo del tanque hasta que se le dé mantenimiento al mismo.

1.8.4 Condiciones de operación del tanque de cromo

Las variables de operación en el tanque de cromo son: temperatura, densidad de corriente, ánodos y la limpieza del tanque.

1.8.4.1 Temperatura en el tanque de cromo

La temperatura del cromo deberá mantenerse entre 40 – 50 °C. Para la mayoría de las aplicaciones decorativas, la temperatura recomendada es de 46°C. La solución de cromo k operará satisfactoriamente entre 42 y 57 °C. Como en la mayoría de los baños de cromo una temperatura baja favorece un aumento en el poder cubriente con menos tendencia a manchar en las zonas de baja densidad de corriente y menor tendencia a quemar, pueden emplearse densidades de corriente más altas que las normales, aprovechando la ventaja del mejor poder cubriente a menores temperaturas.

Un aumento en la temperatura permitirá operar a mayores densidades de corriente, obteniendo como consecuencia mayor velocidad de depositación. La operación a más temperatura, no obstante, aumenta la sensibilidad a manchas en las zonas de baja densidad de corriente. Se recomienda el uso de una suave agitación de aire, empleando aire limpio de baja presión a través de una línea de distribuidores de aire. Esta práctica asegurará una temperatura uniforme en todo el tanque.

1.8.4.2 Densidad de la corriente en el tanque de cromo

La densidad de la corriente a utilizar depende de la temperatura de operación, de la relación ácido crómico/sulfato, de la cantidad de impurezas arrastradas hacia el tanque, de la forma de la piezas, el uso de ánodos auxiliares y de la configuración de los ganchos. Se pueden obtener deposiciones brillantes hasta los 400 amperios por pie cuadrado. La relación entre el amperaje, el grosor el área de la pieza y el tiempo de cromado se resume en las siguiente ecuación:

$$I = (51800 \times d \times A)/t$$

donde I es el amperaje, d es el grosor de cromo depositado en pulgadas , A es área de superficie de la pieza en pies cuadrados y t es el tiempo de niquelado en horas.

Esta ecuación es válida sólo para el proceso de cromado y se basa en una eficiencia de 100 por ciento en el cátodo.

Ejemplo : se necesita cubrir una pieza cuya área de superficie es de 2 pie² con una capa de cromo de 0.001 pulgadas. Si se quiere niquelar la pieza por 2 minutos, ¿cuántos amperios debe de tener?

$$I = (51800 \times 0.001 \times 2) / (2/60) = 3108 \text{ amperios}$$

Esta ecuación es válida sólo para el proceso de cromado. Es muy importante que los contactos estén firmes y que la corriente no se interrumpa durante el cromado, ya que de darse una interrupción, se deposita una segunda capa de cromo sobre el cromo, cuyo resultado es un color blanco opaco sobre la pieza, o de ser un falso contacto, manchas blancas opacas sobre la pieza.

1.8.4.3 Ánodos del tanque de cromo

La inspección de los ánodos deberá realizarse aproximadamente cada mes. Una revisión breve de los ánodos consiste en cromar una pieza de acero a 6 voltios e inspeccionar los ánodos. Un ánodo en buen estado y con un buen contacto tendrá una copiosa efervescencia a su alrededor. Además, habrá que revisarse la superficie de los ánodos. El ánodo se saca lentamente de la solución, los operarios deben de tener guantes de hule, lentes y un respirador para proceder. Su superficie debe estar limpia y libre de manchas amarillas.

Las manchas amarillas son cromato de plomo depositadas sobre el ánodo. El cromato de plomo no conduce la corriente y es por lo tanto un aislante sobre el ánodo que interrumpe el paso de la corriente hacia la solución. En caso de estar sucio o manchado un ánodo, se debe limpiar bien la superficie con un cepillo de alambre.

1.8.4.4 Limpieza del tanque de cromo

Es importante mantener las barras del tanque limpias, ya que en ellas van colocados los ánodos de plomo los cuales sirven para electrodepositar el cromo en la pieza. Los contactos del tanque deben de limpiarse cada semana, así como las orillas del tanque deben de mantenerse limpias de cromo, esto se puede lograr con una solución de ácido sulfúrico al 2 por ciento.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

La situación en la planta de cromado de aros para bicicletas, es la siguiente: la información con que se cuenta, no se encuentra registrada en una computadora, es necesario saber el comportamiento de las concentraciones en cada tanque, para ello se necesita implementar unas hojas electrónicas que automáticamente tabulen la información y poder tener una visión más clara de lo que está ocurriendo. No se cuenta con una bitácora que indique lo que se debe de hacer en caso ocurra una emergencia.

- Se carece de una hoja que permita realizar el reporte de aros defectuosos, esto se realizaba en un cuaderno, lo que se pretende es de que se tenga un archivo mensual de la producción de aros buenos y defectuosos, para que quede un historial debidamente identificado.
- Es necesario tener el siguiente equipo de laboratorio: una balanza electrónica para realizar adiciones, buretas, pipetas de 1ml, 2ml, 5ml y 10ml, iluminación enfocada en donde se realizan las actividades de laboratorio, recipientes para adicionar químicos en cada tanque.
- Equipo de seguridad: botas altas de hule, guantes largos, gabachas, respiradores para vapores y químicos.
- Cepillos de alambre para limpiar los ganchos y las cabezas, cepillo para limpiar los contactos.

Es necesario la limpieza en la planta de cromado. La limpieza en general tanto en las barras como en los puntos de contacto en donde debería de estar limpias esas áreas, ya que de ellas depende la buena utilización del equipo, por otro lado la limpieza de las cabezas y los ganchos que llevan los aros para cromar no se encuentran en buenas condiciones, algunos de los ganchos necesitan ser reemplazados en su totalidad, otros que solo ameritan una limpieza y revestimiento de plasticover para continuar utilizándolos.

Algunas cabezas necesitan ser cambiadas ya que se encuentran deterioradas y esto influye en la electrodeposición.

Las concentraciones en los tanques de desengrasantes en una corrida son las siguientes que se tomaron:

Tabla I. Concentraciones en los tanques de desengrasantes y sal ácida

	Tanque1 Udyprep F g/lt	Tanque 2 Udyprep 270 g/lt	Tanque 3 g/lt	Tanque 5 Actane 345 g/lt
Muestra	48.00	53.50	55.75	165.00
Óptimo	52.50	82.50	82.50	190

En esta parte se puede notar que el proceso de limpieza es deficiente ya que está retirado de la media de especificación que es el valor óptimo.

De igual manera el tanque de níquel se encuentra en:

Tabla II. Concentraciones en el tanque de níquel

	Ácido bórico g/lt	Níquel metálico g/lt	Cloruro de níquel g/lt	Sulfato de níquel g/lt	pH
Muestra	38.50	79.00	68.00	285.00	5.10
Óptimo	46.87	90	82.50	337.50	4.00

Y al analizar el cromo se tiene

Tabla III. Concentraciones en el tanque de cromo

	Ácido crómico g/lt	Sulfatos g/lt	Relación g/lt
Muestra	235.00	1.50	156.66
Óptimo	318.75	1.875	170.00

Por lo que es necesario realizar un diagnóstico mas profundo para observar el comportamiento de las concentraciones respecto a las concentraciones de especificación, esto se analiza con mayor detalle en el capítulo tres y cinco.

2.1 Descripción del diagrama de flujo de operaciones

La cinta metálica sale de la bodega de materia prima para el departamento de perfilado.

En el departamento de perfilado se construyen los aros que se utilizan para las ruedas de las bicicletas, luego pasa a una soldadura en punta (en donde se hace la unión del aro), luego pasa a esmerilado y se procede a nivelarlo, y luego se trasladan los aros al departamento de pulido.

La pieza a cromar previamente debe de pulirse adecuadamente, para que la superficie quede lisa, aunque según la ley de la cohesión dice que toda superficie está unida en sus partes microscópicas. La superficie debe de quedar casi lisa al pulir, aunque ninguna superficie en sí es lisa. Pero lo que se pretende con el pulido es que cuando se deposite la capa de níquel y la capa de cromo quede electrodepositada en la pieza, es de vital importancia realizar este proceso antes de cromar cualquier pieza, aunque teniendo concentraciones adecuadas en el níquel se puede niquelar y cromar, pero la pieza no se verá como una que se pule.

En el departamento de pulido se utilizan diferentes calibres de lija para quitar la aspereza que todavía tiene la unión del aro , luego se procede a colocarlo en una máquina pulidora, la cual pule la parte interna del aro y los laterales del aro, este proceso lo realiza en 20 segundos. Luego se pasa al departamento de troquelado, en donde se procede a perforar los agujeros en el aro esto se realiza en 35 segundos, y luego ya está listo para llevarlo a la planta de niquelado y cromado.

En la planta de cromado hay 2 operarios, los cuales se encargan de la planta de cromado, uno de ellos la revisa, antes de iniciar labores, el operario verifica las temperaturas de los tanques 1, 2, 3, 7 y 11 luego busca en cada tanque si hay algún gancho, aro o cabeza de gancho dentro de los tanques, esto se hace para evitar paros en la planta de cromado durante el día.

Se procede a encender todo el panel de control y los rectificadores de los tanques de: desengrasantes, níquel y cromo, luego se enciende el filtro del tanque de níquel, y se pone en marcha la planta de cromado, mientras el otro operario trae el aro en carreta desde el área de aros troquelados o perforados, colocan las cabezas en la barra y luego los ganchos en la cabeza, luego colocan los aros de 3 en 3 en cada gancho, la planta de cromado tiene capacidad para 40 cabezas con 3 unidades cada cabeza.

La primer cabeza es introducida en el tanque número 1 de desengrasante alcalino tiempo de inmersión 2 minutos (en donde empieza el proceso de limpieza), capacidad del tanque 3 cabezas, cuando viene la cuarta cabeza, sale la primera en 0.083min. y ésta entra al tanque número 2 de desengrasante electrolítico anódico alcalino (continúa el proceso de limpieza), el cual tiene capacidad para 3 ganchos tiempo de inmersión 2 minutos.

Sale la primer cabeza en 0.083min. y entra al 3er. tanque de desengrasante electrolítico anódico alcalino (limpieza), el cual tiene capacidad para 3 cabezas tiempo de inmersión 2 minutos, sale la primer cabeza en 0.083seg. de este tanque y luego entra al tanque 4 el cual es un enjuague de agua cruda, entra el gancho para limpiar los aros de los desengrasantes que pueda llevar, tiempo de inmersión 45 segundos, luego sale en 0.083min. de allí y entra al tanque número 5 de sal ácida (deja la superficie activa libre de tizne) entra sólo una cabeza, tiempo de inmersión 45 segundos, luego sale de la sal ácida en 0.083min. y entra al tanque 6 (enjuague) para limpiar el gancho y el aro de los residuos de la misma, tiempo de inmersión 45 segundos.

Sale en 0.083min. de allí y entra al tanque número 7 tanque de níquel aquí el tanque tiene capacidad de 17 cabezas hasta que el tanque está lleno sale la primer cabeza tiempo de inmersión 12 minutos (se electrodeposita níquel en los aros, y los abrillantadores).

Sale la primer cabeza en 0.083min. del mismo y entra al tanque número 8 (arrastré de níquel), tiempo de inmersión 45 segundos sale en 0.083min. de allí y entra al tanque 9 y 10 los cuales son enjuagues (agua cruda) cabeza por cabeza tiempo de inmersión 45 segundos en cada uno de ellos, luego entra al tanque número 11 tanque de cromo, se electrodeposita cromo en el aro capacidad del tanque 3 cabezas, luego sale el primer gancho con los aros cromados del mismo y entra uno a uno al tanque 12 arrastre de cromo en donde deja la mayor cantidad de solución. Entra gancho por gancho a los tanques 13,14,15 y 16 los cuales son enjuagues para quitar la solución de cromo para limpiar el aro y el gancho tiempo de inmersión en cada tanque 45 segundos luego un operario quita los aros de los ganchos y coloca otros 3 aros en cada gancho que viene, luego los aros son guardados en la bodega de producto terminado.

Figura 2. Diagrama de flujo de operaciones de cromado

1/5

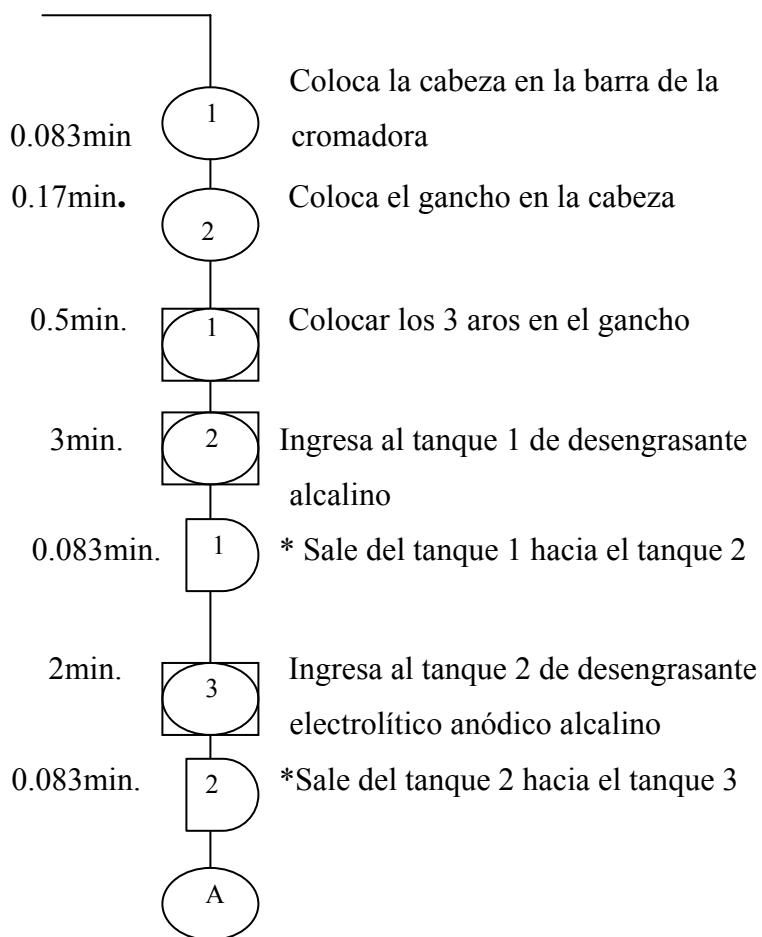
Método : actual

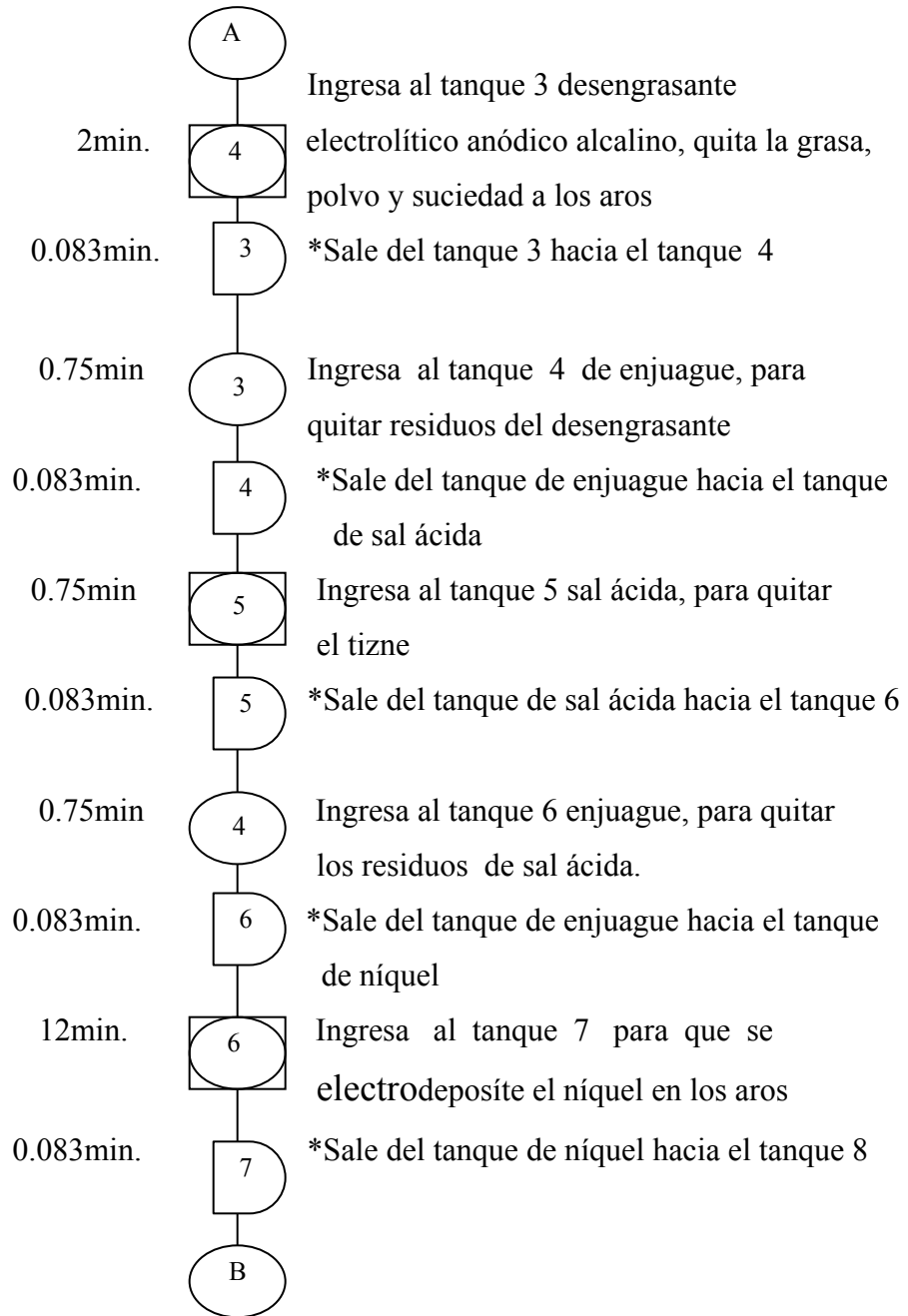
Elaborado por: Ricardo Montenegro

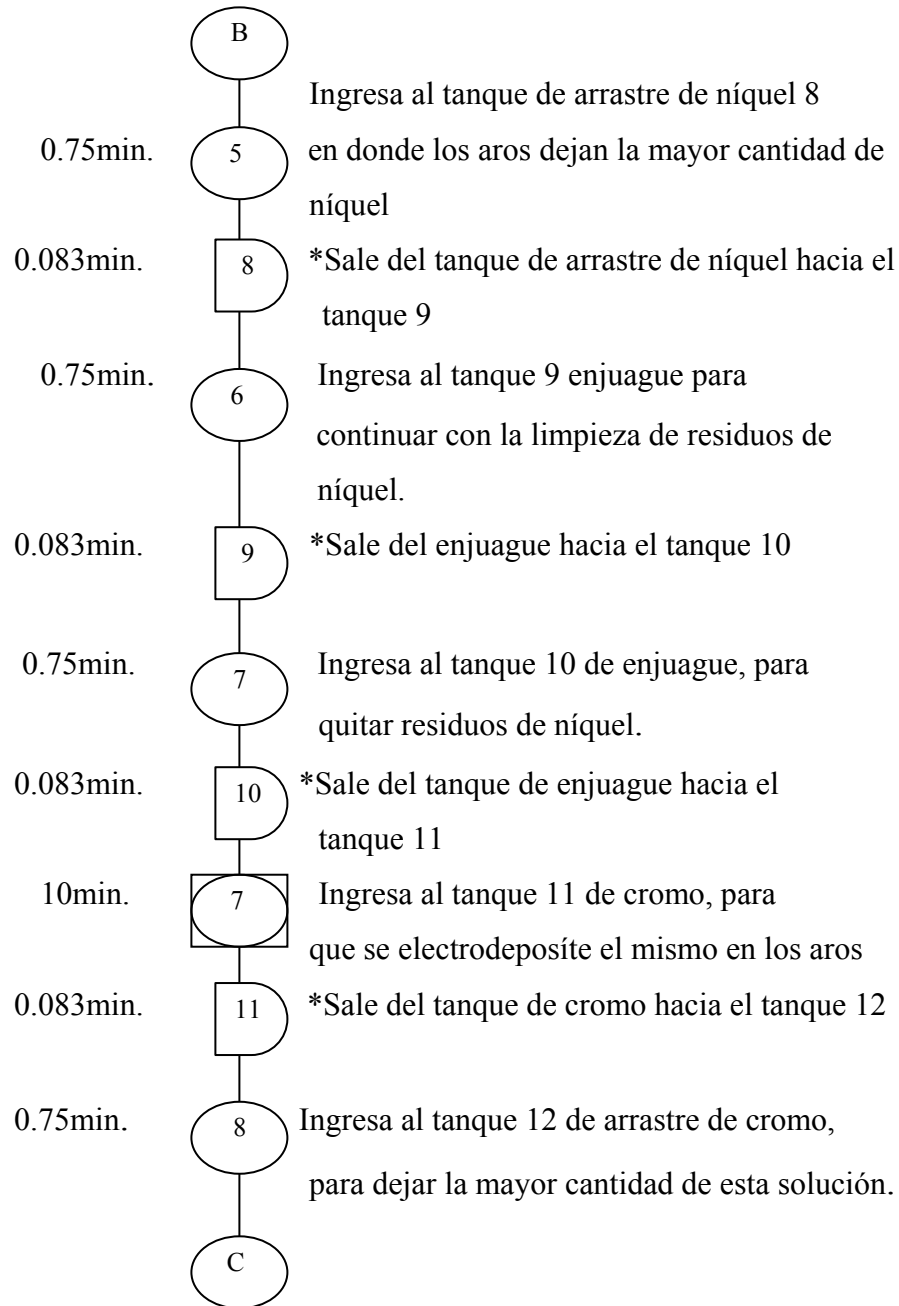
Inicia : barra de cromado

Finaliza: bodega de producto terminado

Proceso: cromado de aros para bicicletas







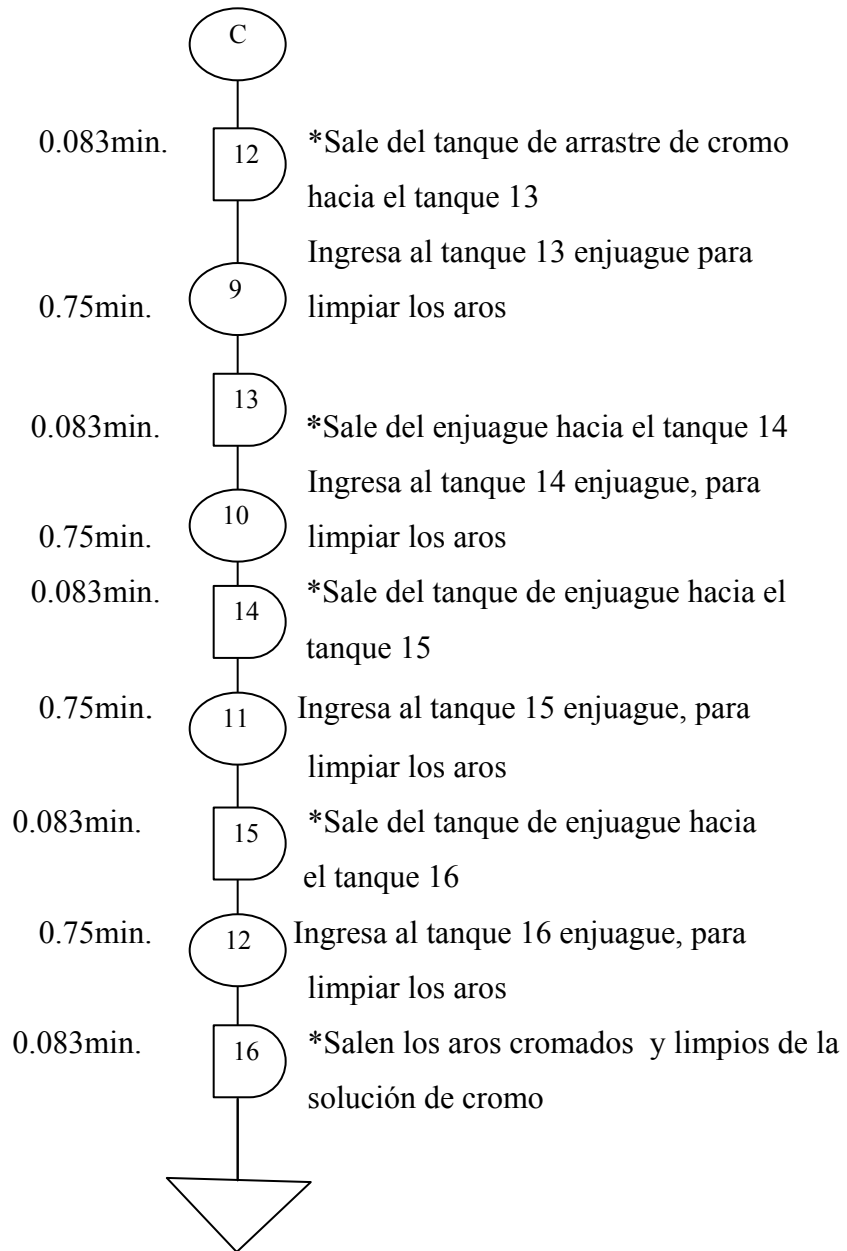


Tabla IV. Resumen del diagrama de flujo de operaciones de cromado

Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (min)
○	Operación	12	7.753
□	Inspección	0	0.000
◻	Combinada	7	21.25
D	Demora	16	1.33
▽	Bodega	1	
Total			30.333

*El transporte se toma como una demora debido a que la distancia a transportar es menor a 1.5 metros

2.2 Concentraciones permisibles de los químicos en los tanques

Las concentraciones permisibles son las de especificación es decir son las que puede recomendar un proveedor de químicos, por lo general son las mismas, en algunos casos varían dependiendo de la calidad del producto y de las recomendaciones que puedan sugerir.

A continuación se detallan las concentraciones de especificación o permisibles

Concentración del tanque 1 desengrasante alcalino UF

Para el proceso de limpieza la concentración se debe de mantener en el siguiente rango.

45 – 60 g/lit

Por cada litro de agua 1 gramo de desengrasante.

Para obtener una buena limpieza es mejor si se mantiene en la media del rango.

Concentración del tanque 2 y 3 desengrasante electrolítico anódico alcalino U270.

Para el proceso de limpieza la concentración se debe de mantener en el siguiente rango.

60 – 105 g/lit

Para obtener una buena limpieza es mejor si se mantiene en la media del rango.

Concentración del tanque 5 sal ácida

Para el proceso de cromado, la concentración se debe de mantener en el siguiente rango:

140 – 240 g/lit

Para obtener superficies libres de tizne, se debe de mantener en el rango.

Concentración de los componentes del baño de níquel

Para obtener un baño de níquel de calidad las concentraciones deben de ser las siguientes:

Concentraciones del tanque de níquel

Componente	Intervalo (g/lit)
Cloruro de níquel	75 – 90
Sulfato de níquel	300 – 375
Ácido bórico	45 – 48.75

Es necesario mantener las concentraciones de este tanque en la media para que el baño electrodeposite el níquel en los aros.

Concentración del tanque de cromo

La concentración ideal de ácido crómico y de sulfato en el tanque deben de ser las siguientes::

Ácido crómico	250 – 330 g/lit
Sulfatos	1.5 - 2.25 g/lit
Relación	160/1 – 180/1

La relación se obtiene del cociente entre la concentración de ácido crómico/sulfatos. Es importante en el proceso de cromado que se mantenga la relación de la concentración de ácido crómico con la concentración de sulfato más o menos constante dentro de un intervalo.

$$\frac{\text{Ácido crómico}}{\text{Sulfato}} = \text{constante}$$

Por lo tanto, las concentraciones de ácido crómico y de sulfato deben de ajustarse de tal forma que satisfagan esta relación.

2.3 Análisis de laboratorio (diario, mensual)

El análisis de laboratorio que se ha estado realizando es riesgoso debido a que no existe un método de análisis que indique cómo debe de efectuarse, a que concentración, temperatura, y que medidas tomar en cuanto a adiciones.

En las adiciones que se estaban efectuando, las personas encargadas de realizarlas contaminaban algunos tanques utilizando el mismo recipiente para cualquier adición, esto conlleva riesgo de contaminar otros tanques, por lo que más adelante se detalla la manera de cómo hacer adiciones a los tanques.

2.4 Tipos de defectos en los aros

Los defectos en los aros de cualquier tamaño serán los mismos y se clasifican en: aros amarillos, grises, con burbujas, y los clasificados como otros.

2.4.1 Aros amarillos

Estos aros salen de la planta de cromado con este defecto cuando el baño de cromo no se ha electrodepositado en los aros.

Criterios para identificar aros amarillos

Los aros amarillos pueden ser identificados por simple imagen visual, el operario debe de colocarse ya sea en frente de los mismos o a una distancia en la cual le permita visualizar manchas en los aros con iluminación enfocada hacia la planta de cromado. Al principio al operario nuevo se le debe de indicar el tipo de defecto que se tiene y se le debe de dar entrenamiento para que visualice con facilidad dicho defecto ya que a través de la experiencia el operario puede identificarlo.

A veces es necesario ver el aro en otra área en donde la iluminación sea por ejemplo la que se utiliza en un laboratorio ya que a veces se pierde el defecto con la sombra o la obscuridad que se da en dicha planta por la época del año.

Como mínimo el operario debe de estar quince días identificando los aros para familiarizarse con el defecto, luego se le hace una prueba al operario y se le pide que indique si algún aro viene defectuoso si el operario se equivoca entonces debe de seguir identificando el defecto ya que si algún aro sale de la planta entonces la calidad del producto se verá afectada.

Los aros amarillos se pueden identificar por simple inspección visual

Causa del problema	Solución
Densidad de corriente demasiado baja	Aumentar la densidad de corriente
Ph demasiado alto	Reducir ph con ácido sulfúrico
Bajo contenido de ácido crómico	Ajustar la concentración de ácido crómico

Cuando se tiene una cantidad muy alta de este tipo de defecto entonces el Ing. de planta chequea los siguientes aspectos.

- La densidad de la corriente es probable que esté demasiado baja.
- El pH demasiado alto debe de disminuir con solución de ácido sulfúrico
- Se realizan análisis de laboratorio de ácido crómico

Toda esta información se maneja en el laboratorio y luego se le indica a los operarios qué ajustes deben de realizar.

Por análisis de laboratorio: cuando las concentraciones de los tanques están debajo de las mínimas entonces puede ser una de las razones por las cuales la penetración es muy baja. En el capítulo cuatro se describe un método para determinar la penetración del cromo en los aros.

Por cámara salina: dicha prueba es realizada en el extranjero en un laboratorio al cual se envía mensualmente un pedazo de aro cromado y allí determinan la resistencia a la oxidación que tiene el aro luego solo se informa si paso la prueba o no y cuantos ciclos soporto la muestra.

2.4.2 Aros grises

Quemados

Estos salen de la planta de cromado cuando el voltaje es muy alto en el tanque de cromo.

Criterios para identificar los aros grises

Es más fácil identificar este tipo de defecto, por imagen visual los aros son identificados al estar frente a ellos. Al ver la mancha gris, el operario lo retira y lo coloca en un una carreta para luego ser llevados al departamento de pulido en donde otro operario abrillanta el área quemada y luego el aro está listo para usarse.

Causa probable	Solución
Temperatura demasiado baja	Aumentar la temperatura
Densidad de corriente demasiada alta	Reducir la densidad de corriente
Bajo contenido en ácido crómico	Ajustar la concentración de ácido crómico
Alta relación ácido crómico/ácido sulfúrico	Ajustar la relación de 180:1 a 200:1

2.5 Recolección de datos de acuerdo a los defectos

La recolección de la información referente a los defectos se hace con base en los aros quemados y amarillos.

La recolección de la información se realiza en un cuaderno por número de vuelta que da la cromadora, se apartan los aros defectuosos en un lugar separado y al final de cada vuelta se anotan en dicho cuaderno, el conteo final se realiza al final del día. Luego se tabulan en otra boleta de control diario, la cual se pasa en reportes de producción.

2.6 Hojas de registros de los aros defectuosos

Es necesario reunir información acerca de los aros defectuosos ya que con esto se tiene una herramienta esencial la cual refleja los defectos con claridad. Esto debe hacerse en forma clara y fácil de usar para ello se utiliza hojas de registro la cual es un formato preimpreso en el cual aparecen los defectos que se van a registrar, de tal manera que los datos puedan recogerse fácil y concisamente, los objetivos principales son:

Facilitar la recolección de los datos

Organizar automáticamente los datos de manera que puedan usarse con facilidad más adelante.

Para registrar aros defectuosos se realiza en la siguiente forma.

Figura 3. Hoja para registro de aros defectuosos

Hoja de registro

Pieza cromada: _____ Fecha: _____

Etapa de manufactura: inspección final Nombre del operario: _____

Tipo de defecto: amarillo, grises y otros Pieza: exportación y/o capital

Número total inspeccionado: _____

Observaciones: se inspeccionaron todos los items

Registro
Tipo

Número de vuelta	Amarillos	Grises	Burbuja	otros	Total
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

En la misma se registran los aros defectuosos que se tienen durante el día.

2.7 Porcentaje de aros defectuosos

Con la ayuda de los reportes mensuales de producción se procede a evaluar la dimensión de los aros defectuosos, aquí se calcula el porcentaje de aros defectuosos y se evalúa la situación actual. Se tomaron como referencia 5 muestras durante 5 días al 100 por ciento en la tabla V se muestran los aros 26 clasificados como: buenos, los defectuosos: grises, amarillos, con burbuja, y los clasificados como otros defectos.

A continuación se presentan los datos.

Tabla V. Muestra de aros 26 para bicicletas

Día	Muestra de unidades	Aro 26					Total defectuoso
		Bueno	Gris	Amarillo	Burbuja	Otros	
1	504	369	100	25	10	0	135
2	357	226	100	25	0	6	131
3	358	281	50	27	0	0	77
4	512	451	30	31	0	0	61
5	349	252	54	40	3	0	97

Tabla VI. Porcentaje de aro 26 defectuoso

Día	Porcentaje de aro 26						Total porcentaje defectuoso
	Total porcentaje	Bueno	Gris	Amarillo	Burbuja	Otros	
1	100.00	73.21	19.84	4.96	1.98	0.00	26.79
2	100.00	63.31	28.01	7.00	0.00	1.68	36.69
3	100.00	78.49	13.97	7.54	0.00	0.00	21.51
4	100.00	88.09	5.86	6.05	0.00	0.00	11.91
5	100.00	72.21	15.47	11.46	0.86	0.00	27.79

Porcentaje promedio de aro 26 defectuoso:

24.94

Estos valores de las dos tablas anteriores se obtuvieron durante 5 días para observar el porcentaje de aros defectuosos. Se puede notar que el promedio de porcentaje defectuoso es de 24.94 por ciento, el cual es bastante alto y lo que se pretende es reducirlo, por medio de los controles que se proponen más adelante.

3. DIAGNÓSTICO DEL CROMADO

El diagnóstico del proceso de cromado se realiza únicamente en los aros de tamaño de 26 pulgadas de rodada ya que es uno de los tamaños que más se fabrica y para efecto de concentraciones y controles serían los mismos que para los otros tamaños. El diagnóstico se efectúa por medio de herramientas estadísticas de control, como lo son: diagrama de Pareto, diagrama causa-efecto, gráfico X-R. Estos sirven para determinar que defecto es el que más se da en el proceso de cromado de aros 26 para bicicletas, las causas probables por las cuales se dan los defectos, la variación que existe en las concentraciones y si se encuentran las lecturas dentro de los límites de control y especificación permisibles.

A continuación se detallan los diagramas de Pareto, de causa-efecto y gráfico X-R.

3.1 Diagramas y gráficos de control

Estas herramientas estadísticas ayudan a reducir los defectos de producción, para el caso en particular de los aros amarillos y grises, remontándose directamente a la causa del defecto, se puede decir que es un enfoque directo y eficiente.

¿Cómo se producen los productos defectuosos? ¿Qué debe hacerse para reducir su número?

Para poder disminuir el número de productos defectuosos, es necesario creer que realmente sí se puede reducir. Los defectos pueden desaparecer si se descubren y se eliminan las causas. Aunque en todo proceso productivo los defectos son inevitables.

3.1.1 Diagrama de Pareto

El uso del diagrama de Pareto permite solucionar los problemas de calidad que se presentan como pérdidas (para este caso aros defectuosos). El mayor número de pérdidas se debe a unos pocos tipos de defectos, y estos a su vez se atribuyen a un número más pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos pocos defectos vitales, se podrá eliminar casi todas las pérdidas, concentrándose en causas particulares y dejando a un lado otros muchos defectos que son triviales.

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

¿Cómo elaborar diagramas de Pareto? primero se debe decidir que problema se va a investigar y cómo recoger los datos. Decidir qué clase de problemas son los que se quieren investigar. Para este caso defectos en el cromado de aros.

¿Qué datos son necesarios y cómo clasificarlos? para este caso aros grises y amarillos y/o quemados. Definir el método de recolección de los datos y el período de duración de la recolección de los mismos. Diseñar una tabla para conteo de datos, con espacio suficiente para registrar los totales.

Calcular los totales

Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de items, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.

Organizar los items por orden de cantidad, y llenar la tabla de datos. El item otros debe ubicarse en el último renglón, independientemente de su magnitud. Esto se debe a que está compuesto de un grupo de items, cada uno de los cuales es más pequeño que el menor de los items citados individualmente.

Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal.

Ejes verticales

Eje izquierdo

Marcar este eje con una escala desde 0 hasta el total general.

Eje derecho

Marcar este eje con una escala desde 0 hasta 100 por ciento.

Eje horizontal

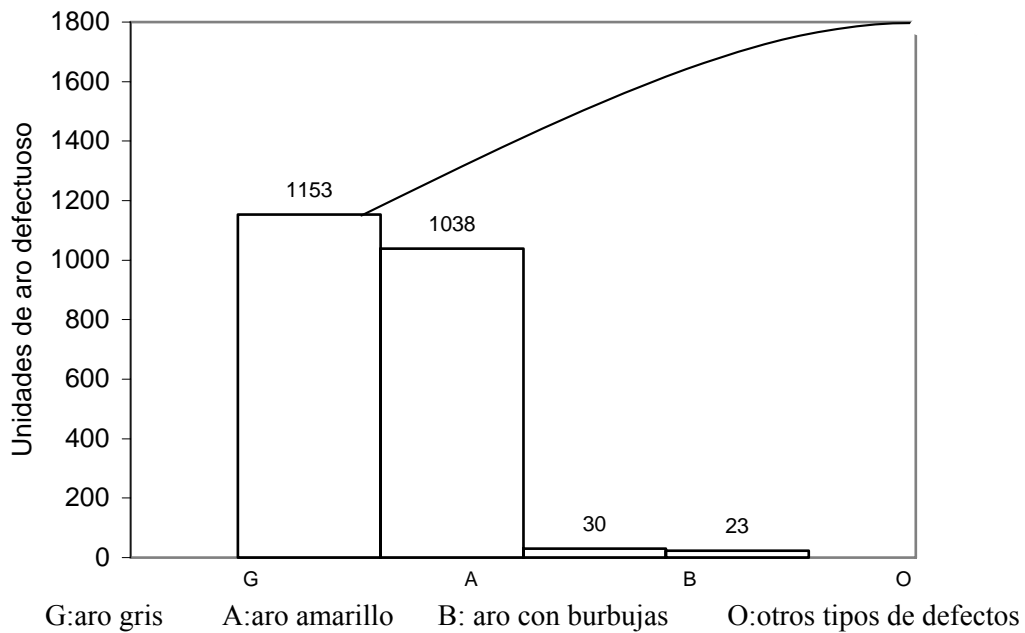
Dividir este eje en un número de intervalos igual al número de items clasificados.

Construir un diagrama de barras.

Dibujar la curva acumulada (curva de Pareto)

En este gráfico se puede observar que la cantidad mayor de defecto se encuentra en los aros grises con 1153 unidades defectuosas, seguida por: aro amarillo con 1038 unidades defectuosas. Esto muestra que en los aros grises y amarillos es donde se debe de disminuir el número defectuoso. Los aros con burbuja regularmente salen cuando se reinician actividades, al igual que los aros con otros defectos

Figura 4. Diagrama de Pareto del aro 26 antes de la programación de actividades



3.1.2 Diagrama de causa-efecto

El resultado de un proceso puede atribuirse a una multitud de factores, y es posible encontrar la relación causa-efecto de esos factores. Se puede determinar la estructura o una relación múltiple de causa-efecto observándola sistemáticamente.

Es difícil solucionar problemas complicados sin tener en cuenta esta estructura, la cual consta de una cadena de causas y efectos, y el método para expresar esto en una forma sencilla y fácil es un diagrama de causa-efecto.

En 1953, Kaoru Ishikawa, profesor de la Universidad de Tokio, resumió la opinión de los ingenieros de una planta dándole la forma de un diagrama de causa-efecto mientras discutían un problema de calidad. Se dice que ésta fue la primera vez que se usó este enfoque. Antes de esto, el grupo de trabajo del profesor Ishikawa había usado este método para organizar los factores en sus actividades de investigación. Cuando el diagrama se usó en la práctica, mostró ser muy útil y pronto llegó a usarse ampliamente en muchas compañías en todo Japón. Se incluyó en la terminología del JIS (estándares industriales japoneses) del control de calidad, y se definió de la manera siguiente:

Diagrama de causa-efecto: diagrama que muestra la relación entre una característica de calidad y los factores.

Actualmente, el diagrama se usa no solamente para observar las características de calidad de los productos sino también en otros campos, y ha sido ampliamente aplicado en todo el mundo.

Un diagrama de causa-efecto también se llama diagrama de espina de pescado, porque se parece al esqueleto de un pez como se ve en la figura, ocasionalmente se denomina también diagrama de árbol o de río, pero usualmente se usa el nombre de espina de pescado.

Procedimiento para elaborar los diagramas de causa –efecto

Describir el efecto o atributo de calidad

Escoger una característica de calidad y escribirla en el lado derecho de una hoja de papel, dibujar de izquierda a derecha la línea de la espina dorsal y encerrar la característica en un cuadrado. En seguida, escribir las causas primarias que afectan a la característica de calidad, en forma de grandes huesos, encerrados también en cuadrados.

Escribir las causas (causas secundarias) que afectan a los grandes huesos (causas primarias) como huesos medianos, y escribir las causas (causas terciarias) que afectan a los huesos medianos como huesos pequeños.

Asignar la importancia de cada factor, y marcar los factores particularmente importantes que parecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.

Figura 5. Diagrama causa-efecto del aro gris

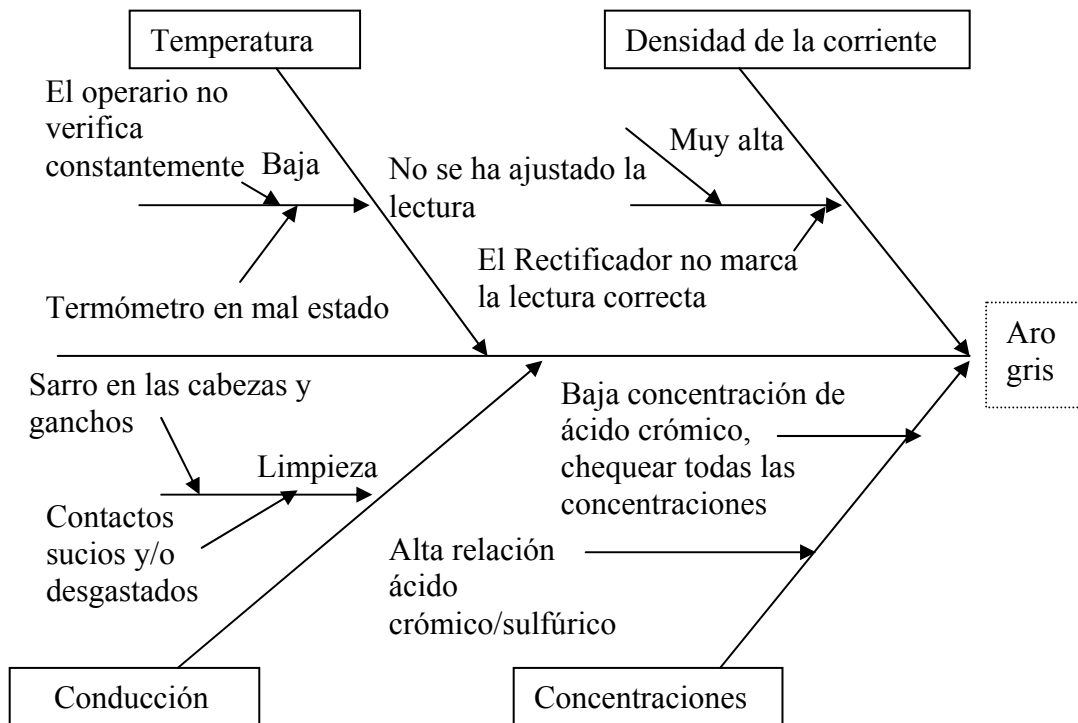
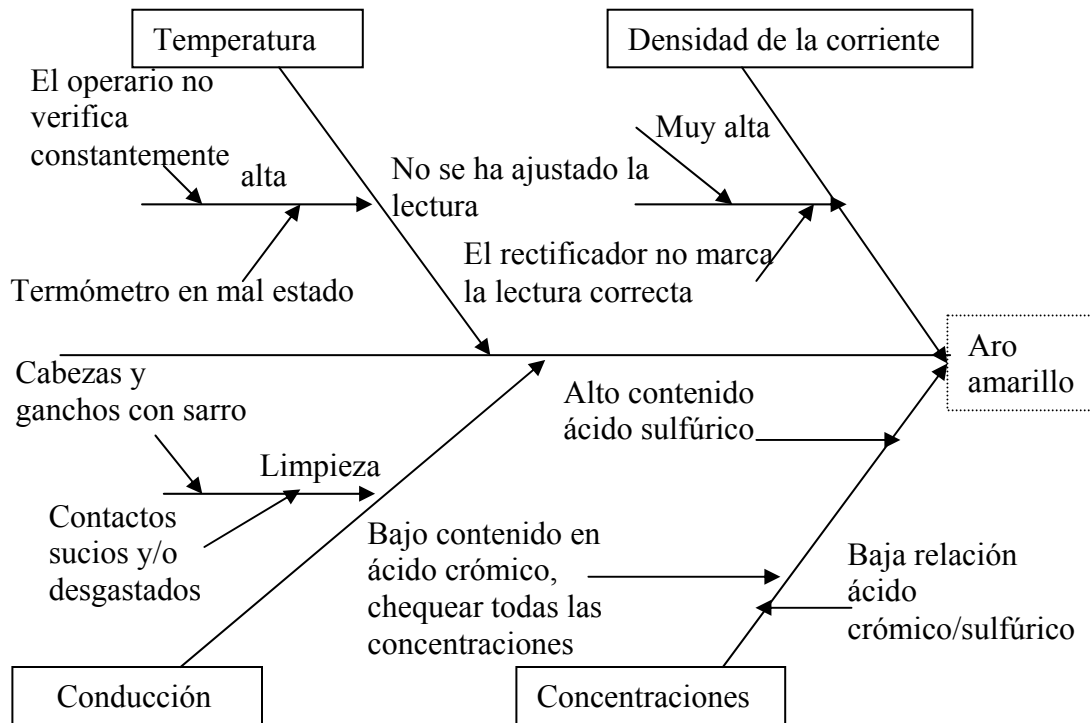


Figura 6. Diagrama causa-efecto del aro amarillo



En las figuras 5 y 6 se pueden observar las incidencias que tienen algunas variables en los aros cromados. Todas las variables deben de controlarse para obtener un buen cromado. En todo proceso siempre existen defectos, pero éstos siempre deben de reducirse. Éstos diagramas son de utilidad para analizar las posibles soluciones y corregir los defectos en los aros.

3.1.3 Gráfico X-R valor promedio y rango (concentraciones: desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo)

Uno de los beneficios al utilizar este tipo de diagrama es controlar y analizar un proceso en el cual la característica de calidad del producto que se está midiendo toma valores continuos, tales como, concentración, peso o longitud y esto proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso.

X representa un valor promedio de un subgrupo y R representa el rango del subgrupo. Una gráfica R se usa generalmente en combinación con una gráfica X para controlar la variación dentro de un subgrupo.

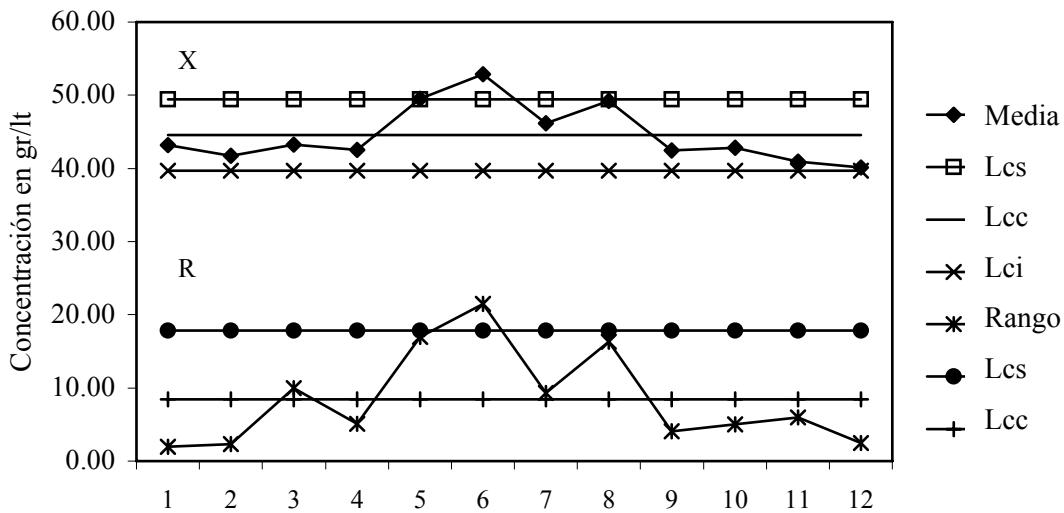
Para el estudio de esta situación antes de la programación de actividades se tomó como referencia la información de un mes, y con la información de producción de aros de tamaño 26 pulgadas de rodada, aunque las concentraciones para las otras medidas de aro serían las mismas. Se tomó este tamaño ya que es una de las medidas que más se producen. Las tablas de concentraciones de los desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo se encuentran en el apéndice.

Los beneficios que se obtienen al utilizar los gráficos X-R son los siguientes.

- Es una herramienta administrativa de control para alcanzar características de calidad en un proceso.
- Con este gráfico se tiene una visión más clara del comportamiento de los desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo, los cuales intervienen en el proceso de cromado de aros 26 de pulgadas de rodada.
- Ideal para formar una bitácora que sea posible leerla y analizar.

A continuación se muestran los gráficos de control X-R de desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo, en donde se puede apreciar que algunos valores se salen de los límites de control.

Figura 7. Desengrasante udyprep F en el tanque 1 antes de la programación de actividades



Rcp: relación de capacidad del proceso r: desviación estándar

$$r = R/d2$$

$$z1 = (Xp - Lse) / r \quad z2 = (Lie - Xp) / r$$

$$z1 = (44.56 - 60) / (8.42 / 2.326) ; z1 = -15.44 / 3.6199 ; z1 = -4.2652 \rightarrow z1 = 0$$

$$z2 = (45 - 44.56) / (8.42 / 2.326) ; z2 = 0.44 / 3.6199 ; z2 = 0.1215 \rightarrow z2 = 0.5478$$

total defectuoso de : 54.78 por ciento

$$Rcp = (Lse - Lie) / 6 * r$$

$$Rcp = (60 - 45) / 6 * (8.42 / 2.326) = 15 / 21.7196 ; Rcp = 0.6906$$

En la figura 7 se puede notar que cuatro puntos al inicio y cuatro puntos al final, se encuentran cerca del límite inferior de control, lo ideal sería que se encontraran cerca de la media o por arriba de la misma, ya que si la concentración es mayor que la media es bueno para el proceso ya que entre más concentración exista se aplicará una mejor limpieza en los aros.

Respecto a los límites del proceso y especificación el comportamiento del desengrasante udyprep F del tanque 1 del proceso de limpieza de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

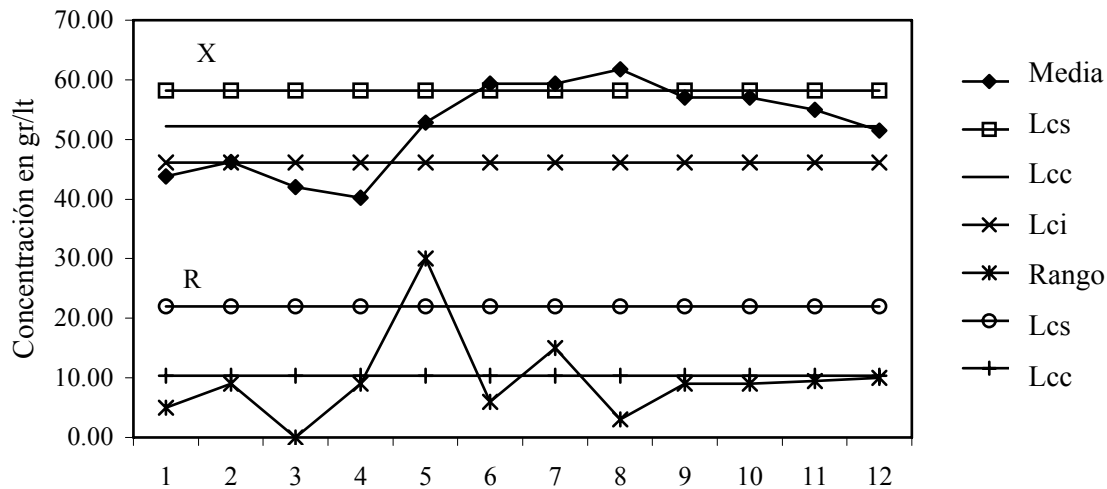
a. La media del proceso de desengrasante llega a 44.56 gr/lit y la media de especificación del desengrasante es de 52.5 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 7.94 gr/lit es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación del desengrasante udyprep F. Una de las recomendaciones es que se encuentre en la media de especificación para garantizar la limpieza en los aros.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de desengrasante udyprep F del tanque 1 se tiene que el mismo se encuentra en 55.42 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 60.00 gr/lit, con una diferencia de 4.58 gr/lit.
- El límite inferior del proceso del desengrasante udyprep F del tanque 1 se encuentra en 33.70 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 45 gr/lit con una diferencia de 11.3 gr/lit.

Por lo que la relación de capacidad del proceso es menor que uno no cumple con el proceso y el porcentaje de aro defectuoso es de 54 por ciento.

Figura 8. Desengrasante udyprep 270 en el tanque 2 antes de la programación de actividades



Rcp: relación de capacidad del proceso r: desviación estándar

$$r = R/d2$$

$$z1 = (Xp - Lse) / r \quad z2 = (Lie - Xp) / r$$

$$z1 = (52.17 - 105) / (10.41 / 2.326) ; z1 = -52.83 / 4.475494411 ; z1 = -11.80 \rightarrow z1 = 0$$

$$z2 = (60 - 52.17) / (10.41 / 2.326) ; z2 = 7.83 / 4.475494411 ; z2 = 1.7495 \rightarrow z2 = 0.9599$$

total defectuoso : 95.99 por ciento

$$Rcp = (Lse - Lie) / 6 * r$$

$$Rcp = (105 - 60) / 6 * (10.41 / 2.326) = 45 / 26.85296647 ; Rcp = 1.67$$

En la figura 8 se puede apreciar que cuatro puntos se encuentran por debajo del límite inferior de control y que al final otros cuatro puntos van hacia abajo con la tendencia hacia la baja en la concentración. Por lo que esto contribuye a una limpieza inadecuada en los aros para que se electrodeposite el níquel y el cromo en los mismos.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 del proceso de limpieza de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

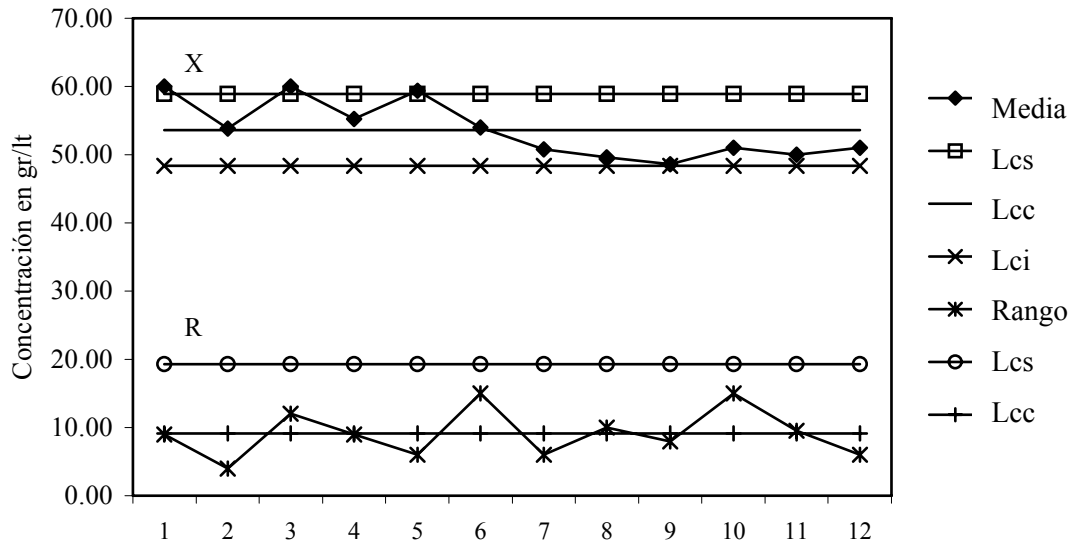
a. La media del proceso de desengrasante llega a 52.17 gr/lit y la media de especificación del desengrasante es de 82.5 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 30.33 gr/lit es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación del desengrasante udyprep 270. Una de las recomendaciones es que se encuentre en ese valor para garantizar la limpieza en los aros.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de desengrasante udyprep 270 del tanque 2 se tiene que el mismo se encuentra en 65.60 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 105.00 gr/lit, con una diferencia de 39.40 gr/lit.
- El límite inferior del proceso del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 se encuentra en 38.75 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 60.00 gr/lit con una diferencia de 21.25 gr/lit.

Aunque la relación de capacidad del proceso aquí es de 1.67 el porcentaje de aros 26 defectuosos es demasiado alto.

Figura 9. Desengrasante udyprep 270 en el tanque 3 antes de la programación de actividades



Rcp: relación de capacidad del proceso r: desviación estándar

$$r = R/d2$$

$$z1 = (Xp - Lse) / r \quad z2 = (Lie - Xp) / r$$

$$z1 = (53.62 - 105) / (9.13 / 2.326) ; z1 = -51.38 / 3.925193 ; z1 = -13.08 \rightarrow z1 = 0$$

$$z2 = (60 - 53.62) / (9.13 / 2.326) ; z2 = 6.38 / 3.925193 ; z2 = 1.62 \rightarrow z2 = 0.9474$$

total defectuoso : 94.74 por ciento

$$Rcp = (Lse - Lie) / 6 * r$$

$$Rcp = (105 - 60) / 6 * (9.13 / 2.326) = 45 / 23.55116079 ; Rcp = 1.91$$

En la figura 9 se observa que 7 puntos se encuentran cerca del límite inferior de control, por lo que la cercanía al mismo disminuye la limpieza en los aros y esto afecta la receptibilidad del níquel y el cromo.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 del proceso de limpieza de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

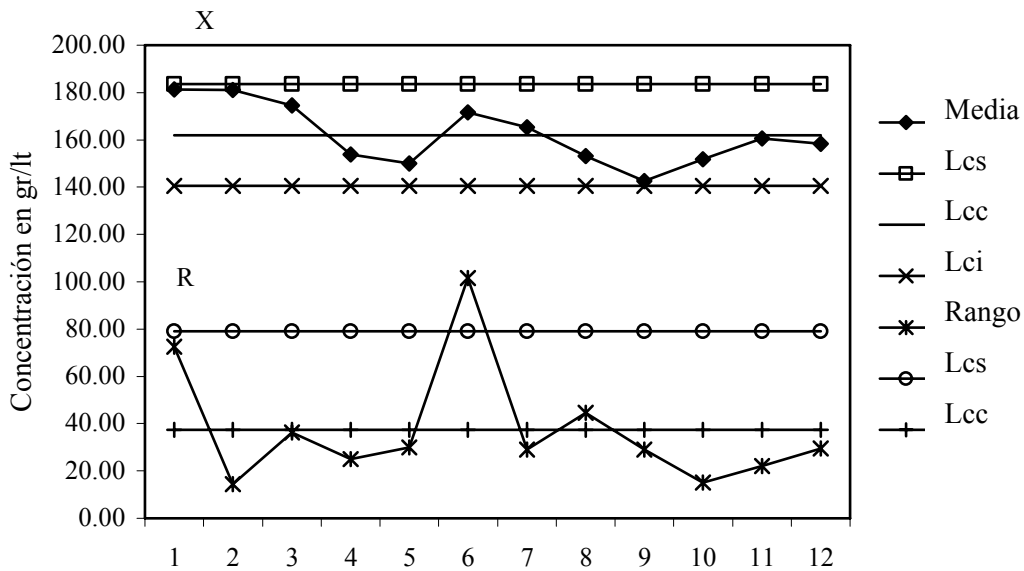
a. La media del proceso de desengrasante llega a 53.62 gr/lit y la media de especificación del desengrasante es de 82.5 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 28.88 gr/lit es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación del desengrasante udyprep 270. Una de las recomendaciones es que se encuentre en la media de especificación para garantizar la limpieza en los aros.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento

- En el caso del límite superior del proceso de desengrasante udyprep 270 del tanque 3 se tiene que el mismo se encuentra en 65.39 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 105.00 gr/lit, con una diferencia de 39.40 gr/lit.
- El límite inferior del proceso del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 se encuentra en 41.85 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 60.00 gr/lit con una diferencia de 18.15 gr/lit.

Aunque la relación de capacidad del proceso es mayor que uno, se tiene que el porcentaje de aros 26 defectuoso es demasiado alto para el proceso de desengrase.

Figura 10. Sal ácida actane 345 en el tanque 5 antes de la programación de actividades



Rcp: relación de capacidad del proceso r: desviación estándar

$$r = R/d2$$

$$z1 = (Xp - Lse) / r \quad z2 = (Lie - Xp) / r$$

$$z1 = (162.02 - 240) / (37.40 / 2.326) ; z1 = -77.98 / 16.079105 ; z1 = -4.849 \rightarrow z1 = 0$$

$$z2 = (140 - 162.02) / (37.40 / 2.326) ; z2 = -22.02 / 16.079105 ; z2 = -1.37 \rightarrow z2 = 0.0853$$

total defectuoso : 8.53 por ciento

$$Rcp = (Lse - Lie) / 6 * r$$

$$Rcp = (240 - 140) / 6 * (37.40 / 2.326) = 100 / 96.4746346 ; Rcp = 1.03$$

En la figura 10 se puede observar que al inicio del gráfico, 3 puntos van con tendencia hacia el límite inferior, luego sube y luego otros tres puntos con tendencia hacia el límite inferior, y luego vuelve a subir, es decir que existe un descontrol en la concentración por lo que es importante mantener su concentración para que no exista mucha variabilidad en la misma.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento de la sal ácida actane 345 del tanque 5 de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

a. La media del proceso de la sal ácida llega a 162.02 gr/lit y la media de especificación es de 190.00 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 27.98 gr/lit es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación de la sal ácida. Una de las recomendaciones es que se encuentre en la media de especificación para garantizar una superficie libre de tizne en los aros.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de sal ácida del tanque 5 se tiene que el mismo se encuentra en 210.25 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 240.00 gr/lit, con una diferencia de 29.75gr/lit, por lo que se encuentra debajo del mismo.
- En el caso del límite inferior del proceso de la sal ácida del tanque 5 se encuentra en 113.78 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 140.00 gr/lit con una diferencia de 26.22 gr/lit. por lo que se encuentra debajo del límite de especificación de concentración de sal ácida.

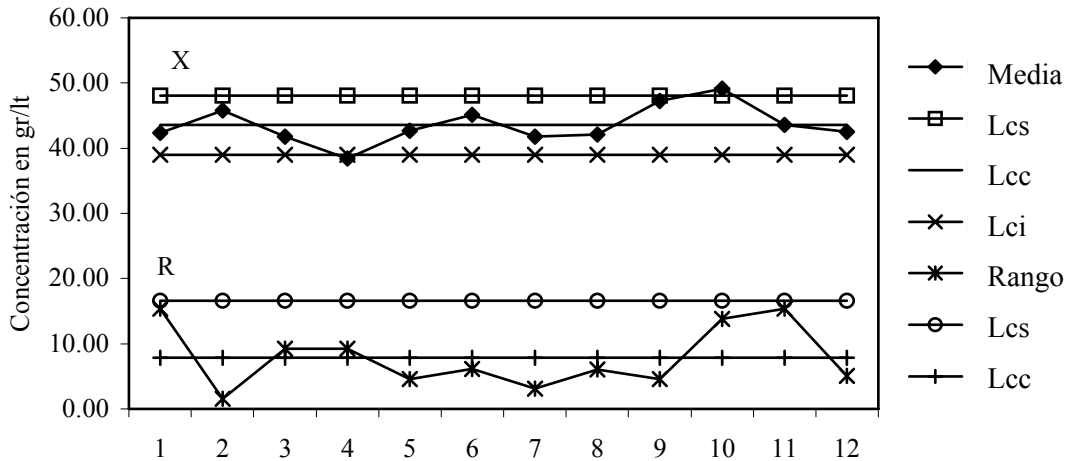
Aquí la relación de capacidad del proceso es mayor que uno y el porcentaje de aro 26 defectuosos es de 8 por ciento.

Esta etapa de los desengrasantes es vital para el proceso por lo que se determina con este análisis que la situación actual en cuanto a concentraciones se debe de mejorar para disminuir los aros 26 defectuosos.

A continuación se presentan los gráficos X-R del tanque de níquel.

Ácido bórico, níquel metálico, cloruro de níquel, sulfato de níquel y pH.

Figura 11. Ácido bórico en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades



En la figura 11 se puede observar que al inicio tres puntos van hacia el límite inferior y que uno de ellos se acerca al mismo, luego existe la variabilidad de que sube a la media y luego baja de la misma, luego existe la tendencia hacia el límite inferior nuevamente, esto disminuye la probabilidad de tener una superficie blanca, lisa y dúctil, por lo que es vital para el proceso de niquelado mantener la concentración en la media.

Respecto a los límites del proceso y especificación el comportamiento del ácido bórico del tanque 7 de níquel de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

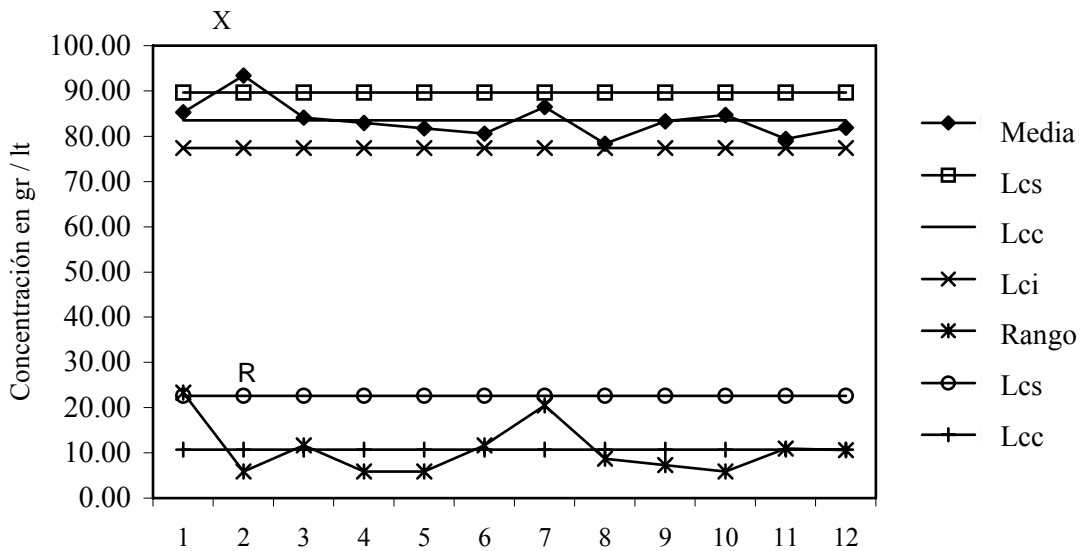
a. La media del proceso de ácido bórico llega a 43.54 gr/lit y la media de especificación del ácido bórico es de 46.87 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 3.33 gr/lit es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación de ácido bórico. Una de las recomendaciones es que se encuentre en la media de especificación para garantizar una superficie más blanca lisa y dúctil.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de ácido bórico del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 53.65 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 48.75 gr/lit, con una diferencia de 4.90 gr/lit.
- El límite inferior del proceso de ácido bórico del tanque 7 se encuentra en 33.43 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 45 gr/lit con una diferencia de 11.57 gr/lit.

La media del proceso de ácido bórico se encuentra por debajo de la de especificación, y el límite inferior del proceso se encuentra por debajo del de especificación, por lo que esto descontrola el ácido bórico y puede no lograrse una superficie lisa, blanca y dúctil

Figura 12. Níquel metálico en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades



En la figura 12 la tendencia al inicio es que va hacia el límite de control inferior y luego sube, vuelve a llegar al punto inferior de control luego sucede que llega a la media y luego vuelve a caer al punto inferior de control. Para que exista una buena depositación de níquel metálico debe de mantenerse por lo menos en la media para que halla una buena depositación del mismo.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento del níquel metálico del tanque 7 de níquel de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

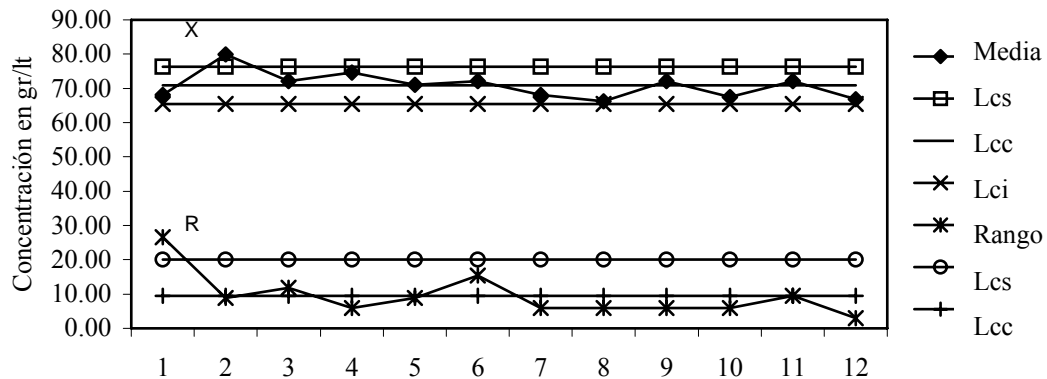
a. La media del proceso de níquel metálico llega a 83.51 gr/lit y la media de especificación es de 90 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 6.49 gr/lit es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación de níquel metálico.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de níquel metálico del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 97.29 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 105 gr/lit, con una diferencia de 7.71 gr/lit.
- El límite inferior del proceso de níquel metálico del tanque 7 se encuentra en 69.73 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 75 gr/lit con una diferencia de 5.27 gr/lit.

La media del proceso de níquel metálico se encuentra por debajo de la de especificación, y los límites superior e inferior también se encuentran por debajo de los límites de la especificación.

Figura 13. Cloruro de níquel en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades



En la figura 13 la tendencia al inicio es hacia la media pero luego existe la tendencia hacia el límite de control inferior, por lo que el cloruro de níquel se debe de mantener en la media para que exista una buena electrodeposición en los aros, a su vez disminuye la conductividad de la solución

Respecto a los límites del proceso y especificación el comportamiento del cloruro de níquel del tanque 7 de níquel en los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

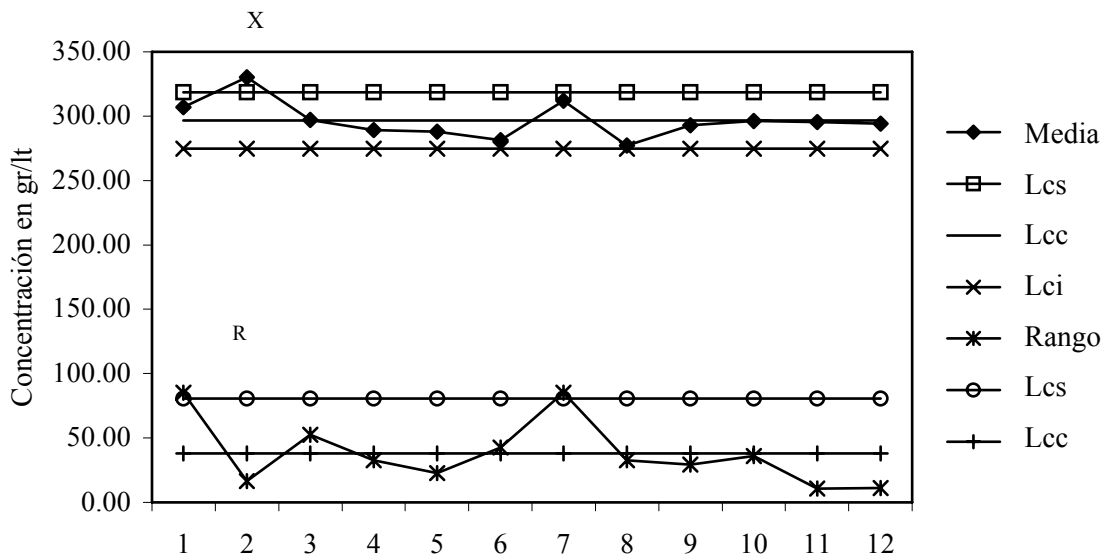
a. La media del proceso de cloruro de níquel llega a 70.88 gr/Lt y la media de especificación del cloruro de níquel es de 82.5 gr/Lt que es donde debiera de estar, con una diferencia de 11.62 gr/Lt es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación de cloruro de níquel. Una de las recomendaciones es que se encuentre en la media de especificación para mejorar la corrosión en los ánodos.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de cloruro de níquel del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 83.09 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 90.00 gr/lit, es decir por debajo de la especificación con una diferencia de 6.91 gr/lit.
- El límite inferior del proceso de cloruro de níquel del tanque 7 se encuentra en 58.67 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 75 gr/lit con una diferencia de 16.33 gr/lit, es decir por debajo de la especificación.

La media del proceso de cloruro de níquel se encuentra por debajo de la de especificación, y el límite inferior del proceso se encuentra por debajo del de especificación, por lo que esto descontrola el cloruro de níquel y puede no mejorar la corrosión en los ánodos.

Figura 14. Sulfato de níquel en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades



En la figura 14 de sulfato de níquel se observa que la tendencia es al inicio hacia el límite superior pero luego baja hacia el límite inferior luego sube y luego vuelve a bajar para luego mantenerse en la media, por lo que es importante mantener la concentración en la media ya que de lo contrario los iones que provee el sulfato de níquel serán pobres para la solución.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento del sulfato de níquel del tanque 7 de níquel en los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

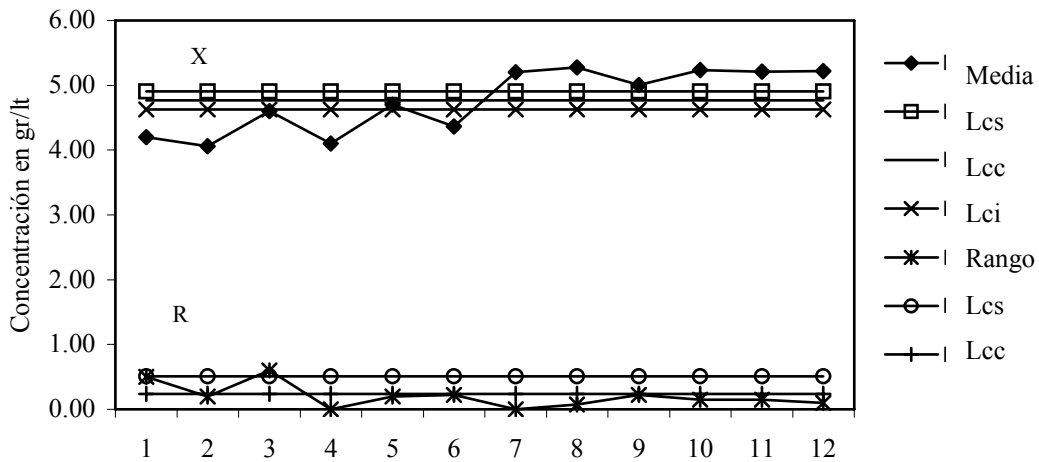
a. La media del proceso de sulfato de níquel llega a 296.72 gr/lit y la media de especificación del sulfato de níquel es de 337.5 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 40.78 gr/lit es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación de sulfato de níquel. Una de las recomendaciones es que se encuentre en la media de especificación para proveer iones en la solución del baño de níquel.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de sulfato de níquel del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 345.83 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 375 gr/lit, es decir por debajo de la especificación con una diferencia de 29.17 gr/lit.
- El límite inferior del proceso de sulfato de níquel del tanque 7 se encuentra en 247.61 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 300 gr/lit con una diferencia de 52.39 gr/lit, es decir por debajo de la especificación.

La media del proceso de sulfato de níquel se encuentra por debajo de la de especificación, y el límite inferior del proceso se encuentra por debajo del de especificación, por lo que esto descontrola el sulfato de níquel y el mismo no contribuye a proveer los suficientes iones a la solución del baño de níquel.

Figura 15. Ph en el tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades



En la figura 15 de pH se observa un descontrol total en la concentración, seis puntos debajo del límite inferior y luego siete puntos arriba del límite superior, por lo que se puede concluir que la variación en el pH es una de las causas mayores por las cuales existe aro defectuoso ya que este descontrol da como resultado una baja recepción en el baño de cromo al ser aplicado en los aros.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento del pH del tanque 7 de níquel de los aros 26 es de la siguiente manera según su gráfico.

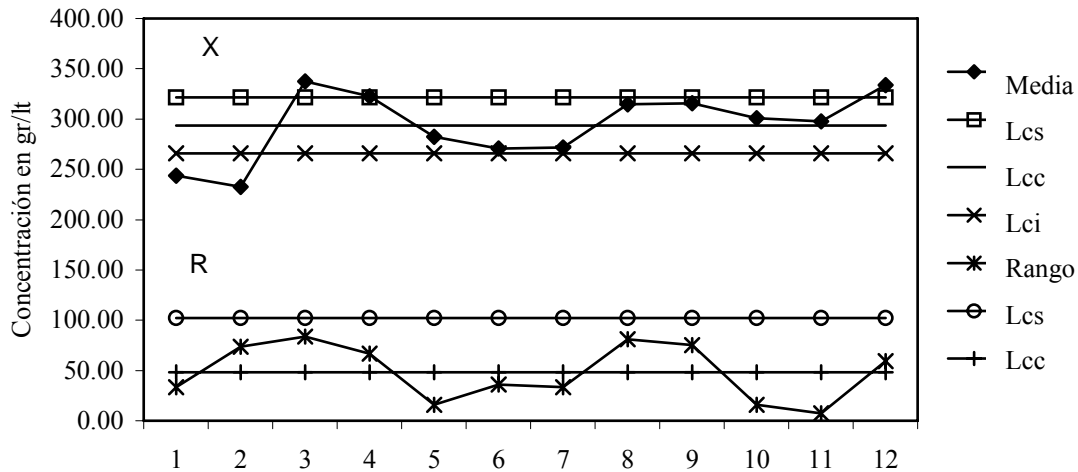
a. La media del proceso del pH llega a 4.76 y la media de especificación del pH es de 4.0 que es donde debiera de estar, con una diferencia de 0.76 es decir que la media del proceso debiera de encontrarse cerca o en la media de especificación del pH. Una de las recomendaciones es que se encuentre en la media de especificación ya que un valor mayor que 4.6 causa problemas de receptividad de cromo.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso del pH del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 5.08 mientras que el límite superior de especificación es de 4.5, es decir, que se encuentra muy arriba de la especificación con una diferencia de 0.58 .
- El límite inferior del proceso del pH del tanque 7 se encuentra en 4.45 mientras que el límite inferior de especificación es de 3.5 con una diferencia de 0.95, es decir que se encuentra muy alto el valor del pH.

La media del proceso de pH se encuentra demasiado alta respecto de la de especificación, el límite inferior se encuentra arriba de la media de especificación y la media del proceso se encuentra arriba de la media de especificación, y el límite superior del proceso se encuentra demasiado alto, por lo que esto genera problemas de receptibilidad en el cromo.

Figura 16. Ácido crómico en el tanque 11 antes de la programación de actividades



En la figura 16 de ácido crómico se puede observar que al inicio del proceso dos puntos están por debajo del límite de control inferior, luego sube y sobrepasa el límite de control superior, y si esto se relaciona con la concentración de sulfatos y luego se calcula la relación se descontrola el proceso, es decir, que las otras concentraciones tienen interrelación entre ellas mismas. Luego se observa una tendencia hacia el límite inferior y luego una tendencia cerca del límite superior, por lo que lo ideal es mantener la solución de cromo en la media y la de sulfatos mantenerla de tal manera que la relación se mantenga de igual manera, por lo que también existe problema de recepción al mantener la solución variable.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento del ácido crómico del tanque 11 de cromo de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

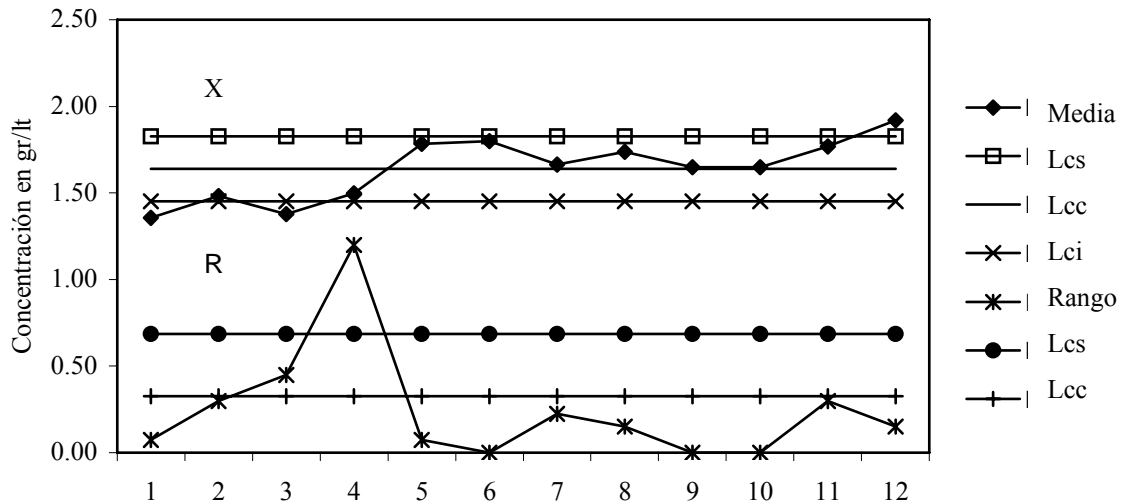
a. La media del proceso de ácido crómico llega a 293.67 gr/lit y la media de especificación del ácido crómico es de 290.00 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 3.67 gr/lit por arriba de la especificación.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de ácido crómico del tanque 11 se tiene que el mismo se encuentra en 356.17 gr/lt mientras que el límite superior de especificación es de 330.00 gr/lt, con una diferencia de 26.17 gr/lt, por arriba de la especificación.
- El límite inferior del proceso de ácido crómico del tanque 11 se encuentra en 231.18 gr/lt mientras que el límite inferior de especificación es de 250 gr/lt con una diferencia de 18.82 gr/lt, es decir que se encuentra por debajo de la especificación.

La media del proceso de ácido crómico y el límite superior del proceso se encuentran arriba de la especificación, pero el límite inferior del proceso se encuentra por debajo del límite inferior de especificación, por lo que puede causar que el baño de cromo no se aplique adecuadamente en los aros y así causar problemas de receptibilidad.

Figura 17. Sulfatos en el tanque 11 antes de la programación de actividades



En la figura 17 se observa que los puntos iniciales del gráfico se encuentran debajo del límite inferior de control y luego existe una tendencia hacia arriba, luego se trata de mantener en la media pero se sale nuevamente de control hacia el punto superior de control, por lo que es importante mantener estable los sulfatos para que la relación se mantenga constante.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento de los sulfatos del tanque 11 de cromo de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

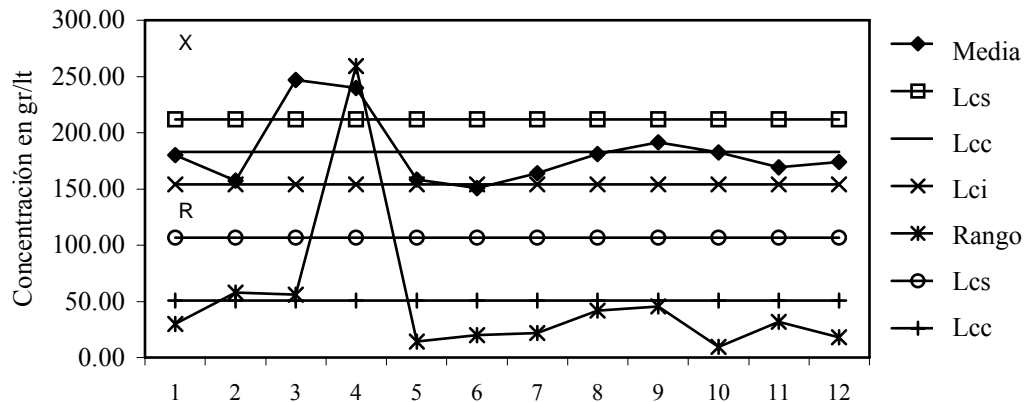
a. La media del proceso de sulfatos es de 1.64 gr/lit y la media de especificación es de 1.875 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 0.24 gr/lit por debajo de la especificación.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de sulfatos del tanque 11 se tiene que el mismo se encuentra en 2.06 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 2.25gr/lit, con una diferencia de 0.19 gr/lit, por debajo de la especificación.
- El límite inferior del proceso de sulfatos del tanque 11 se encuentra en 1.22 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 1.5 gr/lit con una diferencia de 0.28 gr/lit, es decir que se encuentra por debajo de la especificación.

La media del proceso y los límites superior e inferior del proceso se encuentran por debajo de la especificación, aquí el problema es que no funcione la deposición de cromo en los aros.

Figura 18. Relación ácido crómico/sulfato en el tanque 11 antes de la programación de actividades



En la figura 18 de la relación se observa que existe una variación muy grande en los puntos, ya que se van fuera del punto de control superior luego baja al límite de control inferior, y luego se mantiene variable, por lo que es recomendable mantener la relación constante.

Respecto a los límites de proceso y de especificación el comportamiento de la relación del tanque 11 de cromo de los aros 26 es de la siguiente manera, según su gráfico.

- a. La media del proceso de la relación es de 182.94 y la media de especificación es de 170.00 con una diferencia de 12.94 por arriba de la especificación.
- b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.
 - En el caso del límite superior del proceso de la relación se tiene que se encuentra en 248.08 mientras que el límite superior de especificación es de 180, con una diferencia de 68.08, por arriba de la especificación.

- El límite inferior del proceso de la relación se encuentra en 117.80 mientras que el límite inferior de especificación es de 160.00 con una diferencia de 42.20, es decir que se encuentra por debajo de la especificación.

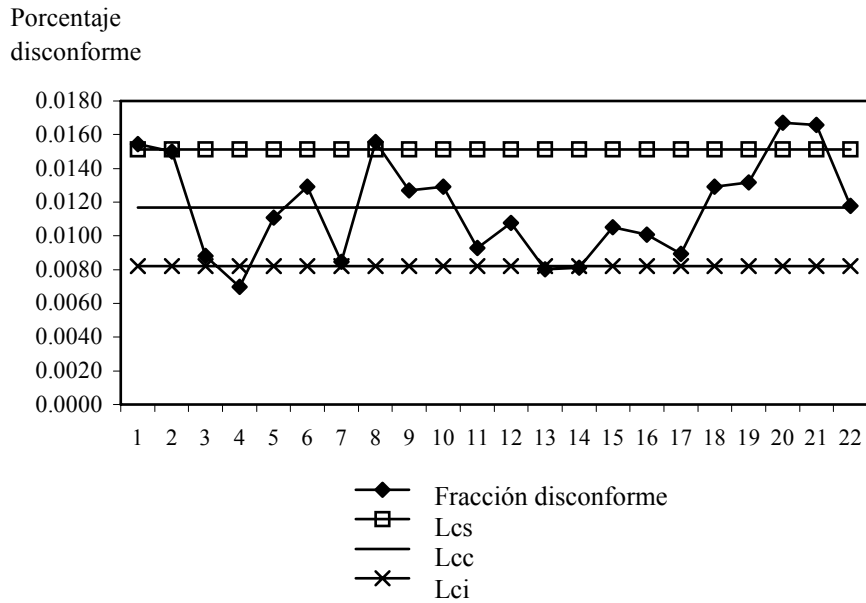
La media del proceso se encuentra arriba de la media de especificación y el límite superior del proceso se encuentra muy por encima del límite superior de especificación, y luego el límite inferior del proceso se encuentra por debajo del límite inferior de especificación.

El valor de la relación es recomendable mantenerlo cerca de la media y a su vez se debe de mantener constante, ya que de este valor depende la concentración de ácido crómico y sulfatos, es decir, que los tres valores se deben de controlar mutuamente para obtener los valores recomendados. Una buena relación es la que se mantiene cerca de 170, para mantener el proceso del baño de cromo.

3.1.4 Gráfico P muestra del tamaño variable para aros defectuosos amarillos y grises

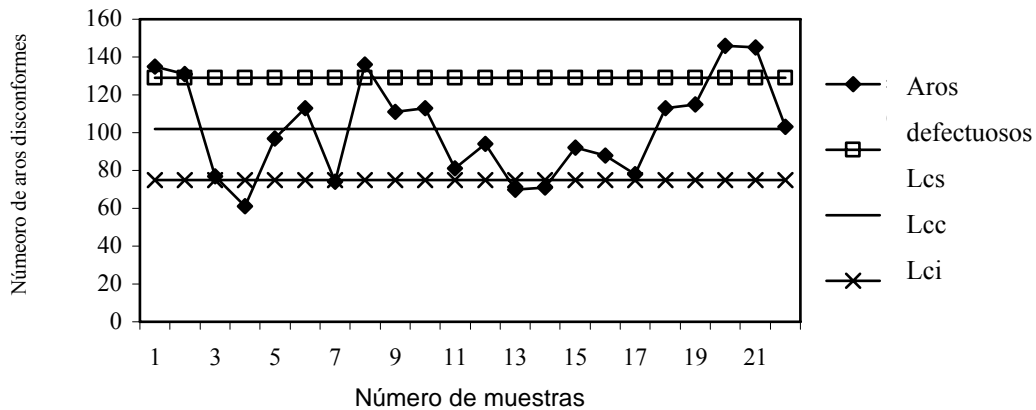
Esta gráfica se usa cuando la característica de calidad se representa por el número de unidades defectuosas o fracción defectuosa. Para una muestra de tamaño constante, se usa una gráfica pn del número de unidades defectuosas, mientras que una gráfica p de la fracción de defectos se usa para una muestra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

Figura 19. Fracción disconforme antes de la programación de actividades



En la figura 19 se puede observar que la fracción disconforme en el proceso se encuentra fuera de control, es decir que la tendencia es a subir las unidades defectuosas, se tomaron 22 días como referencia para analizar las unidades defectuosas.

Figura 20. Unidades defectuosas np antes de la programación de actividades



En la figura 20 se pueden observar las cantidades diarias de aro defectuoso los cuales se tomaron durante 22 días y las muestras son al cien por ciento, se puede observar en el gráfico np que los puntos 1, 2, 8, 20 y 21 tienen valores por arriba del límite superior a 129 los valores son los siguientes respectivamente: 135, 136, 146 y 145 lo que se pretende es disminuir los defectos en los aros 26.

4. PROPUESTA PARA LA PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES EN LA PLANTA DE CROMADO

Se propone realizar diferentes actividades que van desde realizar pruebas analíticas, de celda de Hull, criterios para analizar una placa niquelada y cromada, carga inicial y mantenimiento de químicos a los tanques, aspectos diarios, mensuales y semestrales que se deben de llevar para un mejor control del proceso de niquelado y cromado.

Esto se propone para que se implemente y a su vez se lleve una bitácora para cada actividad de tal manera que se tenga información de respaldo para solucionar futuros problemas.

4.1 Pruebas analíticas

Para realizar las pruebas analíticas se procede de la siguiente manera: se extrae una muestra de solución de níquel y cromo en recipientes por separado y limpios.

Ya que se quiere simular el proceso de cromado en tanques en miniatura, se procede a niquelar una placa y luego se lava con agua, para luego sumergirla en otro tanque pequeño conteniendo la solución de cromo.

4.2 Prueba de celda de Hull

La celda Hull es una unidad miniatura para la electrodeposición, diseñada para producir un depósito catódico sobre el cual se puede leer el desempeño de la electrodeposición obtenido en todas las densidades de corriente dentro del intervalo de operación. La celda Hull permite al operador experimentado determinar los siguientes factores concernientes a los baños de electrodeposición.

- Los límites de densidad de corriente en los que se tiene brillo.
- Las concentraciones aproximadas de los abrillantadores.
- La presencia de impurezas orgánicas.

La celda de Hull también es un instrumento indispensable para las investigaciones experimentales.

La muestra debe extraerse del tanque después de que éste ha sido bombeado y agitado con aire por media hora. Basta tomar aproximadamente 300 ml. de muestra.

El procedimiento es el siguiente.

Utilizar una celda para el níquel con una configuración duplicell, es decir, colocar el ánodo de níquel y la placa de tal forma que estén paralelos entre sí . Esto permitirá que el níquel se deposite homogéneamente sobre la placa, a una densidad de corriente constante. La celda para el cromo se utiliza de la manera convencional.

Llenar la celda de níquel con una muestra de níquel y la celda de cromo con la solución de cromo, exactamente hasta la línea de llenado.

Calentar la solución de níquel hasta su respectiva temperatura de operación. Calentar el baño de cromo a 45 °C (115°F), independientemente de la temperatura de operación. Utilizar un termómetro para asegurarse que se tiene la temperatura correcta.

Sumerjir una placa pulida de acero en ácido clorhídrico o muriático al 50 por ciento para botarle la capa de protección de zinc.

Remojar en agua. El agua debe correr fluidamente sobre la placa al sacar ésta del líquido. En caso de formarse islas secas sobre la superficie de la placa, deberá limpiarse con detergente.

Secar la placa.

Niquelar a la temperatura de operación, ajustando el rectificador a 2.5 amperios, por 2 minutos.

Remojar la placa en agua y luego cromar la placa a 5 amperios por 5 minutos.

4.3 Criterios para el análisis de la placa

El tanque está en perfecto estado cuando la deposición de cromo (que se percibe con un color azulado en comparación con el aspecto del níquel) sobre la placa llega hasta aproximadamente $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ pulgada del borde derecho. Una cobertura excepcional puede llegar a ser de hasta 72 mm. desde el borde izquierdo de la placa. Es importante que la cobertura se mantenga en el máximo, ya que en el cromado se requiere una alta cobertura.

Los criterios para el análisis de la placas y cómo reconocer problemas frecuentes en la placa son los siguientes.

Tabla VII. Criterios para análisis de placas

Problema	Causa	Solución
Apariencia amarillenta	Ph muy alto	Revisar y ajustar el Ph
Deposición de níquel irregular	a) Ph muy alto b) Concentración de ácido bórico muy baja c) Concentración de abrillantadores muy alta d) Contaminación de orgánicos	Revisar el Ph y la concentración de ácido bórico. Si ambos están normales ver el procedimiento A
Deposición de níquel quebradiza (la placa hace ruido al doblarse y es poco dúctil).	a) Ph muy bajo b) Concentración de abrillantadores muy alta c) Contaminación de orgánicos	Revisar el Ph Si está normal, ver el procedimiento A Revisar y ajustar el Ph
Efervescencia sobre la placa Apariencia lechosa	a)Ph muy bajo b)Contaminación con orgánicos	Revisar el Ph Si éste está bien, ver el procedimiento A

Tabla VII. Criterios para análisis de placas (continuación)

Problema	Causa	Solución
Deposición de níquel quemada (generalmente a altas densidades de corriente)	Concentración de níquel muy baja	Revisar la concentración de níquel
Precipitación de un sólido blanco sobre la placa niquelada	a) Ph muy alto b) Concentración de ácido bórico muy baja	Revisar y ajustar el Ph y/o concentración de ácido bórico
Picaduras	Concentración de ácido bórico muy baja	Revisar la concentración de ácido bórico
Efervescencia en el ánodo	Baja concentración de cloruro de níquel	Revisar y ajustar la concentración de cloruro de níquel
Mucho voltaje para obtener 1 amperio	Baja concentración de cloruro de níquel	Revisar y ajustar la concentración de cloruro de níquel
Deposición de níquel opaca	Baja concentración de abrillantadores	Añadir abrillantadores hasta nivelar a 0.4 por ciento de abr-4, abr-63 3.5 por ciento en volumen
Manchas	a) Ph muy alto b) Concentración de ácido bórico muy baja c) Concentración de abrillantadores muy alta d) Concentración de orgánicos	Revisar el Ph y la concentración de ácido bórico. Si ambos están normales, ver el procedimiento A

Tabla VII. Criterios para análisis de placas (continuación)

Problema	Causa	Solución
Color oscuro a bajas densidades de corriente	Presencia de impurezas	Ver procedimiento A
Color negro a altas densidades de corriente cobertura menor a 65 mm.	Contaminación de cromo La relación ácido crómico/sulfato está muy baja	Revisar y ajustar las concentraciones de ácido crómico y sulfato
Manchas cafés	Presencia de cromo trivalente	Electrolizar el baño por unas horas
Quemaduras en el área de alta densidad de la corriente	La relación ácido crómico/sulfato está muy alta	Revisar y ajustar las concentraciones de ácido crómico y sulfato
Apariencia lechosa	La relación ácido crómico/sulfato está muy baja	Revisar y ajustar las concentraciones de ácido crómico y sulfato
Apariencia blanca opaca	La relación ácido crómico/sulfato está sumamente alta	Revisar y ajustar las concentraciones de ácido crómico y sulfato

4.3.1 Procedimiento A

Este procedimiento se aplica generalmente cuando se tiene una cantidad muy alta de abrillantadores en el tanque, o cuando éste presenta contaminación de compuestos orgánicos (jabones, grasas, aceites, etc.). El procedimiento consiste en colocar piezas chatarra, preferible piezas corrugadas, dentro del tanque y niquelarlas a bajo amperaje durante toda la noche. De esta forma, el exceso de abrillantadores y orgánicos se destruye sobre las partes de alta densidad de corriente de las piezas.

Después del tratamiento, debe efectuarse una nueva prueba de celda Hull, con el fin de revisar si el problema ha desaparecido y si es necesario ajustar la concentración de abrillantadores. Si la prueba de la celda indica que han sido destruidos los abrillantadores, se deben hacer las siguientes adiciones a la celda:

0.4 por ciento abrillantador 4

0.25 por ciento abrillantador 62 A

3.5 por ciento abrillantador 63

(porcentajes en volumen)

Luego de haberse corregido el problema en la celda se procede a hacer las adiciones adecuadas al tanque, en la misma proporción en que se hicieron en la celda.

Las concentraciones de los abrillantadores pueden evaluarse únicamente mediante una prueba de celda.

Si el procedimiento anterior no resuelve el problema de contaminación de compuestos orgánicos, deberá llevarse a cabo un tratamiento con carbón activado.

Por exposición a la intemperie

Otra forma de analizar la placa es por exposición a la intemperie, se toman muestras de aros al azar y se llevan a la intemperie, se les coloca fecha a los aros cromados y se mide la resistencia a la oxidación en unidad de tiempo se anotan los datos en un archivo para que queden registrados junto con los análisis de laboratorio, esto se hace por si en algún momento sucede un problema y no se encuentra la solución entonces esta es una herramienta para poder determinar en donde se encuentra el problema.

4.4 Filtro del tanque de níquel (tratamiento con carbón activado)

El tratamiento con carbón activado se usa para limpiar un baño de níquel contaminado con compuestos orgánicos. Este proceso no puede llevarse a cabo en el tanque de níquel.

Antes de tratar la solución, se prepara el filtro que servirá para regresar la solución de níquel libre de carbón activado al tanque. El papel del filtro se recubre con tierra de diatomeas.

Introducir 1 lb de tierra de diatomea en un recipiente.

Agregar 5 galones de agua y mezclar.

Introducir las mangueras de succión y de descarga de la bomba dentro del recipiente.

Recircular hasta que salga agua libre de tierra de diatomeas de la manguera de descarga. El papel dentro del filtro posee ahora una capa de tierra de diatomeas que ayuda a la separación de partículas finas del baño de níquel.

Calentar el baño a por lo menos 60°C (140°F).

Transferir el baño a un tanque auxiliar.

Agregar 61 lb de carbón activado por cada 100 galones de solución.

Agitar la solución por 4 horas.

Dejar que el carbón se sedimente durante una noche.

Filtrar la solución de regreso al tanque, utilizando un filtro cubierto con tierra de diatomeas.

Asegurar que la manguera que succiona la solución tratada se encuentre cerca de la superficie. De lo contrario, el filtro se tapaná con las partículas finas de carbón activado.

El fondo de la solución tratada, que estará saturada de partículas de carbón activado, debe retirarse. Aproximadamente 4 a 6 por ciento del baño se pierde en cada tratamiento con carbón activado.

4.5 Adiciones de químicos

Las adiciones de químicos se deben de realizar por separado para cada tanque teniendo cuidado de utilizar recipientes especiales ya que con esta medida se descarta la posibilidad de contaminar otros tanques.

4.5.1 Carga inicial y mantenimiento del desengrasante alcalino en el tanque 1

Para hacer la carga inicial es necesario conocer el volumen del tanque y la concentración a la cual se desea llegar la solución, para el caso del desengrasante alcalino se tienen los siguientes datos.

Volumen del tanque: 1750 litros

Concentración de trabajo 52.5gr/lit. (esta concentración es la media del rango recomendado)

Para saber qué cantidad de desengrasante se necesita adicionar se procede de la siguiente manera.

Siendo X la cantidad de desengrasante alcalino a adicionar

$$X / 1750 (lt) = 52.5 (gr / lt)$$

$$\Rightarrow X = 52.5 (gr / lt) * 1750 (lt)$$

$$\Rightarrow X = 91875 gr.$$

Ahora se procede a convertir los gramos a kilogramos.

$$X = 91875 \text{ gr} * 1 \text{ kg} / 1000 \text{ gr}$$

$$\Rightarrow X = 91.875 \text{ kg}.$$

Por lo que es necesario adicionar 92 kg. de desengrasante alcalino al tanque 1 para llegar a una concentración de 52.5gr/lit.

4.5.2 Carga inicial y mantenimiento del desengrasante electrolítico anódico alcalino en los tanques 2 y 3

Para hacer la carga inicial es necesario conocer el volumen del tanque y la concentración a la cual se desea llegar la solución, para el caso del desengrasante electrolítico anódico alcalino se tienen los siguientes datos.

Volumen del tanque 2 y 3: 2580lt

Concentración de trabajo 82.5gr/lit. (esta concentración es la media del rango recomendado)

Para saber que cantidad de desengrasante se necesita adicionar se procede de la siguiente manera.

Siendo X la cantidad de desengrasante alcalino a adicionar

$$X / 2580(\text{lt}) = 82.5(\text{gr} / \text{lt})$$

$$\Rightarrow X = 82.5(\text{gr} / \text{lt}) * 2580(\text{lt})$$

$$\Rightarrow X = 212850 \text{ gr}$$

Ahora se procede a convertir los gramos a kilogramos

$$X = 212850 \text{ gr} * 1 \text{ kg} / 1000 \text{ gr}$$

$$\Rightarrow X = 212.85 \text{ kg}$$

Por lo que es necesario adicionar 213kg de desengrasante electrolítico anódico alcalino al tanque 2 y 3 para llegar a una concentración de 82.5gr/lit.

4.5.3 Carga inicial y mantenimiento de la sal ácida en el tanque 5

Para hacer la carga inicial del tanque 5 es necesario conocer el volumen del mismo y a su vez la concentración a la cual se desea que la solución llegue, para este tanque se tienen los siguientes datos.

Volumen del tanque 5 = 594 litros

Concentración de trabajo = 190 gr/lit

Para calcular la carga inicial del tanque de sal ácida, se procede de la siguiente manera.

Siendo X la cantidad de sal ácida a adicionar:

$$X / 195(\text{gr} / \text{lit}) = 594(\text{lit})$$

$$\Rightarrow X = 594(\text{lit}) * 190(\text{gr} / \text{lit})$$

$$\Rightarrow X = 112860\text{gr}$$

Ahora se procede a convertir los gramos a kilogramos

$$X = 112860\text{gr} * 1\text{kg} / 1000\text{gr}$$

$$\Rightarrow X = 112.86\text{kg}$$

Por lo que es necesario adicionar 113 kg de sal ácida al tanque 5 para llegar a una concentración de 190 gr/lit.

4.5.4 Carga inicial y mantenimiento del níquel en el tanque 7

Para calcular la carga inicial del tanque de níquel se deben de recordar los componentes del baño de watts, el cual se mencionó en el capítulo 1.

A continuación se mencionan: sulfato de níquel, cloruro de níquel, ácido bórico.

Y como elemento adicional esferas de níquel las cuales sirven como ánodos en la solución.

Para el tanque de níquel se tienen los siguientes datos.

El volumen del tanque de níquel = 8700 litros

Concentración de sulfato de níquel = 337.5gr/Lt

Concentración de cloruro de níquel = 82.5 gr/Lt

Concentración de ácido bórico = 46.87 gr/Lt
gr/Lt = gramos/litro

Para calcular la cantidad de sulfato de níquel a adicionar se procede de la siguiente manera

Siendo X la cantidad de sulfato de níquel a adicionar al tanque 7

$$X / 8700(\text{lt}) = 337.5(\text{gr} / \text{lt})$$

$$\Rightarrow X = 337.5(\text{gr} / \text{lt}) * 8700(\text{lt})$$

$$\Rightarrow X = 2,936,250(\text{gr})$$

Ahora se procede a convertir los gramos de sulfato de níquel a kilogramos

$$X = 2,936,250\text{gr} * 1\text{kg} / 1000\text{gr}$$

$$\Rightarrow X = 2936.25\text{kg}$$

Por lo que es necesario hacer una carga inicial de 2937kg de sulfato de níquel.

Para calcular la cantidad de cloruro de níquel a adicionar se procede de la siguiente manera.

Siendo X la cantidad de sulfato de níquel a adicionar al tanque 7

$$X / 8700(\text{lt}) = 82.5(\text{gr} / \text{lt})$$

$$\Rightarrow X = 82.5\text{gr} * 8700\text{gr} / \text{lt}$$

$$\Rightarrow X = 717,750\text{gr}$$

Ahora se procede a convertir los gramos de cloruro de níquel a kilogramos

$$X = 717,750gr * 1k / 1000gr$$

$$\Rightarrow X = 717.75kg$$

Por lo que la carga inicial de cloruro de níquel debe ser de 718 kg

Para calcular la cantidad de ácido bórico para carga inicial se procede de la siguiente manera.

Siendo X la cantidad de sulfato de níquel a adicionar al tanque 7

$$X / 8700(lt) = 46.87(gr / lt)$$

$$\Rightarrow X = 46.87(gr / lt) * 8700lt$$

$$\Rightarrow X = 407,769gr$$

Ahora se procede a convertir los gramos de ácido bórico a kilogramos

$$X = 407,769gr * 1kg / 1000gr$$

$$\Rightarrow X = 407.769kg$$

Por lo que la carga inicial de ácido bórico debe ser de 408kg. de ácido bórico.

Cada canasta se debe de cargar con 42kg de esferas de níquel..

4.5.5 Carga inicial y mantenimiento del cromo en el tanque 11

Para determinar la carga inicial se deben desglosar en los componentes del baño de cromo los cuales se describen a continuación.

El tanque de cromo está compuesto por: ácido crómico, sulfato y carbonato de bario

Para el tanque de cromo se tienen los siguientes datos.

Volumen del tanque de cromo	= 2500 lt
Concentración de ácido crómico	= 290 gr/lt
Concentración de sulfato	= 1.875 gr/lt
Relación	= 170

Para calcular la carga inicial de ácido crómico se procede de la siguiente manera. Siendo X la cantidad de ácido crómico en gramos.

$$X / 2500(lt) = 290(g / lt)$$

$$\Rightarrow X = 290(gr / lt) * 2500(lt)$$

$$\Rightarrow X = 725,000gr$$

Ahora se procede a convertir los gramos de ácido crómico en kilogramos.

$$X = 725,000(gr) * 1(kg) / 1000(gr)$$

$$\Rightarrow X = 725kg$$

Por lo que la carga inicial de ácido crómico debe ser de 725 kg.

Para calcular la carga inicial de ácido sulfúrico se procede de la siguiente manera. Siendo X la cantidad de ácido sulfúrico en gramos

$$X / 2500(lt) = 1.875(gr / lt)$$

$$\Rightarrow X = 1.875(gr / lt) * 2500(lt)$$

$$\Rightarrow X = 4687.5gr$$

Ahora se procede a convertir los gramos de ácido sulfúrico a mililitros, de la siguiente manera.

Como la densidad del ácido sulfúrico es de 1.83gr/ml, se convierten los gramos a mililitros.

Gramo	mililitros	
1.83	1	por lo tanto se tiene
4687.5	X	$X = 4687.5 \text{ gr} * 1 \text{ ml} / 1.83 \text{ gr}$
		$X = 2561.4754 \text{ ml}$.

Ahora se convierten los mililitros de ácido sulfúrico en litros.

$$2561.4754 \text{ ml} * 1 \text{ lt} / 1000 \text{ ml} = 2.56 \text{ lt de ácido sulfúrico}$$

Por lo que la carga inicial de ácido sulfúrico debe ser de 2.56 litros.

El ácido sulfúrico eleva la concentración de sulfato en la solución, y por lo tanto hace que la relación ácido crómico/sulfato disminuya. Se debe utilizar ácido sulfúrico concentrado para este propósito.

Ahora para determinar la cantidad de carbonato de bario a agregar, se hace previo a calcular la relación que existe entre el ácido crómico y los sulfatos.

Se añade carbonato de bario al tanque para bajar la concentración de sulfato dentro del mismo y así aumenta la relación ácido crómico/sulfato.

La relación debe ser de 170, para los datos que se tienen, se calcula de la manera siguiente.

Siendo R la relación que se da entre el ácido crómico y los sulfatos

$$R = 290(\text{gr} / \text{lt}) / 1.875(\text{gr} / \text{lt})$$

$$\Rightarrow R = 154.66$$

La relación esta aún baja por lo que es necesario llegar a 170, la manera de hacerlo es agregando carbonato de bario para que los sulfatos disminuyan por lo que el diferencial de sulfato servirá para calcular la cantidad de carbonato de bario a adicionar.

Buscando la cantidad de sulfato para que la relación sea de 170

$290(\text{gr}/\text{lt})/X = 170$ despejando X de la ecuación se tiene

$X = 290(\text{gr}/\text{lt})/170$ se tiene $X = 1.70588 \text{ gr}/\text{lt}$ de ácido sulfúrico

Δ [Sulfatos concentración] = $(1.875 - 1.70588) \text{ gr}/\text{lt} = 0.169112 \text{ gr}/\text{lt}$ es el cambio de concentración requerido de sulfato.

Para calcular la cantidad de carbonato de bario a adicionar se procede de la siguiente manera.

Se convierten los gramos/litro a onzas/galón de la siguiente manera.

$0.169112 \text{ gr}/\text{lt} * 1(\text{oz}/\text{gl}) / 7.4899(\text{gr}/\text{lt}) = 0.0225786 \text{ oz}/\text{gl}$ de ácido sulfúrico

Ahora se procede a calcular las libras de carbonato de bario a adicionar.

Siendo X la cantidad de carbonato de bario en libras

$$X = \frac{\Delta [\text{sulfato}] * \text{Volumen del tanque} * 2.4}{16 \text{ oz}/\text{lb}}$$

$$X = \frac{0.0225786 (\text{oz}/\text{gl}) * 660 \text{ gl} * 2.4}{16 (\text{oz}/\text{lb})}$$

$$X = 0.9313702\text{lb} * 2.4$$

$$X = 2.2352886 \text{ libras de carbonato de bario}$$

Ahora se procede a convertir las libras a kilogramos de carbonato de bario

$$X = 2.2352886 \text{ lb} * 1\text{kg}/2.2045\text{lb}$$

$$X = 4.9276\text{kg de carbonato de bario}$$

Por lo que es necesario agregar 4.9276 kilogramos de carbonato de bario al tanque 11 de cromo.

4.5.6 Los tanques 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 contienen agua cruda

Estos tanques son de enjuague, es decir, que la única función que tienen es enjuagar o lavar las piezas que salen de los tanques de desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo por lo que para el cuidado de cada uno de ellos se tiene lo siguiente.

En los tanques es conveniente colocar una regadera para que al pasar las piezas sean limpiadas en el tanque anterior para que al entrar al próximo tanque entren limpias, ya que al salir del tanque todavía pueden tener partículas, esto ayudará a evitar la contaminación de químicos.

El tanque debe de tener rebose continuo para que exista flujo continuo de agua; regularmente es recomendable cambiar el agua de los tanques cada 2 días.

4.6 Mantenimiento

Para el mantenimiento de la planta de cromado se tiene la programación de actividades en cada uno de los tanques, lo cual es importante para el proceso, ya que de un buen programa de limpieza y mantenimiento depende una excelente pieza cromada.

4.6.1 Aspectos diarios a controlar

Los aspectos que se deben de controlar a diario son las variables involucradas en el proceso de cromado como por ejemplo concentraciones, temperatura, tiempo de inmersión, etc. en los tanques de desengrasantes, en el tanque de níquel y tanque de cromo.

4.6.1.1 Tanques de desengrasantes

Las variables a controlar en los tanques de desengrasantes son controlables, por lo que monitorear el proceso de desengrase es sencillo pero se debe de hacer con sumo cuidado.

A continuación se detallan las variables a controlar.

- **Concentración del desengrasante:** es vital para el proceso ya que de una buena concentración depende una buena limpieza de piezas para tener un buen cromado, parte del buen cromado radica en una buena limpieza de piezas.
- **Cantidad de desengrasante a agregar:** esta debe ser exacta y sin errores, ya que de agregar menos, se tiene como consecuencia una mala limpieza, el agregar más de la cuenta no afectará el proceso ya que, al tener una mayor concentración se tiene una mejor limpieza.
- **Temperatura:** esta variable es importante, ya que de ella también depende que la limpieza de piezas sea más rápida o más lenta, esto ayuda a remover las partículas de suciedad con facilidad por lo que es importante siempre llegar a la temperatura de operación para que el desengrasante realice su función.

- Tiempo de inmersión y/o exposición: esta variable al igual que las otras es importante, el tiempo que se da en los tanques de desengrasante está programado de tal manera que es invariable, es decir, es imposible cambiar el tiempo de inmersión, aunque manualmente se puede operar la máquina para dar más tiempo de inmersión pero esto no es recomendable ya que atrasa todo el proceso de cromado.
- Remover la grasa que se encuentra en la superficie del desengrasante por medio de un recipiente exclusivo para esa limpieza.

4.6.1.2 Tanque de níquel

Las variables a controlar en el tanque de níquel las cuales deben ser monitoreadas diariamente se enuncian a continuación.

- Concentración de níquel metálico: por medio del níquel metálico y cloruro de níquel se determina la concentración de sulfato de níquel presente en la solución, por lo que es importante analizar esta variable en cada corrida que se dé.
- Concentración de cloruro de níquel: como se vio en el capítulo 1 la importancia de este componente es la de evitar la corrosión en los ánodos y aumentar la conductividad de la solución, por lo que es vital determinar dicha concentración para el tanque de níquel.
- Concentración de sulfato de níquel: esta también es importante ya que es el principal proveedor de iones de níquel en la solución, y a la vez determina la densidad de corriente límite en la cual se obtienen deposiciones de níquel razonables.

- Concentración de ácido bórico: esta concentración determina una deposición más blanca, lisa y dúctil.
- Ph: es importante determinar el Ph de la solución ya que de no hacerlo puede causar problemas relacionados con baja receptividad de cromo, lo cual afectaría todo el proceso de cromado. El Ph es recomendable tomarlo 3 veces al día, entre más veces al día se determine mejorará el proceso.
- Temperatura: es importante llegar a la temperatura de operación ya que de no ser así la deposición de níquel en la pieza a cromar se verá afectada.
- Tiempo de inmersión: el tiempo de inmersión en este tanque también está programado de tal manera que no se puede hacer variar en el tanque, por lo que no ocasionará problema alguno.
- Densidad de la corriente: el control del flujo de corriente es importante en este tanque, ya que si la densidad de la corriente es muy alta los extremos de las piezas saldrán quemados, para evitar esos inconvenientes con un simple control a diario del tablero de rectificadores se pueden evitar quemados en las piezas.
- Movimiento catódico: este movimiento es elemental para un buen níquelado ya que el movimiento de todas las partículas del baño de níquel se mueven en un movimiento horizontal el cual ayuda a dar una buena penetración de todos los componentes.

4.6.1.3 Tanque de cromo

Las variables que se deben de monitorear en este tanque son las siguientes.

- Concentración de ácido crómico: la función de la concentración del ácido crómico es obtener un poder de penetración el cual debe ser depositado en las piezas a cromar.
- Concentración de sulfatos: la misma es vital para el proceso de cromado ya que el sulfato actúa como catalizador para la cromación.
- Relación ácido crómico/sulfatos: la relación entre la concentración de ácido crómico y la de sulfato debe mantenerse constante.
- Cantidad a agregar de ácido crómico: al preparar y agregar el ácido crómico debe hacerse con cuidado y en un recipiente especial agitando lentamente la mezcla y con equipo de protección adecuado: respirador contra vapores orgánicos e inorgánicos, lentes de protección, guantes de hule largos, gabacha y botas de hule.
- Cantidad a agregar de ácido sulfúrico: al agregar ácido sulfúrico debe hacerse con cuidado, es decir la cantidad exacta.
- Cantidad a agregar de carbonato de bario: se utiliza para disminuir la concentración de sulfatos en la solución y así aumentar la relación ácido crómico/sulfato.
- Temperatura: el control de la temperatura se deberá mantener en un rango específico, ya que la operación a temperaturas bajas incrementa el quemado en las piezas, y en altas temperaturas decrece el poder de penetración, por lo que la temperatura es vital tomarla en cada vuelta que la máquina opera.

- Tiempo de inmersión: no puede variar, o quemará las piezas ya que las mismas estarían más del tiempo programado, por lo que no es adecuado más tiempo o menos tiempo de inmersión.
- Densidad de la corriente: es de suma importancia el control de la densidad de la corriente, el cual se debe de efectuar a diario, se puede cromar gran variedad de piezas que se quiera, pero siempre se sugiere usar la más alta densidad de corriente permisible sin obtener quemado.
- Limpieza de barras de contacto: éstas deben de limpiarse al finalizar la jornada de trabajo.
- Limpieza de contactos: deben de ser limpiados antes de iniciar labores y si en caso están desgastados se deben de cambiar.

Para todas las adiciones es recomendable tener recipientes para cada tanque, y así evitar contaminaciones en todos los tanques.

4.6.2 Aspectos semanales a controlar

Los aspectos semanales a controlar se detallan a continuación en los tanques de desengrasante, níquel y cromo.

4.6.2.1 Tanques de desengrasantes

En los desengrasantes se deben de controlar los siguientes aspectos semanalmente.

- Limpiar los contactos eléctricos macho y hembra. Los conectores macho no deben tener demasiado desgaste si éste es excesivo se deben cambiar por nuevos.

Antes de colocar de nuevo y apretar, limpiar todos los bornes con cepillo de alambre circular.

- Limpieza de ánodos y cátodos: éstos deben de limpiarse a diario para evitar residuos.

4.6.2.2 Tanque de níquel

Los aspectos a controlar en el tanque de níquel son los siguientes.

- Chequear el nivel de las esferas de níquel de las bolsas de ánodos: esto se debe revisar por imagen visual, al no tener el nivel óptimo, se procede a agregar esferas de níquel, hasta llegar al mismo.
- Limpieza de contacto de las bolsas de ánodos: para esto se deben de mover las canastas de su posición y proceder a limpiar esa posición en la cual se encuentran. Algo importante es que se deben de dejar las bolsas de ánodos paralelas.
- Inspeccionar los ganchos en los puntos de contacto: limpiar los residuos de níquel.
- Chequear la presión del filtro, limpiarlo si es necesario.

4.6.2.3 Tanque de cromo

En el tanque de cromo se deben de controlar los siguientes aspectos.

- Limpiar la cabeza en el punto de contacto con la barra: limpiar con un cepillo de alambre los residuos de suciedad que han quedado.

- Extraer los ánodos de la solución y revisarlos, si es necesario limpiarlos con un cepillo de alambre.

4.6.3 Aspectos mensuales a controlar

Los aspectos mensuales que se deben de controlar se detallan a continuación en los tanques de níquel y cromo.

Tanque de níquel.

Los aspectos que se deben de controlar mensualmente en el tanque de níquel son los siguientes.

- Sacar 10 bolsas que contienen las esferas de níquel de la solución e inspeccionar las bolsas.
- Lavar las bolsas de ánodos con una solución de ácido sulfúrico al 2 por ciento siempre y cuando esté de color café-amarillento o café con leche.
- Limpiar el filtro de níquel

Tanque de cromo.

Los aspectos que se deben de controlar mensualmente en el tanque de cromo son los siguientes.

- Inspeccionar los ánodos, si es necesario reemplazarlos en caso de que se necesiten reparar o definitivamente cambiarlos.

4.6.4 Aspectos semestrales a controlar en el tanque de níquel

Los aspectos semestrales a controlar en el tanque de níquel son los siguientes.

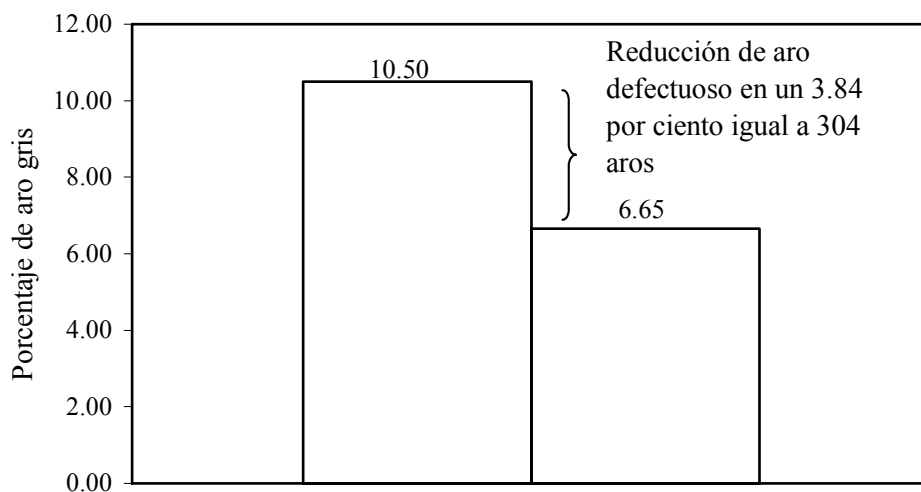
- Bombear la solución de níquel a través del filtro y luego colocarla en otro tanque limpio, proceder a limpiar el tanque de níquel y si es necesario hacer las reparaciones respectivas.
- Inspeccionar todas las bolsas de esferas de níquel, por agujeros, decoloración, reemplazar o limpiar las bolsas si fuese necesario.
- Limpiar el filtro, añadir carbón al filtro, ver procedimiento con carbón activado.
- Bombear la solución de regreso al tanque de níquel a través de filtración.

5. CONTROL DE LA PROPUESTA

5.1 Porcentaje de aros defectuosos antes y después de la programación de actividades

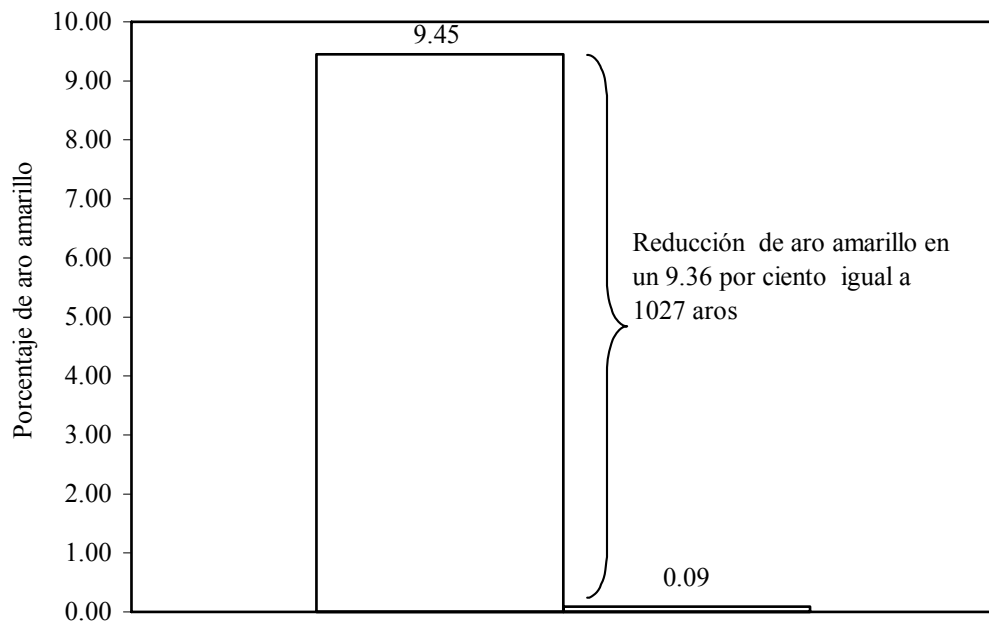
En la figura 21 se puede observar la disminución de aros 26 grises defectuosos, la cual es 10.5 a 6.65 por ciento una reducción de un 3.84 por ciento, es decir que luego de realizar la limpieza en los tanques, en las barras, en los puntos de contacto, y de no mezclar recipientes los cuales se utilizaban para realizar adiciones, y en las mejoras de las concentraciones de los químicos se logra disminuir el porcentaje de aros 26 grises.

Figura 21. Aro 26 gris antes y después de la programación de actividades



En la figura 22 se observa que la disminución de aros 26 amarillos fue considerable ya que de un 9.45 por ciento se redujo a 0.09 por ciento, es decir una reducción de un 9.36 por ciento, por lo que se puede decir que casi se logra eliminar los aros grises defectuosos, cabe resaltar que esto se logra mediante las actividades de limpieza de contactos, limpieza de barras, ganchos, cabezas, y en la mejora en las concentraciones de los químicos.

Figura 22. Aro 26 amarillo antes y después de la programación de actividades



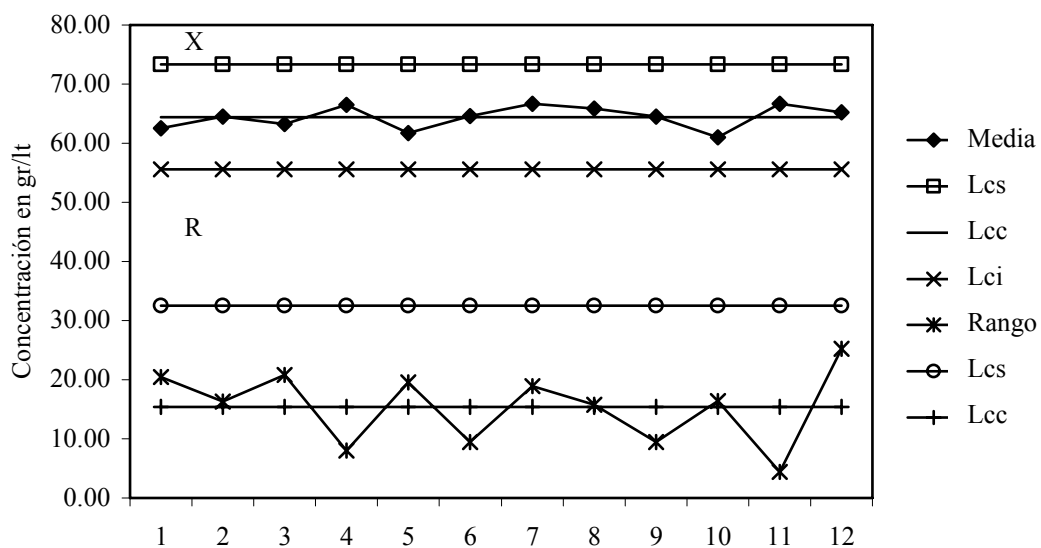
5.2 Gráficos de control para las concentraciones después de la programación de actividades

A continuación se presentan los gráficos X-R de los tanques de desengrasantes, sal ácida, del tanque de níquel y cromo después de realizar los ajustes en las concentraciones de los químicos en los diversos tanques.

5.2.1 Gráfico X-R valor promedio y rango para los tanques de desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo

Para el análisis de los gráficos de la situación posterior es decir después de la programación de actividades, se tomó como referencia la información de un mes, y con los aros de tamaño 26 pulgadas de rodada, para las otras medidas de aro serían las mismas concentraciones. Se tomó esta medida de aro ya que es la más representativa de la producción. La información de las concentraciones de los desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo se encuentran en el apéndice.

Figura 23. Desengrasante udyprep F en el tanque 1 después de la programación de actividades



Rcp: relación de capacidad del proceso r: desviación estándar

$$r = R/d2$$

$$z1 = (Xp - Lse) / r \quad z2 = (Lie - Xp) / r$$

$$z1 = (64.43 - 60) / (15.39 / 2.326) ; \quad z1 = 4.43 / 6.6165 ; \quad z1 = 0.67 \rightarrow z1 = 0.7486$$

$$z2 = (45 - 64.43) / (15.39 / 2.326) ; \quad z2 = -19.43 / 6.6165 ; \quad z2 = -2.9365 \rightarrow z2 = 0.0017$$

total defectuoso: 74.7 por ciento

$$R_{cp} = (L_{se} - L_{ie}) / 6 * r$$

$$R_{cp} = (60 - 45) / 6 * (15.39 / 2.326) \quad ; \quad R_{cp} = 0.3778$$

En la figura 23 se puede observar que la media se encuentra en 64.43gr/Lt la cual es la media de control, ahora bien la media de especificación del tanque 1 es de 52.5 gr/Lt, significa que hay un factor de seguridad de 11.43gr/Lt, esto ayuda al proceso de limpieza ya que mejora la misma. La tendencia que existe en la media del proceso es la que se debe de mantener debido a que si se mantiene la concentración se obtiene una limpieza uniforme en los aros.

Respecto a los límites del proceso y de especificación se tiene el siguiente comportamiento después de haber analizado la situación anterior: se procedió a mejorar las concentraciones y se tomaron como referencia las concentraciones de especificación para trabajar en todos los tanques, es decir, se empezaron a nivelar las mismas para utilizarlas debidamente y de esta manera reducir el número de aros defectuosos en el proceso de cromado de aros 26.

El comportamiento del desengrasante udyprep F del tanque 1 del proceso de limpieza de los aros 26 es de la siguiente manera.

a. La media del proceso de concentración del desengrasante udyprep F del tanque 1 es de 64.43 gr/Lt y la media de especificación es de 52.5 gr/Lt. En este caso se tiene que la media del proceso se encuentra arriba de la media de especificación con un factor de seguridad de 11.93 gr/Lt, esto contribuye a mantener la solución de dicho desengrasante y que sea de beneficio al proceso de limpieza ya que reduce los problemas de receptibilidad del baño de níquel y cromo.

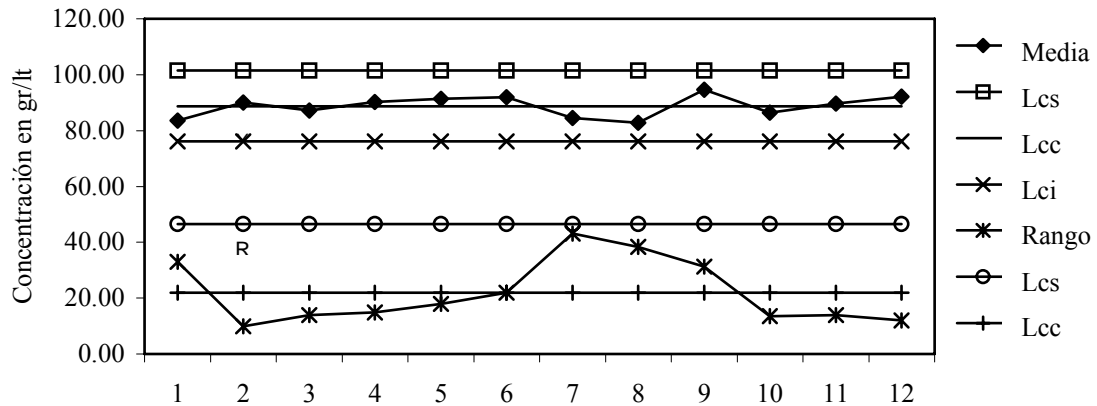
b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior de concentración del proceso del desengrasante udyprep F del tanque 1 se encuentra en 84.28 gr/lit y el límite de concentración superior de especificación es de 60gr/lit, es decir, se encuentra arriba de la especificación con un factor de seguridad de 24.28gr/lit, esto contribuye a mantener la solución del desengrasante arriba de la especificación, lo cual es de beneficio para la limpieza de los aros 26.
- En el caso del límite inferior de concentración del proceso del desengrasante udyprep F del tanque 1 se encuentra en 44.59 gr/lit y el límite de especificación inferior es de 45.00 gr/lit con 0.41 gr/lit por debajo de la especificación, por lo que se puede decir que dicho límite se encuentra cerca de la especificación.

La relación de capacidad del proceso es menor que uno, pero basados en el análisis anterior se puede deducir que se encuentra en mejores condiciones que antes de la programación de actividades ya que los límites del proceso han mejorado respecto a los anteriores, por lo que los defectos han disminuido con esta medida.

En la figura 24 se puede observar que el punto 8 se encuentra en 82.8gr/lit el cual es el punto más bajo de la gráfica; se encuentra por debajo de la media de control que equivale a 88.73gr/lit, y la media de especificación para el tanque 2 es de 82.5gr/lit es decir que se encuentra 0.3gr/lit arriba de la especificación, la media tiene un factor de seguridad de 6.23gr/lit sobre especificación se puede decir que se mantiene en la media o arriba de ella y es uno de los objetivos para el proceso de limpieza.

Figura 24. Desengrasante udyprep 270 en el tanque 2 después de la programación de actividades



Rcp: relación de capacidad del proceso r: desviación estándar

$$r = R/d2$$

$$z1 = (Xp - Lse) / r \quad z2 = (Lie - Xp) / r$$

$$z1 = (88.73 - 105) / (22.02 / 2.326); \quad z1 = -16.27 / 9.4668; \quad z1 = -1.7186 \rightarrow z1 = 0.0436$$

$$z2 = (60 - 88.73) / (22.02 / 2.326); \quad z2 = -28.73 / 9.4668; \quad z2 = -3.03 \rightarrow z2 = 0.0012$$

total defectuoso de : 4.48 por ciento

$$Rcp = (Lse - Lie) / 6 * r$$

$$Rcp = (105 - 60) / 6 * (22.02 / 2.326); \quad Rcp = 45 / 56.8013; \quad Rcp = 0.7922$$

Respecto a los límites del proceso y especificación se tiene el siguiente comportamiento después de haber analizado la situación anterior: se procedió a mejorar las concentraciones y se tomaron como referencia las concentraciones de especificación para trabajar en todos los tanques, es decir, que se empezaron a nivelar las mismas para utilizarlas debidamente y de esta manera reducir el número de aros defectuosos en el proceso de cromado de aros 26.

El comportamiento del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 del proceso de limpieza de los aros 26 es de la siguiente manera.

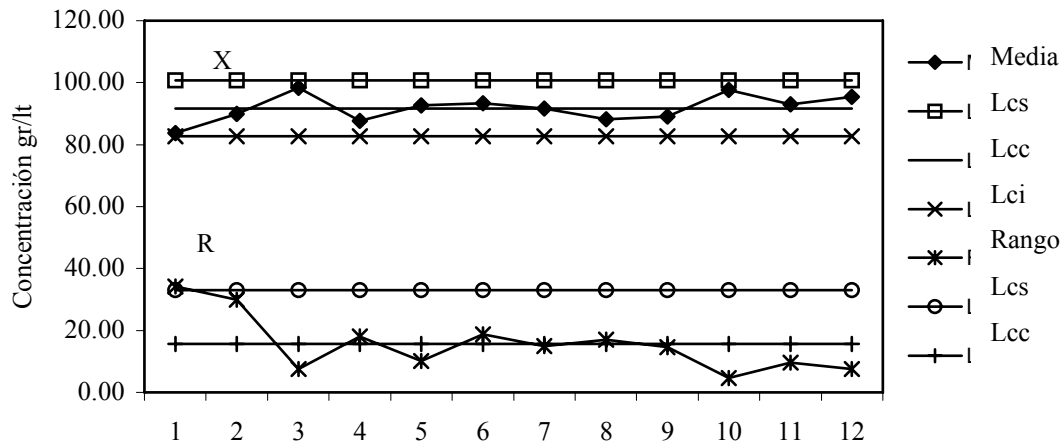
a. La media del proceso de concentración del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 es de 88.73 gr/lit y la media de especificación es de 82.5 gr/lit en este caso se tiene que la media del proceso se encuentra arriba de la media de especificación con un factor de seguridad de 6.23 gr/lit, esto contribuye a mantener la solución de dicho desengrasante y que sea de beneficio al proceso de limpieza ya que reduce los problemas de receptibilidad del baño de níquel y cromo.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior de concentración del proceso del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 se encuentra en 117.13 gr/lit y el límite de concentración superior de especificación es de 105gr/lit, es decir que se encuentra arriba de la especificación con un factor de seguridad de 12.13gr/lit. Esto contribuye a mantener la solución del desengrasante arriba de la especificación, lo cual es de beneficio para la limpieza de los aros 26.
- El caso del límite inferior de concentración del proceso del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 se encuentra en 60.34 gr/lit y el límite de especificación inferior es de 60.00 gr/lit con 0.34 gr/lit por arriba de la especificación, por lo que se puede decir que dicho límite se encuentra cerca de la especificación.

La relación de capacidad del proceso es menor que uno, pero el porcentaje de aros 26 defectuosos ha disminuido a 4.48 por ciento por lo que se han reducido los defectos en los mismos.

Figura 25. Desengrasante udyprep 270 en el tanque 3 después de la programación de actividades



Rcp: relación de capacidad del proceso r: desviación estándar

$$r = R/d2$$

$$z1 = (Xp - Lse) / r \quad z2 = (Lie - Xp) / r$$

$$z1 = (91.69 - 105) / (15.59 / 2.326) ; z1 = -13.31 / 6.7024 ; z1 = -1.98 \rightarrow z1 = 0.0239$$

$$z2 = (60 - 91.69) / (15.59 / 2.326) ; z2 = -31.69 / 6.7024 ; z2 = -4.72 \rightarrow z2 = 0$$

total defectuoso de : 2.39 por ciento ; $Rcp = (Lse - Lie) / 6 * r$

$$Rcp = (105 - 60) / 6 * (15.59 / 2.326) ; Rcp = 45 / 40.2149 ; Rcp = 1.1189$$

En la figura 25 la media de control es de 91.69gr/lt y la de especificación es de 82.5gr/lt es decir con un factor de seguridad de 9.19gr/lt, ahora bien el punto 1 se encuentra en 83.76gr/lt o sea 1.26gr/lt por arriba de la especificación, así como el punto 4 que se encuentra en 87.60gr/lt o sea 5.1gr/lt arriba de la especificación, también el punto 8 se encuentra en 88.20gr/lt o sea a 5.7gr/lt arriba de la especificación, por lo que para este tipo de proceso de limpieza se encuentra cerca de la media de control, lo cual es de beneficio para el proceso.

Respecto a los límites del proceso y de especificación se tiene el siguiente comportamiento después de haber analizado la situación anterior.

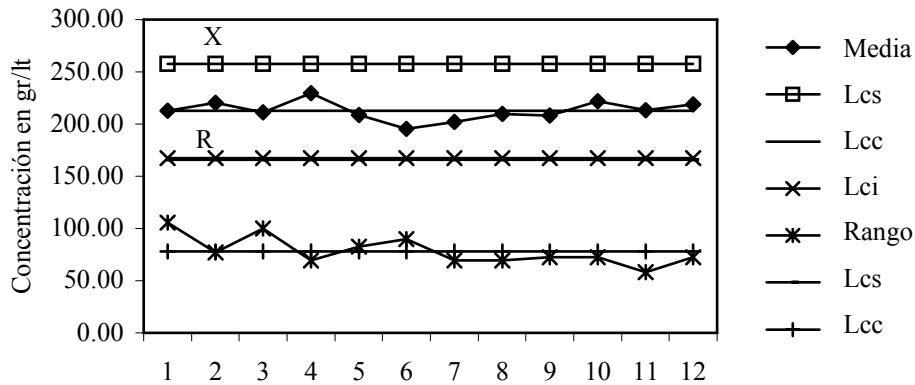
El comportamiento del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 del proceso de limpieza de los aros 26 es de la siguiente manera.

a. La media del proceso de concentración del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 es de 91.69 gr/lit y la media de especificación es de 82.5 gr/lit en este caso se tiene que la media del proceso se encuentra arriba de la media de especificación con un factor de seguridad de 9.19 gr/lit, esto contribuye a mantener la solución de dicho desengrasante y que sea de beneficio al proceso de limpieza ya que reduce los problemas de receptibilidad del baño de níquel y cromo.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- El caso del límite superior de concentración del proceso del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 se encuentra en 111.80 gr/lit y el límite de concentración superior de especificación es de 105gr/lit, es decir que se encuentra arriba de la especificación con un factor de seguridad de 6.80gr/lit, esto contribuye a mantener la solución del desengrasante arriba de la especificación, lo cual es de beneficio para la limpieza de los aros 26.
- El caso del límite inferior de concentración del proceso del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 se encuentra en 71.58 gr/lit y el límite de especificación inferior es de 60.00 gr/lit con 11.58 gr/lit por arriba de la especificación, por lo que se puede decir que dicho límite se encuentra arriba de la especificación.

Figura 26. Sal ácida actane 345 en el tanque 5 después de la programación de actividades



Rcp: relación de capacidad del proceso r: desviación estándar

$$r = R/d2 \quad ; \quad z1 = (Xp - Lse)/r \quad \quad z2 = (Lie - Xp)/r$$

$$z1 = (212.59 - 240) / (78.30/2.326) \quad ; \quad z1 = -27.41/33.6629 \quad ; \quad z1 = -0.8142 \rightarrow z1 = 0.209$$

$$z2 = (140 - 212.59) / (78.30/2.326) \quad ; \quad z2 = -72.59/33.6629 \quad ; \quad z2 = -2.15 \rightarrow z2 = 0.0158$$

total defectuoso de : 22 por ciento

$$Rcp = (Lse - Lie)/6*r \quad ; \quad Rcp = (240 - 140)/6*(78.30/2.326) \quad ; \quad Rcp = 100/201.97 \quad ; \quad Rcp = 0.49$$

En la figura 26 la media de control es de 212.59gr/lt y la de especificación es de 190gr/lt, es decir que tiene un factor de seguridad de 22.59gr/lt, al analizar el punto 6 se encuentra en 195.46gr/lt éste se encuentra por encima de especificación en 5.46gr/lt al igual que el punto 7 que se encuentra en 201.84gr/lt. o sea 11.84gr/lt por encima de especificación, es decir que se trata de mantener por encima de la media de especificación, para obtener una superficie libre de tizne en los aros.

Respecto a los límites del proceso y especificación se tiene el siguiente comportamiento del tanque de sal ácida actane 345 de los aros 26 según su gráfico.

a. La media del proceso de la sal ácida llega a 212.59 gr/lit y la media de especificación es de 190.00 gr/lit, se encuentra arriba con un factor de seguridad de 22.59 gr/lit con dicho valor se garantiza una superficie libre de tizne en los aros.

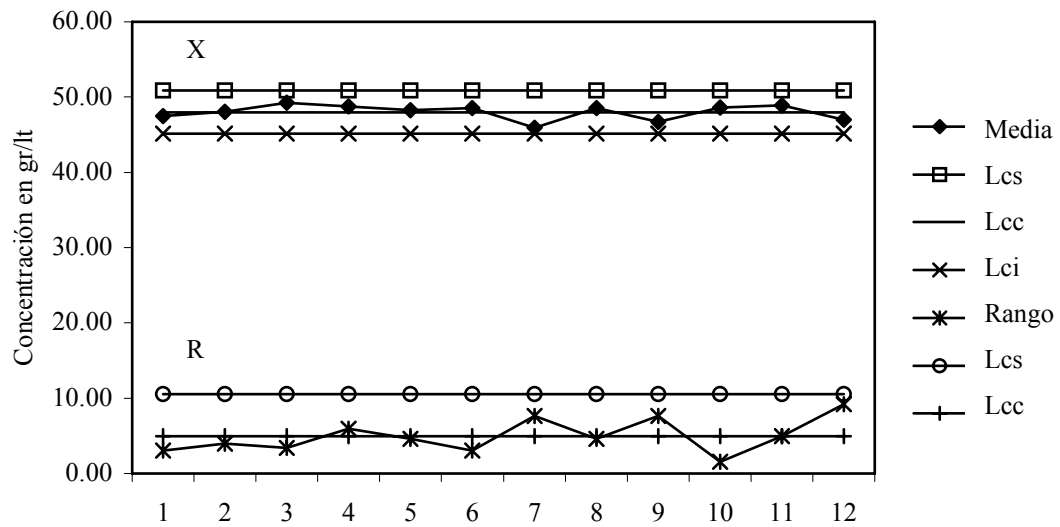
b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de sal ácida del tanque 5 se tiene que el mismo se encuentra en 313.58 gr/lit y el límite superior de especificación es de 240.00 gr/lit, se encuentra arriba con un factor de seguridad de 73.58 gr/lit..
- En el caso del límite inferior del proceso de la sal ácida del tanque 5 se encuentra en 111.60 gr/lit y el límite inferior de especificación es de 140.00 gr/lit con una diferencia de 28.40 gr/lit. por lo que se encuentra debajo del límite de especificación de concentración de sal ácida.

La sal ácida se puede utilizar a temperatura ambiente por lo que no afecta al proceso.

En la sal ácida los valores de la media del proceso y el límite superior del proceso se encuentran arriba de la especificación, por lo que esto sirve para reducir el número de aros defectuosos, ya que mejora esta parte del proceso, en dejar libre de tizne la superficie de los aros.

Figura 27. Ácido bórico en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades



En la figura 27 la media de control es de 48gr/lt y la de especificación es de 46.87gr/lt, con un factor de seguridad de 1.13gr/lt. El punto 7 se encuentra en 45.94gr/lt es decir que se encuentra 0.93gr/lt debajo de la especificación cerca de la media de especificación. El punto 9 se encuentra en 46.67gr/lt es decir 0.2gr/lt debajo de la especificación cerca de la media de especificación. Por lo que para este proceso se requiere una superficie blanca lisa y dúctil es necesario mantener cerca de la media de especificación.

Respecto a los límites de proceso y de especificación el comportamiento del ácido bórico del tanque 7 de níquel de los aros 26 es de la siguiente manera.

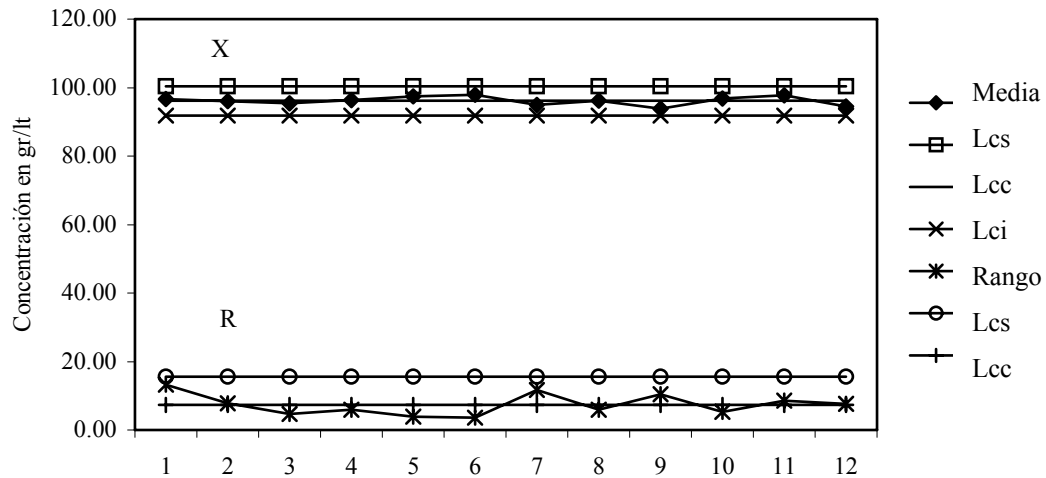
a. La media del proceso de ácido bórico llega a 48.00gr/lit y la media de especificación del ácido bórico es de 46.87 gr/lit que es donde debiera de estar, con una diferencia de 1.13 gr/lit por arriba de la especificación. Una de las recomendaciones es que se encuentre en dicho valor para garantizar una superficie más blanca lisa y dúctil.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de ácido bórico del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 54.41 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 48.75 gr/lit, con una diferencia de 5.66 gr/lit.
- El límite inferior del proceso de ácido bórico del tanque 7 se encuentra en 41.58 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 45 gr/lit con una diferencia de 3.42 gr/lit. por debajo de la especificación.

Es decir que la media del proceso de ácido bórico se encuentra cerca de la media de especificación, en este caso el límite inferior del proceso se encuentra más cerca del límite inferior de especificación que en la situación anterior, por lo que poco a poco irá acercándose a dicho límite ya que el ácido bórico tarda en diluirse, esta situación se ajusta más y da como resultado que provea una deposición más blanca, más lisa y más dúctil.

Figura 28. Níquel metálico en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades



En la figura 28 la media de control es de 96.14gr/Lt y la de especificación es de 90gr/Lt, con un factor de seguridad de 6.14/gr/Lt, se puede apreciar que la concentración se mantiene cerca de la media de control, la tendencia es a mantenerse cerca de ella ya que uno de los objetivos es mantener siempre la media, ahora bien para efectos de la electrodeposición esto ayuda a obtener un mejor níquelado, más brillante.

Respecto a los límites de proceso y de especificación el comportamiento del níquel metálico del tanque 7 de níquel de los aros 26 es de la siguiente manera.

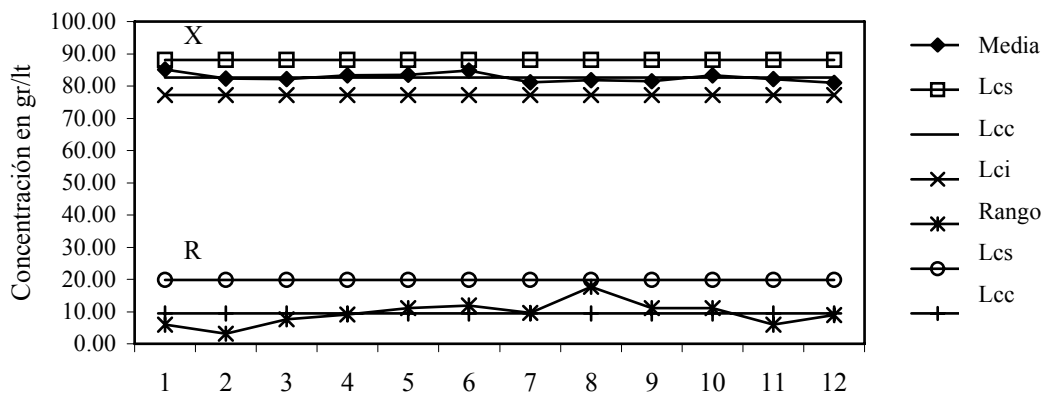
- a. La media del proceso de níquel metálico es de 96.14 gr/Lt y la media de especificación de especificación es de 90 gr/Lt con un factor de seguridad de 6.14 gr/Lt.
- b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de níquel metálico del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 105.64 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 105 gr/lit, se puede decir que se encuentra en la media de especificación.
- El límite inferior del proceso de níquel metálico del tanque 7 se encuentra en 86.64 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 75 gr/lit con un factor de seguridad de 11.64gr/lit.

Los valores se mantienen cerca de la especificación y esto garantiza un buen baño de níquel.

En la figura 29 la media de control es de 82.67gr/lit. y la de especificación es de 82.5gr/lit, con un factor de seguridad de 0.17gr/lit, al analizar el gráfico se puede observar que se encuentra cerca de la media de control y a su vez cerca de la de especificación, este es otro de los componentes que debe de estar siempre cerca de la media ya que de este depende la mejora en la corrosión en los ánodos y mejorar la conductividad de la solución.

Figura 29. Cloruro de níquel en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades



Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento del cloruro de níquel del tanque 7 de níquel de los aros 26 es de la siguiente manera.

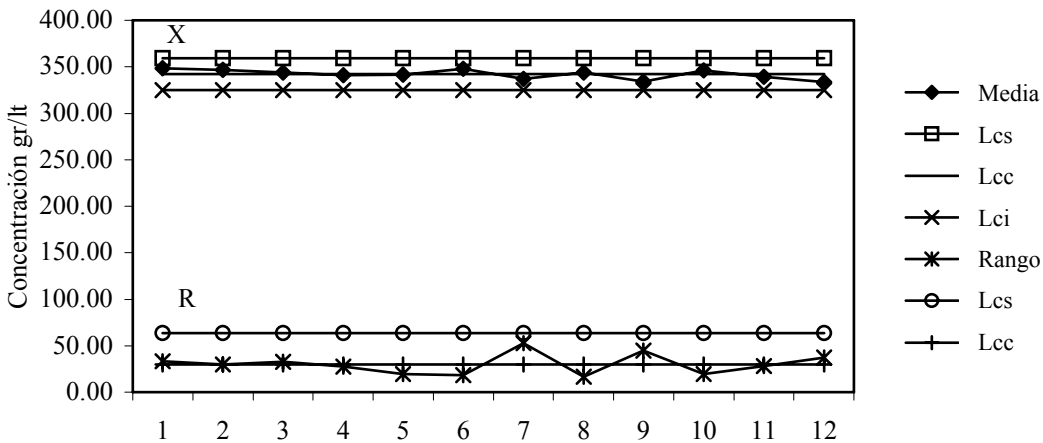
a. La media del proceso de cloruro de níquel llega a 82.67 gr/lit y la media de especificación del cloruro de níquel es de 82.5 gr/lit cerca de la especificación, con una diferencia de 0.17 gr/lit la media del proceso se encuentra cerca de la media de especificación de cloruro de níquel. Una de las recomendaciones es que se encuentre en dicho valor para mejorar la corrosión en los ánodos.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de cloruro de níquel del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 94.81 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 90.00 gr/lit, es decir por debajo de la especificación con una diferencia de 4.81 gr/lit.
- El límite inferior del proceso de cloruro de níquel del tanque 7 se encuentra en 70.53 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 75 gr/lit con una diferencia de 4.47gr/lit, cerca de la especificación.

La media del proceso de cloruro de níquel se encuentra cerca de la media especificación y el límite inferior del proceso se encuentra cerca del límite inferior de especificación y el límite superior del proceso se encuentra arriba de la especificación por lo que esta situación es mejor que la anterior, y de esta manera el cloruro de níquel mejora la corrosión en los ánodos en el tanque de níquel.

Figura 30. Sulfato de níquel en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades



En la figura 30 la media de control se encuentra en 341.93gr/lit mientras que la de especificación en 337.5gr/lit con un factor de seguridad de 4.43gr/lit. Al analizar la gráfica es notable que los puntos se encuentran cerca de la media, lo que se pretende es mantener la solución estable para que suministre iones en la solución.

Respecto a los límites de proceso y de especificación el comportamiento del sulfato de níquel del tanque 7 de los aros 26 es de la siguiente manera.

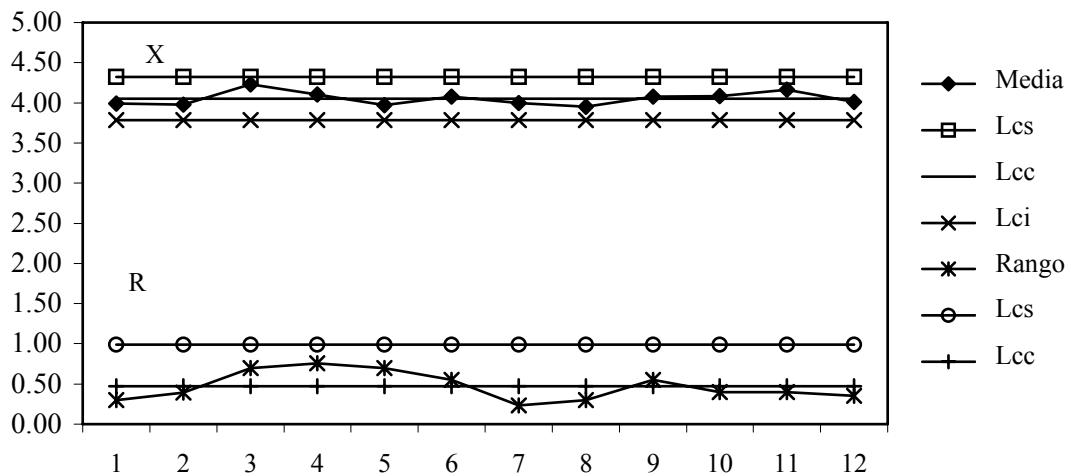
a. La media del proceso de sulfato de níquel es de 341.93 gr/lit y la media de especificación del sulfato de níquel es de 337.5 gr/lit cerca de la especificación, con una diferencia de 4.43 gr/lit. Una de las recomendaciones es que se encuentre en dicho valor para proveer iones en la solución del baño de níquel.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de sulfato de níquel del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 380.55 gr/lit mientras que el límite superior de especificación es de 375 gr/lit, cerca de la especificación por arriba con una diferencia de 5.55 gr/lit.
- El límite inferior del proceso de sulfato de níquel del tanque 7 se encuentra en 303.31 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 300 gr/lit, cerca de la especificación con una diferencia de 3.31 gr/lit.

La media del proceso de sulfato de níquel se encuentra cerca de la especificación y el límite inferior del proceso se encuentra arriba del límite inferior de especificación. El límite superior del proceso se encuentra arriba de la especificación, por lo que esto contribuye a proveer los suficientes iones a la solución del baño de níquel y así tener una mejora del baño de níquel, de tal manera que esto contribuya a reducir los defectos en los aros.

Figura 31. Ph en el tanque 7 de níquel después de la programación de actividades



En la figura 31 la media de control se encuentra en 4.05 y la de especificación en 4 con un factor de seguridad de 0.5, al analizar la gráfica se aprecia que solamente 2 puntos se encuentran cerca del límite superior el punto 3 con 4.23 y el punto 11 con 4.16. Si se toma en cuenta que los límites superiores equivalen a 4.32 y 3.78 respectivamente se puede ver que se encuentra dentro de los límites y que no existe tanta variabilidad como en la figura 15 en donde los puntos 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se encuentran arriba de 5 y el límite de especificación superior puede llegar hasta 4.5, es decir que este es uno de los mayores retos que se tiene para controlar el pH. Esta es una de las variables más difíciles de controlar ya que requiere un control continuo durante el día. En la figura 31 se puede ver que esta variable se encuentra controlada dentro de los límites de control y dentro de los límites de especificación.

Respecto a los límites de proceso y de especificación el comportamiento del pH del tanque 7 de níquel de los aros 26 es de la siguiente manera.

a. La media del proceso del pH es de 4.05 y la media de especificación del pH es de 4.0, cerca de la especificación con una diferencia de 0.05. Una de las recomendaciones es que se encuentre en dicho valor para obtener una buena deposición del baño de cromo.

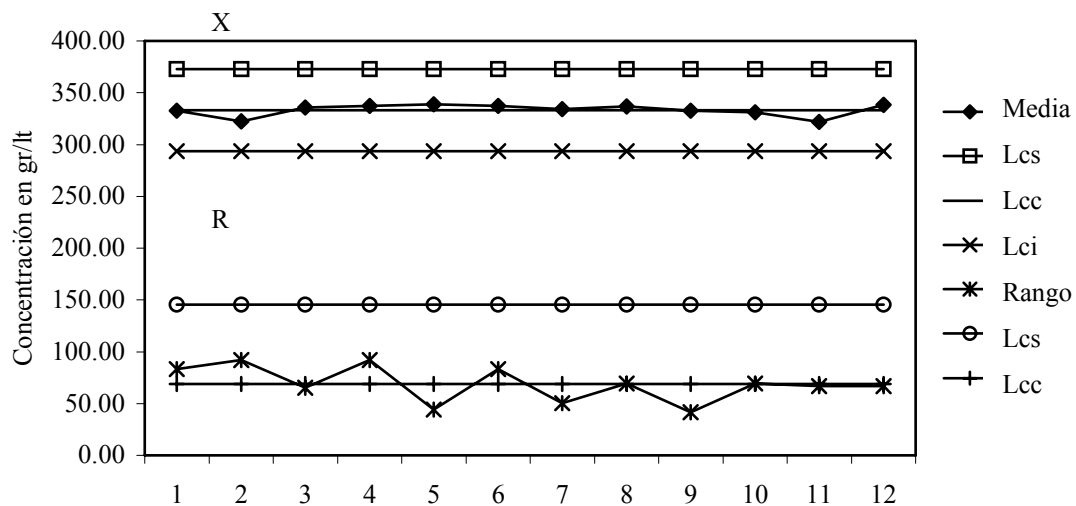
b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso del pH del tanque 7 se tiene que el mismo se encuentra en 4.66 mientras que el límite superior de especificación es de 4.5, cerca de la especificación con una diferencia de 0.16.
- El límite inferior del proceso del pH del tanque 7 se encuentra en 3.45 mientras que el límite inferior de especificación es de 3.5 cerca de la especificación con una diferencia de 0.05.

Por lo que el pH se encuentra en control, ya que la media de proceso se encuentra cerca de la media de especificación y los límites superior e inferior del proceso se encuentran cerca de la especificación.

En la figura 32 la media de control se encuentra en 333.28gr/lit y la de especificación en 290gr/lit con un factor de seguridad de 43.28gr/lit, si se tiene una concentración alta de ácido crómico para el proceso es mejor ya que existe una mejor penetración en los aros, esto repercute en más durabilidad en tiempo. La tendencia que existe es estar cerca de la media de control por lo que se debe de mantener con los sulfatos y que dé como resultado una relación ácido crómico/sulfatos constante.

Figura 32. Ácido crómico en el tanque 11 después de la programación de actividades



Respecto a los límites de proceso y de especificación el comportamiento del ácido crómico del tanque 11 de cromo de los aros 26 es de la siguiente manera.

a. La media del proceso de ácido crómico llega a 333.28 gr/lt y la media de especificación del ácido crómico es de 290.00 gr/lt con una diferencia de 43.28 gr/lt por arriba de la especificación.

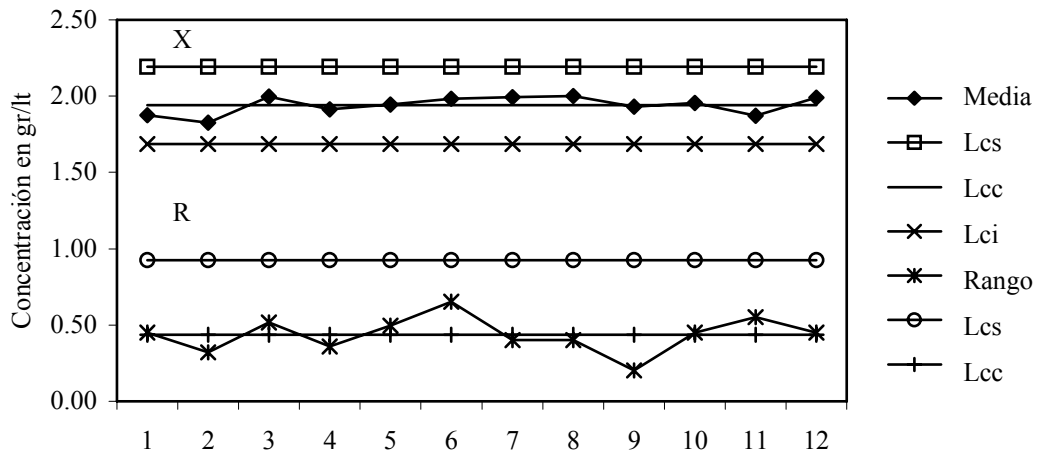
b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

- En el caso del límite superior del proceso de ácido crómico del tanque 11 se tiene que el mismo se encuentra en 421.93 gr/lt mientras que el límite superior de especificación es de 330.00 gr/lt, con una diferencia de 91.23 gr/lt, por arriba de la especificación.
- El límite inferior del proceso de ácido crómico del tanque 11 se encuentra en 244.64 gr/lt mientras que el límite inferior de especificación es de 250 gr/lt con una diferencia de 5.36 gr/lt, es decir que se encuentra por debajo de la especificación.

La media del proceso de ácido crómico se encuentra arriba de la especificación pero esto se hizo con el hecho de que la relación entre ácido crómico y sulfatos baje a la media de especificación de la relación.

Es por ello que el límite superior del proceso también se encuentra arriba de la especificación. Esto ayuda al baño de cromo y así se reducen los problemas de receptibilidad.

Figura 33. Sulfatos en el tanque 11 después de la programación de actividades



En la figura 33 la media de control se encuentra en 1.94 y la de especificación en 1.88 con un factor de seguridad de 0.06, si se analiza el gráfico se puede notar que se encuentra cerca de la media de control. Ahora bien el punto 1 y 2 se encuentran cerca de la media de especificación con valores de 1.88 y 1.83 y el punto 11 en 1.87, lo que se pretende es que los sulfatos se mantengan constante para que la relación se comporte de la misma forma.

Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento de los sulfatos del tanque 11 de cromo de los aros 26 es de la siguiente manera.

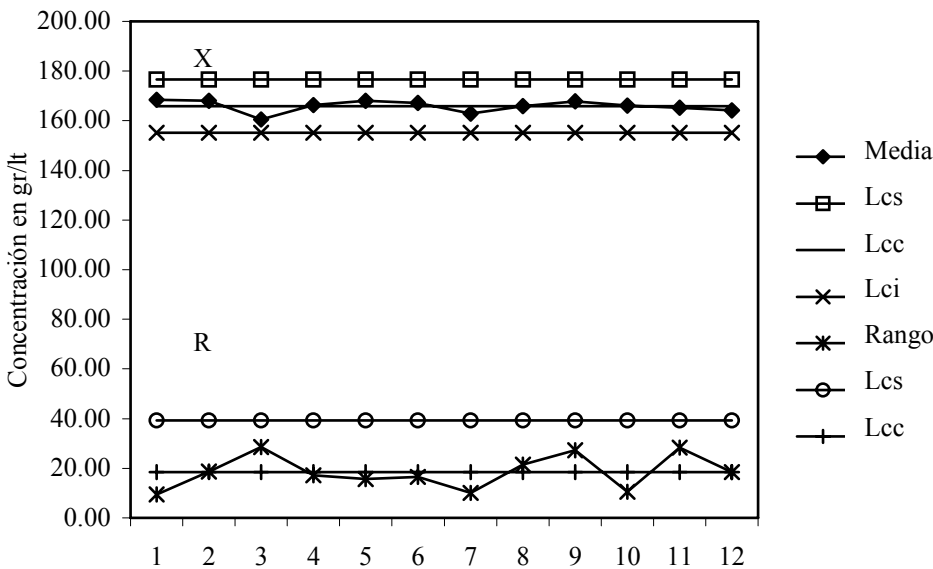
- a. La media del proceso de sulfatos es de 1.94 gr/litro y la media de especificación es de 1.875 gr/litro con una diferencia de 0.06 gr/litro por arriba de la especificación.
- b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.
 - En el caso del límite superior del proceso de sulfatos del tanque 11 se tiene que el mismo se encuentra en 2.5 gr/litro mientras que el límite superior de especificación es de 2.25 gr/litro, con una diferencia de 0.25 gr/litro, por arriba de la especificación.

- El límite inferior del proceso de sulfatos del tanque 11 se encuentra en 1.38 gr/lit mientras que el límite inferior de especificación es de 1.5 gr/lit con una diferencia de 0.12 gr/lit, es decir que se encuentra por debajo de la especificación.

La media del proceso se encuentra arriba de la especificación esto para que la relación baje y el límite superior del proceso se encuentra cerca de la especificación por arriba del mismo. El límite inferior del proceso se encuentra cerca del límite inferior de especificación. Por lo que estos ajustes se realizan para mantener la relación cerca de 170 que es la media de la misma.

En la figura 34 la media de control se encuentra en 165.89 y la de especificación en 170, lo que se pretende es mantener la relación cerca de la media de control para que no se altere la concentración de sulfatos ya que si esto llega a suceder se descontrola también el ácido crómico y da como resultado problemas de recepción es por ello que se mantiene cerca de la media de especificación pero siempre debajo de ella.

Figura 34. Relación ácido crómico/sulfato en el tanque 11 después de la programación de actividades



Respecto a los límites del proceso y de especificación el comportamiento de la relación del tanque 11 de cromo de los aros 26 es de la siguiente manera.

a. La media del proceso de la relación es de 165.89 y la media de especificación es de 170.00 , con una diferencia de 4.11 por debajo de la especificación.

b. Para los límites del proceso se tiene el siguiente comportamiento.

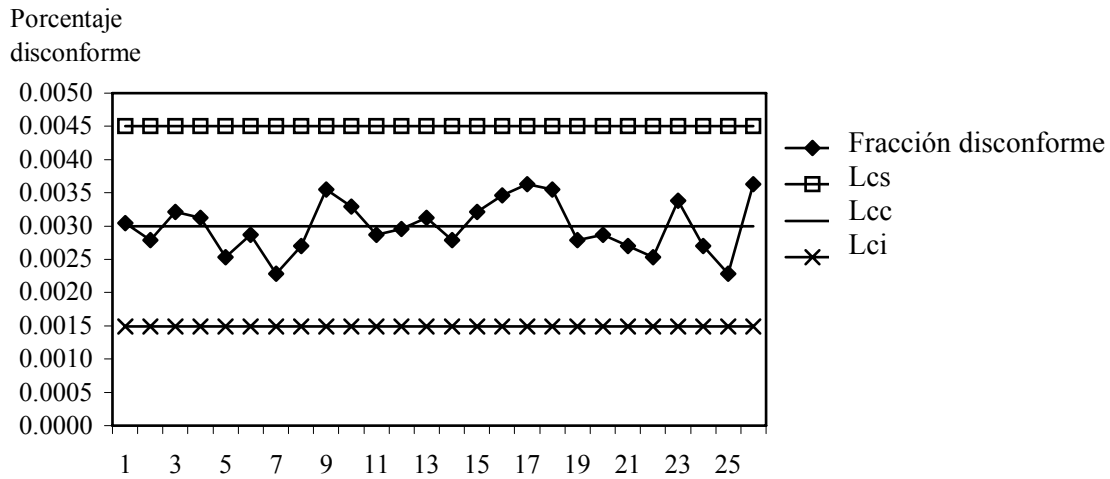
- En el caso del límite superior del proceso de la relación se tiene que se encuentra en 189.78 mientras que el límite superior de especificación es de 180, con una diferencia de 9.78 , por arriba de la especificación.
- El límite inferior del proceso de la relación se encuentra en 142.01 mientras que el límite inferior de especificación es de 160.00 con una diferencia de 17.99, es decir que se encuentra por debajo de la especificación.

La relación de la media del proceso se encuentra cerca de la media de especificación, esto contribuye a mantener la relación estable ya que se debe de estabilizar cerca de 170 para tener un buen baño de cromo para los aros.

5.2.2 Gráfico P muestra del tamaño variable de los aros amarillos y grises

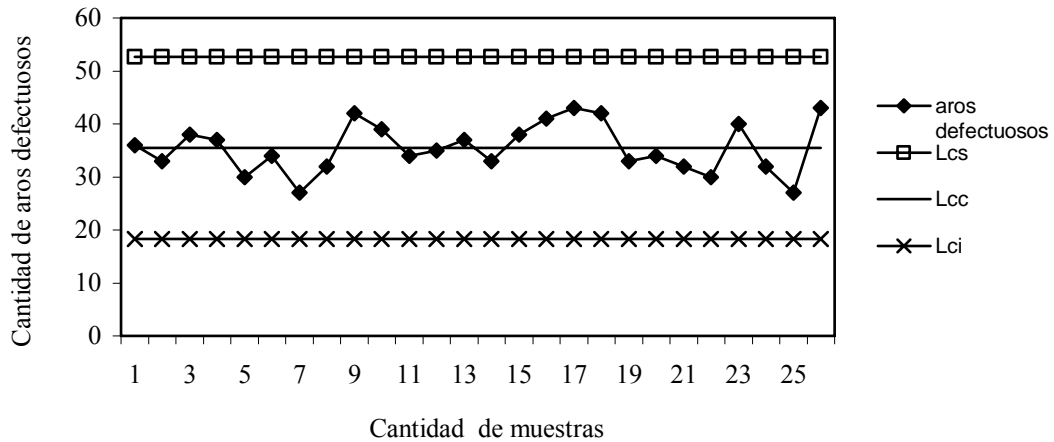
A continuación se presenta la figura 35 fracción disconforme de aros 26.

Figura 35. Fracción disconforme después de la programación de actividades



En la figura 35 se puede observar que la fracción de unidades disconformes disminuye en comparación con la figura 19 en donde los valores de fracción disconforme llegan hasta 0.0167, 0.0166 mientras que en la figura 35 llegan hasta 0.0036, 0.0035, esto hace notar que después de realizar el diagnóstico del cromado y las distintas actividades de mejora da como resultado la disminución de los aros 26 con defectos.

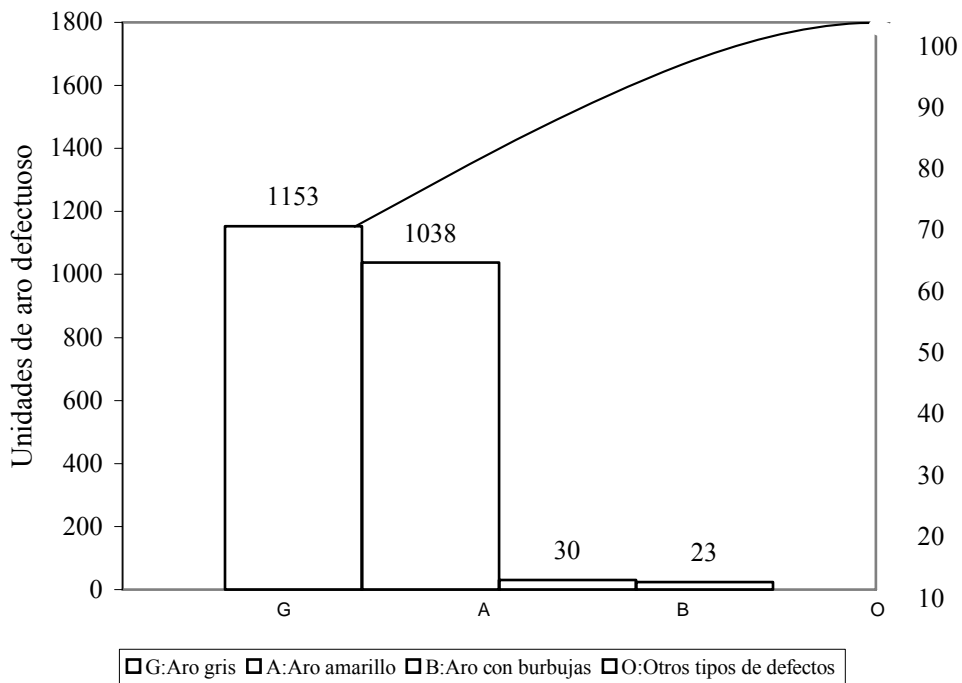
Figura 36. Unidades defectuosas np después de la programación de actividades



En la figura 36 las muestras se tomaron durante 26 días al cien por ciento , se puede observar que los puntos de los valores de los aros 26 defectuosos se mantienen dentro de los límites de 53 y 18, y que los valores mayores en la figura 36 son 42, 43, 43, en los puntos 9, 17 y 26 respectivamente, en comparación con la figura 20 que es la situación antes de programación de actividades, han disminuido los límites de control ya que en la situación anterior los límites eran 129 el límite superior y 75 el límite inferior, por lo que se ha logrado disminuir el número de aros 26 defectuosos.

5.3 Comparación de los resultados obtenidos

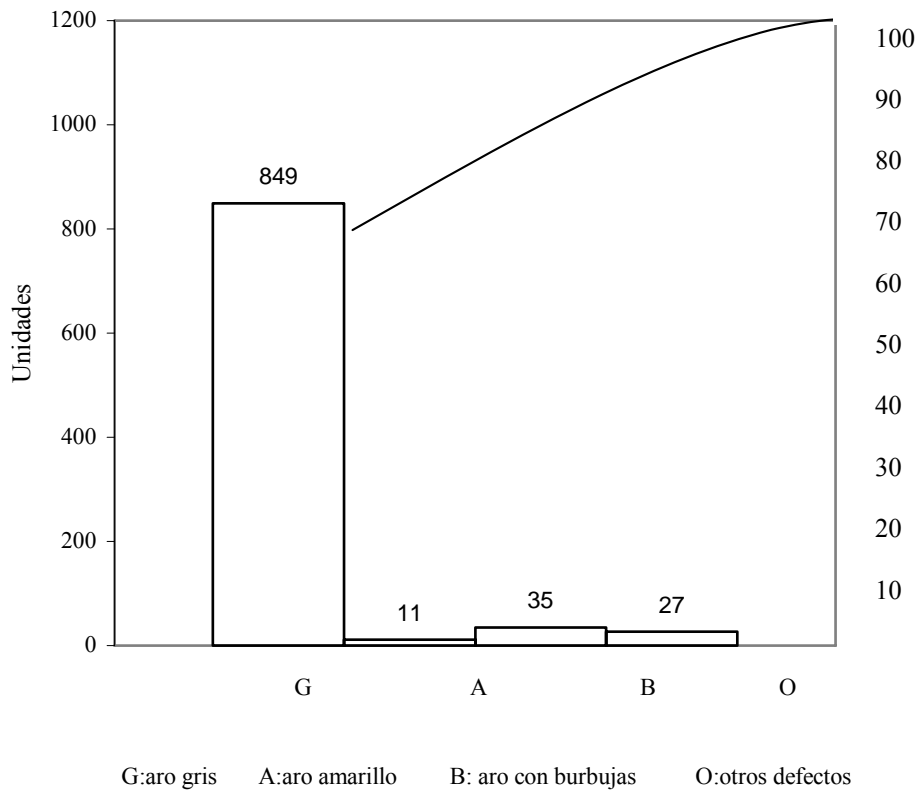
Figura 37. Diagrama de Pareto del aro 26 defectuoso antes de la programación de actividades



En la figura 37 se observa que de un total de 2244 aros 26 defectuosos 1153 se clasifican como grises, 1038 como amarillos, 30 con burbujas y 23 clasificados como otros.

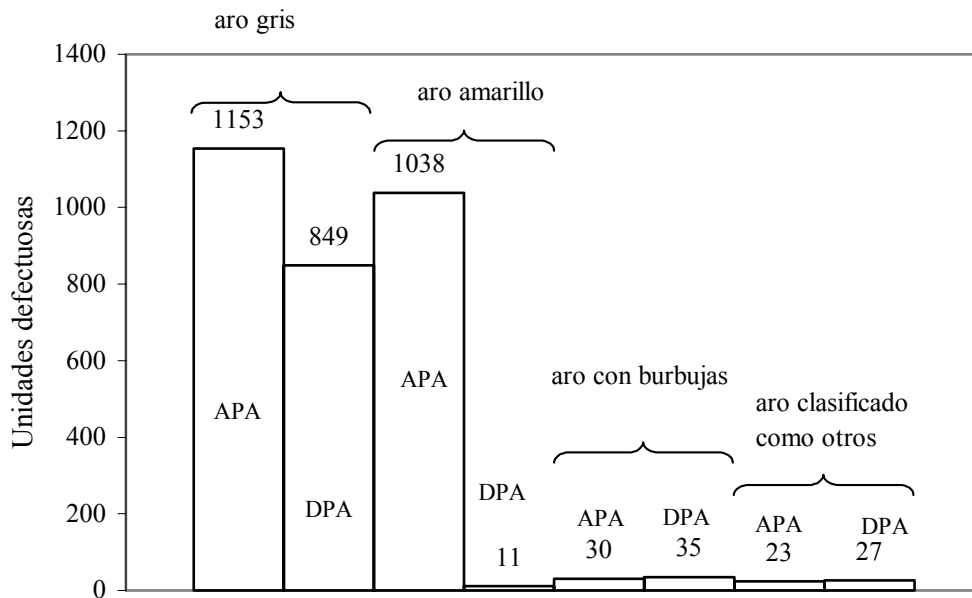
Después de haber realizado las mejoras en las concentraciones se tiene el siguiente gráfico.

Figura 38. Diagrama de Pareto del aro 26 defectuoso después de la programación actividades



En la figura 38 se puede ver la disminución de los defectos en los aros 26, los aros grises bajaron a 849, los amarillos a 11, los de burbuja se incrementaron en 5 y los otros defectos se incrementaron en 4. Lo que se logró fue una disminución considerable en los de tipo grises y amarillos.

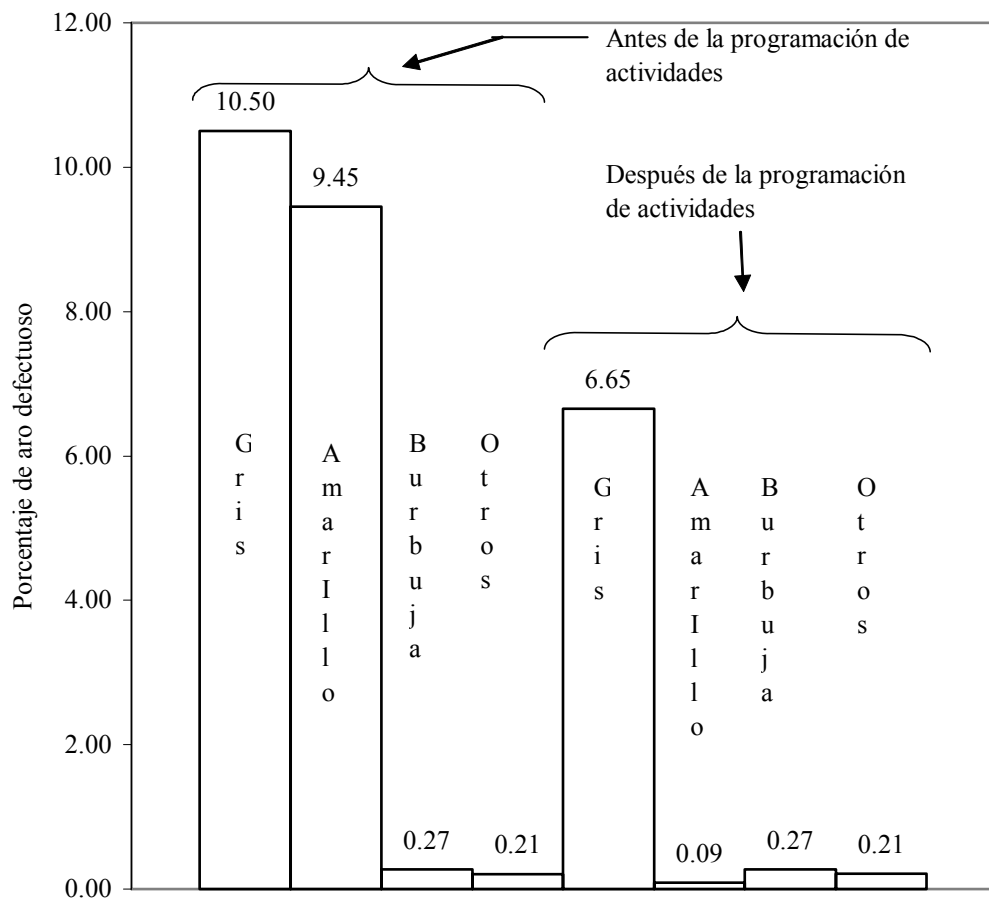
Figura 39. Aro 26 defectuoso antes y después de la programación de actividades



APA: antes de la programación de actividades
 DPA: después de la programación de actividades

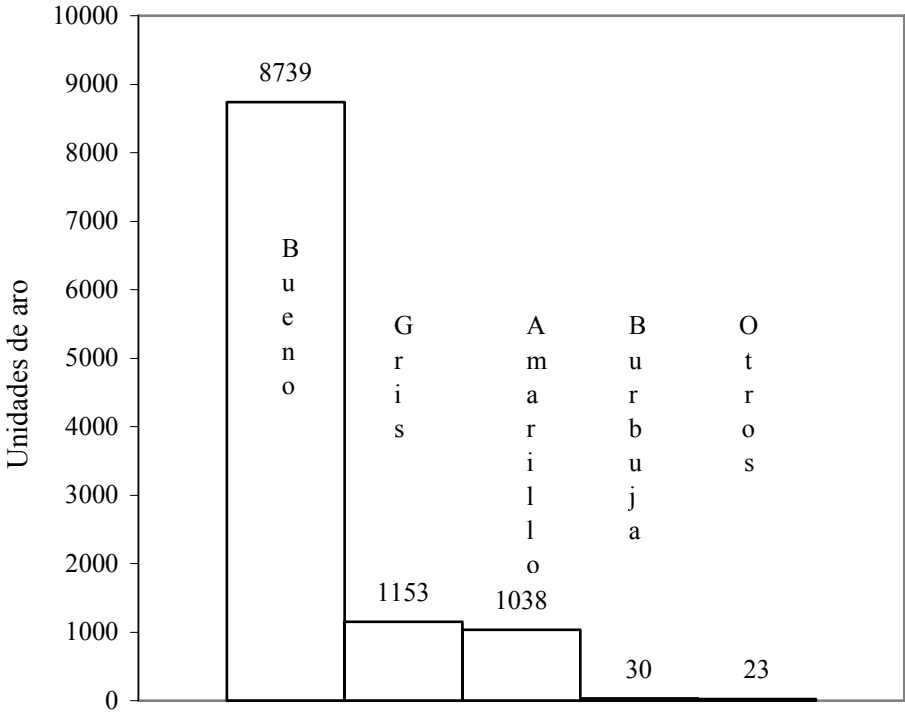
En la figura 39 se puede observar la disminución de los aros grises y amarillos antes y después de la programación de actividades. En los aros de tamaño 26 pulgadas de rodada tanto en los grises como en los amarillos es considerable la disminución en 1,331 aros.

Figura 40. Porcentaje del aro 26 defectuoso antes y después de la programación de actividades



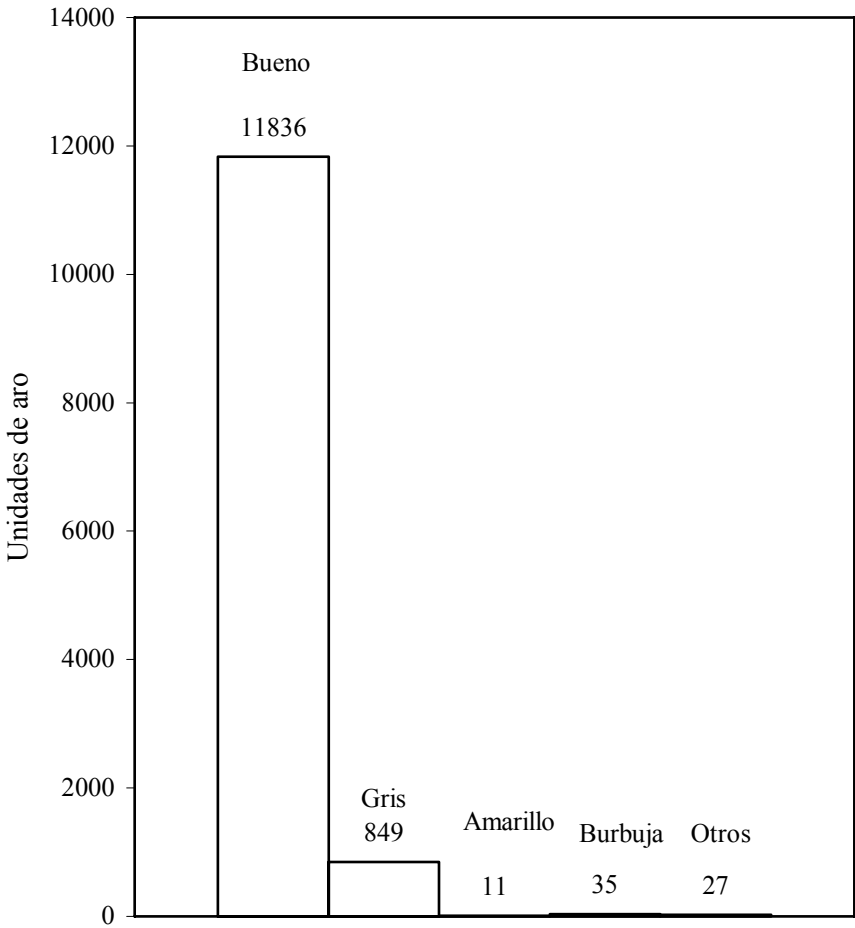
En la figura 40 se puede observar la disminución en porcentaje de los aros 26 grises, amarillos, antes y después de la programación de actividades. Se aprecia que los aros 26 grises se reducen en un 3.84 por ciento, los amarillos en un 9.36 por ciento en este último es considerable la disminución.

Figura 41. Aro 26 bueno, gris, amarillo, burbuja y otros antes de la programación de actividades



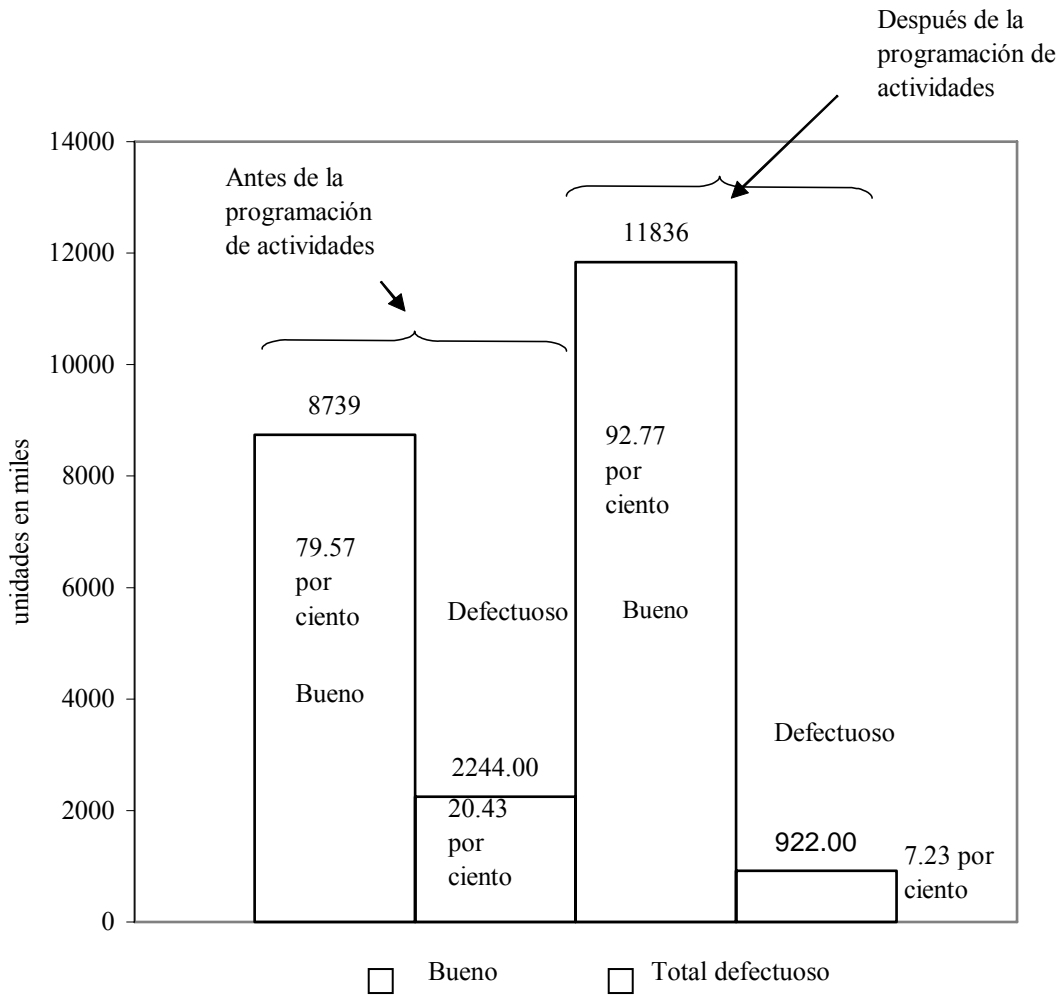
En la figura 41 se puede observar la clasificación y cantidad de los aros 26 buenos, los defectuosos grises, amarillos, burbujas, otros.

Figura 42. Aro 26 bueno, gris, amarillo, burbuja y otros después de la programación de actividades



En la figura 42 se puede observar la clasificación y cantidad de los aros 26: buenos y defectuosos: grises, amarillos, burbuja y otros.

Figura 43. Aro 26 bueno y total defectuoso antes y después de la programación de actividades



En la figura 43 se puede observar la disminución tanto en cantidad como en porcentaje que se logró después de la programación de actividades. Disminución de aros 26 igual a 13.20 por ciento esto equivale a 1,322 aros 26, ahora bien si la producción hubiese sido igual a 8,739 aros después de la programación de actividades los aros 26 defectuosos hubiesen ascendido a 631 aros defectuosos totales es decir, un 7.23 por ciento defectuoso, hubiese sido aún menor que la de antes de la programación de actividades. Como la producción después de la programación de actividades es distinta a la de antes de programación de actividades, es evidente que las producciones son distintas ya que la demanda de aros 26 no es constante, pero lo importante es la disminución que existe no importando la cantidad producida, es evidente que entre mayor producción exista, es probable que los defectos en los aros 26 se incrementen, esto depende de los controles en las variables que se pueden monitorear.

CONCLUSIONES

1. Para identificar los aros amarillos y grises se puede realizar mediante una inspección visual con iluminación enfocada en la planta de cromado y los aros con burbujas se pueden identificar al tener contacto con la mano.
2. Los criterios que se establecieron para evaluar los defectos en los aros para bicicleta son los siguientes. Por imagen visual enfocada en el área de inspección de la planta de cromado, por concentraciones y temperatura en todos los tanques, por ensayos en cámara salina los cuales se realizan en un laboratorio especial en México, y expuestos a la intemperie.
3. Para controlar el proceso de cromado se implementaron controles diarios, semanales, mensuales y semestrales en los tanques de desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo los cuales son de ayuda para solucionar problemas en el proceso de cromado de aros.
4. Para mejorar la calidad de los aros se capacitó a los operarios con el fin de que sirvan de auto-filtro para que los aros con defectos no se utilicen en las bicicletas y así sea de beneficio para el proceso de cromado de aros para bicicletas.
5. Los controles diarios que se deben de llevar en el proceso de cromado de aros para bicicletas son los siguientes. Lectura de concentraciones y temperaturas en todos los tanques de desengrasantes, sal ácida, níquel y cromo.
6. A través de la programación de actividades se logró disminuir el porcentaje de aros defectuosos de un 20.43 por ciento a un 7.23 por ciento.
7. Se determinó que no habían medidas de seguridad establecidas, por lo que las que se implementaron son de beneficio para las personas que se encuentran trabajando en la planta de cromado.

RECOMENDACIONES

Al personal involucrado en el proceso de niquelado y cromado

1. Tomar lecturas de concentraciones: por lo menos dos veces al día de todos los tanques, el pH del tanque de níquel y temperatura de todos los tanques por lo menos cada hora, esto servirá para llevar una bitácora más detallada la cual puede ser de gran utilidad para las personas involucradas en dicho proceso y a la vez continuar con los gráficos de control que se han implementado.
2. Continuar con el seguimiento de la implementación de la propuesta de las pruebas analíticas: prueba de celda de Hull, criterios para evaluar la placa cromada, y las recomendaciones de las cargas iniciales y mantener las concentraciones permisibles en todos los tanques para que el proceso se estabilice y continúe la reducción de los defectos en los aros para bicicletas.
3. Mantener el programa de mantenimiento de la máquina de cromado y la limpieza del área, así como planificar las actividades que se deben de realizar en todos los tanques tales como, los aspectos diarios, semanales, mensuales y semestrales y a su vez llevar la bitácora del mantenimiento de la misma.
4. Utilizar el equipo de seguridad cuando se encuentren dentro del área de la máquina de cromado: lentes de seguridad, guantes de hule, respirador, botas de hule altas y gabacha.

BIBLIOGRAFÍA

1. Buffa, Elwood S. y James S. Dyer. **Ciencias de la administración e investigación de operaciones.** México: Editorial Limusa, S.A., 1983 851pp.
2. Kume, Hitoshi. **Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad** 4a ed. Colombia: Grupo Editorial Norma S.A., 1992. 225pp.
3. Lewis, John R. **Química elemental.** 3a. ed. México: Editorial CECSA, 1979. 463pp.
4. Redmore, Fred. **Fundamentos de química** 3a. ed. México: Prentice Hall, 1988. 714pp.
5. Salvendy, Gabriel. **Biblioteca del ingeniero industrial.** México: Editorial Limusa, S.A. de C.V., 1990. 1338pp.

APÉNDICES

Apéndice A	Concentraciones de todos los tanques antes y después de la programación de actividades
Apéndice B	Temperatura de todos los tanques antes y después de la programación de actividades
Apéndice C	Fracción disconforme y aros defectuosos antes y después de la programación de actividades
Apéndice D	Programa de mantenimiento y procedimiento de encendido de la máquina de cromado

**TABLA DE CONCENTRACIONES DEL TANQUE 1
UDYPREP F**

Concentración en gr/lt										Límites de control			
					Suma	Media	Rango	Medias		Rango			
								Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
42.00	42.50	44.00	44.00	43.50	216.00	43.20	2.00	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
40.70	41.00	42.00	43.00	42.00	208.70	41.74	2.30	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
40.40	44.00	40.40	50.40	41.00	216.20	43.24	10.00	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
40.60	42.40	43.50	45.60	40.50	212.60	42.52	5.10	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
42.80	55.60	52.00	57.00	40.00	247.40	49.48	17.00	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
53.00	62.45	52.00	56.00	41.00	264.45	52.89	21.45	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
40.00	49.00	47.00	49.30	45.60	230.90	46.18	9.30	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
46.70	59.30	43.00	50.40	46.70	246.10	49.22	16.30	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
40.40	43.00	43.50	40.70	44.50	212.10	42.42	4.10	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
45.00	40.00	41.00	45.00	43.00	214.00	42.80	5.00	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
45.00	41.00	40.30	39.20	39.00	204.50	40.90	6.00	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	
39.00	39.00	40.00	41.00	41.50	200.50	40.10	2.50	49.42	44.56	39.70	17.81	8.42	

Sumatoria : 534.69 101.05

g/lt:gramos/litro

Media : 44.56 8.42

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt.	Límites del proceso g/lt.
Lcs	49.42	17.81	60	55.42
Lcc	44.56	8.42	52.5	
Lci	39.70		45	33.70

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$
 El límite inferior es igual a cero
 ya que para n=5 D3=0
 Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * A2$
 Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Apéndice A
Tabla VIII. Concentraciones del desengrasante udyprep F del tanque 1 antes de la programación de actividades

Tabla IX. Concentraciones del desengrasante ud/yprep 270 del tanque 2 antes de la programación de actividades

Concentración en gr/lt				Límites de control														
				Medias			Rango			Lcs			Lcc			Lci		
Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci	
42.00	43.70	44.50	47.00	42.00	219.20	43.84	5.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
48.00	48.00	48.00	48.00	39.00	231.00	46.20	9.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	210.00	42.00	0.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
42.00	42.00	45.00	36.00	36.00	201.00	40.20	9.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
36.00	36.00	66.00	66.00	60.00	264.00	52.80	30.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
63.00	57.00	60.00	60.00	57.00	297.00	59.40	6.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
51.00	66.00	57.00	57.00	66.00	297.00	59.40	15.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
63.00	63.00	63.00	60.00	60.00	309.00	61.80	3.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
54.00	60.00	60.00	60.00	51.00	285.00	57.00	9.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
54.00	54.00	54.00	60.00	63.00	285.00	57.00	9.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
60.00	55.50	52.00	56.70	50.50	274.70	54.94	9.50	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						
51.50	53.50	57.00	48.50	47.00	257.50	51.50	10.00	58.18	52.17	46.17	22.02	10.41						

Sumatoria : 626.08 114.50
 g/lt:gramos/litro Media : 52.17 10.41

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt.	Límites del proceso g/lt.
Lcs	58.18	22.02	105	65.60
Lcc	52.17	10.41	82.5	
Lci	46.17	0.00	60	38.75

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Límite de rango $Lcs = \bar{X} * D4$
 $Lcc = R$
 El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0
 Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * A2$
 Límites del proceso $Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Tabla X. Concentraciones del desengrasante ndy prep 270 del tanque 3 antes de la programación de actividades

										Límites de control			
										Medias		Rango	
Concentración en gr/lt					Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
57.00	66.00	60.00	57.00	60.00	300.00	60.00	9.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
54.00	53.00	52.00	54.00	56.00	269.00	53.80	4.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
54.00	66.00	54.00	63.00	63.00	300.00	60.00	12.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
57.00	51.00	60.00	57.00	51.00	276.00	55.20	9.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
57.00	63.00	60.00	57.00	60.00	297.00	59.40	6.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
48.00	63.00	54.00	48.00	57.00	270.00	54.00	15.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
51.00	54.00	50.00	48.00	51.00	254.00	50.80	6.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
44.00	48.00	51.00	51.00	54.00	248.00	49.60	10.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
48.00	51.00	53.00	45.00	46.00	243.00	48.60	8.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
45.00	42.00	54.00	57.00	57.00	255.00	51.00	15.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
48.00	51.50	52.00	54.00	44.50	250.00	50.00	9.50	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	
51.00	54.00	51.00	48.00	51.00	255.00	51.00	6.00	58.88	53.62	48.35	19.30	9.13	

Sumatoria : 643.40 109.50

g/lt:gramos/litro Media : 53.62 9.13

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt.	Límites del proceso g/lt.
Lcs	58.88	19.30	105	65.39
Lcc	53.62	9.13	82.5	
Lci	48.35	0.00	60	41.85

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$
 El límite inferior es igual a cero
 ya que para $n=5$ $D3=0$
 Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * A2$
 Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (\bar{R}/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (\bar{R}/d2)$

Límites de control												
Medias												
Rango												
Concentración en gr/lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
130.50	188.50	190.00	203.00	195.00	907.00	181.40	72.50	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
185.00	188.50	174.00	178.00	180.00	905.50	181.10	14.50	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
174.00	177.00	181.00	188.50	152.25	872.75	174.55	36.25	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
159.50	145.00	165.00	140.00	160.00	769.50	153.90	25.00	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
145.00	150.00	145.00	170.00	140.00	750.00	150.00	30.00	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
116.00	150.00	185.00	217.50	190.00	858.50	171.70	101.50	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
188.50	159.50	159.50	159.50	159.50	826.50	165.30	29.00	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
130.50	150.00	160.00	175.00	150.00	765.50	153.10	44.50	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
130.50	140.00	152.25	159.50	130.50	712.75	142.55	29.00	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
145.00	150.00	155.50	160.00	148.50	759.00	151.80	15.00	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
150.00	155.50	170.00	172.00	155.00	802.50	160.50	22.00	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
145.00	167.00	169.00	170.00	140.50	791.50	158.30	29.50	183.59	162.02	140.44	79.09	37.40
Sumatoria :				1944.20	448.75							
g/lt:gramos/litro				Media :	162.02	37.40						

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt.	Límites del proceso g/lt
Lcs	183.59	79.09	240	210.25
Lcc	162.02	37.40	190	162.02
Lci	140.44	0.00	140	113.78

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Tabla XI. Concentraciones de la sal ácida acetate 345 del tanque 5 antes de la programación de actividades

Límites de control												
Medias												
Rango												
Concentración en gr/lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
33.78	36.85	46.06	46.06	49.13	211.88	42.38	15.35	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
46.06	46.06	44.52	46.06	46.06	228.76	45.75	1.54	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
36.85	38.38	42.99	46.06	44.52	208.80	41.76	9.21	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
33.78	38.38	38.38	38.38	43.05	191.97	38.39	9.27	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
44.52	44.52	41.45	42.99	39.92	213.40	42.68	4.60	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
41.45	44.52	46.06	47.59	46.06	225.68	45.14	6.14	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
39.92	42.99	39.92	42.99	42.99	208.81	41.76	3.07	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
41.00	42.00	46.06	41.45	40.00	210.51	42.10	6.06	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
47.59	47.59	49.13	47.59	44.52	236.42	47.28	4.61	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
47.59	49.13	44.52	46.06	58.34	245.64	49.13	13.82	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
33.78	46.06	42.99	46.06	49.13	218.02	43.60	15.35	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
42.30	43.52	45.06	41.50	40.00	212.38	42.48	5.06	48.06	43.54	39.01	16.58	7.84
Sumatoria :				522.45	94.08							
g/lt: gramos/litro				Media :	43.54	7.84						

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación gr/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	48.06	16.58	48.75	53.65
Lcc	43.54	7.84	46.87	43.54
Lci	39.01		45	33.43

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Tabla XII. Concentraciones de ácido bórico del tanque 7 antes de la programación de actividades

Tabla XIII. Concentraciones de níquel metálico del tanque 7 antes de la programación de actividades

Concentración en gr/lit				Suma	Media	Rango	Lcs	Límites de control				
								Medias		Rango		
								Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
70.10	87.62	87.62	93.46	87.62	426.42	85.28	23.36	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
96.38	90.54	93.46	93.46	93.46	467.30	93.46	5.84	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
75.94	81.78	87.62	87.62	87.62	420.58	84.12	11.68	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
81.78	81.78	81.78	87.62	81.78	414.74	82.95	5.84	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
78.86	78.86	84.70	81.78	84.70	408.90	81.78	5.84	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
81.78	75.94	78.86	78.86	78.86	403.06	80.61	11.68	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
81.78	93.46	96.38	84.70	75.94	432.26	86.45	20.44	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
73.02	78.86	78.86	81.78	78.86	391.38	78.28	8.76	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
81.78	81.78	80.32	87.62	84.70	416.20	83.24	7.30	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
81.78	84.70	84.70	84.70	87.62	423.50	84.70	5.84	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
85.00	82.00	78.00	74.00	78.00	397.00	79.40	11.00	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
78.00	77.00	79.00	87.62	87.62	409.24	81.85	10.62	89.67	83.51	77.35	22.60	10.68
				Sumatoria :	1002.12	128.20						
				Media :	83.51	10.68						

g/lit: gramos/litro

Media g/lit	Rango g/lit	Límites de especificación gr/lit	Límites del proceso g/lit	Límite de rango	Lcs = $\bar{R} * D4$	Lcc = \bar{R}
Lcs 89.67	22.60	105.00	97.29	El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0		
Lcc 83.51	10.68	90		Límite de control	Lcs = $\bar{X} + R * A2$	Lcc = \bar{X}
Lci 77.35		75	69.73		Lci = $\bar{X} - R * A2$	
Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control				Límites del proceso		
A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5				Lcs = $\bar{X} + 3 * (\bar{R}/d2)$		
				Lcc = \bar{X}		
				Lci = $\bar{X} - 3 * (\bar{R}/d2)$		

Tabla XIV. Concentraciones de cloruro de níquel del tanque 7 antes de la programación de actividades

Concentración en gr/lit				Suma	Media	Rango	Lcs	Límites de control				
								Medias		Rango		
								Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
53.25	79.87	65.08	71.00	71.00	340.20	68.04	26.62	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
82.83	73.95	82.83	79.87	79.87	399.35	79.87	8.88	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
71.00	65.08	71.00	76.91	76.91	360.90	72.18	11.83	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
76.91	76.91	76.91	71.00	71.00	372.73	74.55	5.91	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
68.04	68.04	76.91	71.00	71.00	354.99	71.00	8.87	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
61.53	68.04	76.91	76.91	76.91	360.30	72.06	15.38	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
65.08	68.04	71.00	71.00	65.08	340.20	68.04	5.92	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
65.08	65.08	65.08	71.00	65.08	331.32	66.26	5.92	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
73.95	68.04	71.00	73.95	73.95	360.89	72.18	5.91	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
68.04	65.08	68.04	71.00	65.08	337.24	67.45	5.92	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
68.04	67.45	76.91	73.95	73.95	360.30	72.06	9.46	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
65.08	68.04	68.04	65.08	68.04	334.28	66.86	2.96	76.34	70.88	65.42	20.02	9.47
				Sumatoria :	850.54	113.58						
				Media :	70.88	9.47						

g/lit: gramos/litro

Media g/lit	Rango g/lit	Límites de especificación gr/lit	Límites del proceso g/lit	Límite de rango	Lcs = $\bar{R} * D4$	Lcc = \bar{R}
Lcs 76.34	20.02	90.00	83.09	El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0		
Lcc 70.88	9.47	82.50	70.88	Límite de control	Lcs = $\bar{X} + R * A2$	Lcc = \bar{X}
Lci 65.42		75.00	58.67		Lci = $\bar{X} - R * A2$	
Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control				Límites del proceso		
A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5				Lcs = $\bar{X} + 3 * (\bar{R}/d2)$		
				Lcc = \bar{X}		
				Lci = $\bar{X} - 3 * (\bar{R}/d2)$		

Tabla XV. Concentraciones de sulfato de níquel del tanque 7 antes de la programación de actividades

Concentración en gr/lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Límites de control					
								Medias		Rango			
								Lcc	Lci	Lcs	Lcc		
255.11	304.16	320.53	340.15	313.98	1533.93	306.79	85.04	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
340.14	323.79	327.06	330.33	330.33	1651.65	330.33	16.35	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
261.64	294.36	313.98	307.44	307.44	1484.86	296.97	52.34	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
281.27	281.27	281.27	313.98	287.81	1445.60	289.12	32.71	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
278.00	278.00	294.35	287.81	300.90	1439.06	287.81	22.90	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
298.29	264.92	268.18	268.18	307.44	1407.01	281.40	42.52	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
294.36	343.43	353.24	300.90	268.19	1560.12	312.02	85.05	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
255.11	281.27	281.27	287.81	281.27	1386.73	277.35	32.70	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
284.54	291.09	281.27	310.71	297.62	1465.23	293.05	29.44	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
277.99	294.35	300.90	294.35	313.98	1481.57	296.31	35.99	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
300.71	290.00	294.35	297.44	294.35	1476.85	295.37	10.71	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
298.93	287.81	299.00	292.00	293.00	1470.74	294.15	11.19	318.69	296.72	274.75	80.54	38.08	
				Sumatoria :	3560.67	456.94							
				Media :	296.72	38.08							

g/lt: gramos/litro

Sumatoria : 3560.67 456.94
Media : 296.72 38.08

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$

$Lcc = \bar{X}$

$Lci = \bar{X} - R * A2$

Límites del proceso

$Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$

$Lcc = \bar{X}$

$Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación gr/lt	Límites del proceso g/lt
318.69	80.54	375	345.83
296.72	38.08	337.5	296.72
274.75		300	247.61

Tabla XVI. Concentraciones del Ph del tanque 7 antes de la programación de actividades

Concentración en gr/lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Límites de control					
								Medias		Rango			
								Lcc	Lci	Lcs	Lcc		
4.60	4.10	4.10	4.10	4.10	21.00	4.20	0.50	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
4.10	3.90	4.10	4.10	4.10	20.30	4.06	0.20	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
4.90	4.90	4.60	4.30	4.30	23.00	4.60	0.60	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	20.50	4.10	0.00	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
4.80	4.80	4.70	4.60	4.60	23.50	4.70	0.20	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
4.30	4.52	4.30	4.30	4.40	21.82	4.36	0.22	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
5.20	5.20	5.20	5.20	5.20	26.00	5.20	0.00	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
5.23	5.27	5.28	5.30	5.30	26.38	5.28	0.07	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
4.88	4.88	5.08	5.10	5.10	25.04	5.01	0.22	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
5.20	5.32	5.20	5.17	5.30	26.19	5.24	0.15	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
5.17	5.17	5.20	5.21	5.32	26.07	5.21	0.15	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
5.17	5.18	5.26	5.27	5.21	26.09	5.22	0.10	4.90	4.76	4.63	0.51	0.24	
				Sumatoria :	57.18	2.41							
				Media :	4.76	0.24							

g/lt: gramos/litro

Sumatoria : 57.18 2.41
Media : 4.76 0.24

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$

$Lcc = \bar{X}$

$Lci = \bar{X} - R * A2$

Límites del proceso

$Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$

$Lcc = \bar{X}$

$Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación gr/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	4.90	0.51	4.5	5.08
Lcc	4.76	0.24	4	4.76
Lci	4.63		3.5	4.45

Tabla XVII. Concentraciones de ácido crómico del tanque 11 antes de la programación de actividades

Concentración en g/lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
217.13	250.54	250.54	250.54	250.54	1219.29	243.86	33.41	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
250.54	250.54	250.54	177.05	233.84	1162.50	232.50	73.49	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
334.05	283.94	367.46	334.05	367.46	1686.97	337.39	83.51	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
300.65	317.35	314.18	367.46	314.34	1613.97	322.79	66.81	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
286.45	283.94	270.58	286.45	283.94	1411.37	282.27	15.87	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
270.08	250.54	263.23	286.62	283.94	1354.42	270.88	36.08	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
283.94	270.58	283.94	270.25	250.54	1359.26	271.85	33.41	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
286.45	292.30	292.30	334.05	367.46	1572.55	314.51	81.01	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
334.05	275.59	325.70	292.30	350.76	1578.40	315.68	75.16	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
300.65	309.00	300.65	293.13	300.65	1504.07	300.81	15.87	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
300.65	300.65	293.13	293.13	300.65	1488.20	297.64	7.52	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45
345.74	345.74	345.74	345.74	286.45	1669.43	333.89	59.29	321.63	293.67	265.72	102.47	48.45

Sumatoria : 3524.09 581.42
 Media : 293.67 48.45

g/lt: gramos/litro

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El Límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	321.63	102.47	330	356.17
Lcc	293.67	48.45	290	293.67
Lci	265.72		250	231.18

Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$

$Lcc = \bar{X}$

$Lci = \bar{X} - R * A2$

Límites del proceso

$Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$

$Lcc = \bar{X}$

$Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control

A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Tabla XVIII. Concentraciones de sulfatos del tanque 11 antes de la programación de actividades

Concentración en g/lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
1.35	1.35	1.39	1.39	1.31	6.78	1.36	0.07	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.50	1.42	1.65	1.50	1.35	7.42	1.48	0.30	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.20	1.20	1.35	1.50	1.65	6.89	1.38	0.45	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.50	1.20	2.10	0.90	1.80	7.49	1.50	1.20	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.80	1.80	1.80	1.80	1.72	8.91	1.78	0.07	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	8.99	1.80	0.00	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.65	1.80	1.65	1.57	1.65	8.31	1.66	0.22	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.65	1.80	1.80	1.65	1.80	8.69	1.74	0.15	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	8.24	1.65	0.00	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	8.24	1.65	0.00	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.80	1.65	1.65	1.95	1.80	8.84	1.77	0.30	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32
1.95	1.95	1.95	1.95	1.80	9.59	1.92	0.15	1.83	1.64	1.45	0.69	0.32

Sumatoria : 19.68 2.92
 Media : 1.64 0.32

g/lt: gramos/litro

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	1.83	0.69	2.25	2.06
Lcc	1.64	0.32	1.875	1.64
Lci	1.45		1.5	1.22

Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$

$Lcc = \bar{X}$

$Lci = \bar{X} - R * A2$

Límites del proceso

$Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$

$Lcc = \bar{X}$

$Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control

A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Tabla XIX. Concentraciones de la relación ácido crómico/sulfatos del tanque 11 antes de la programación de actividades

										Límites de control				
										Medias		Rangos		
Concentración en g/lt					Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc		
161.06	185.83	180.81	180.81	191.14	899.65	179.93	30.09	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
167.25	176.05	152.05	118.19	173.44	786.98	157.40	57.86	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
278.75	236.94	272.56	223.00	223.00	1234.24	246.85	55.75	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
200.70	264.81	149.81	408.83	174.87	1199.02	239.80	259.03	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
159.35	157.96	150.53	159.35	164.83	792.01	158.40	14.30	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
150.25	139.38	146.44	159.45	157.96	753.46	150.69	20.07	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
172.32	150.53	172.32	171.82	152.05	819.02	163.80	21.79	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
173.84	162.60	162.60	202.73	204.42	906.19	181.24	41.81	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
202.73	167.25	197.66	177.39	212.86	957.89	191.58	45.61	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
182.45	187.52	182.45	177.89	182.45	912.78	182.56	9.63	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
167.25	182.45	177.89	150.53	167.25	845.37	169.07	31.93	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		
177.54	177.54	177.54	177.54	159.35	869.52	173.90	18.19	212.08	182.94	153.79	106.82	50.51		

Sumatoria : 2195.23 606.06
 Media : 182.94 50.51

g/lt: gramos/litro

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	212.08	106.82	180	248.08
Lcc	182.94	50.51	170	182.94
Lci	153.79		160	117.80

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Límite de control $Lcs = \bar{X} + \bar{R} * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - \bar{R} * A2$

Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (\bar{R}/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (\bar{R}/d2)$

Tabla XX. Concentraciones del desengrasante ndyprep F del tanque 1 después de la programación de actividades

										Límites de control				
										Medias		Rangos		
Concentración en gr/lt					Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc		
53.55	74.00	54.18	72.45	58.59	312.77	62.55	20.45	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
60.00	73.00	56.70	72.45	60.48	322.63	64.53	16.30	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
63.00	72.50	59.85	69.30	51.66	316.31	63.26	20.84	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
63.00	71.00	70.00	65.00	63.63	332.63	66.53	8.00	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
56.70	69.30	66.15	66.78	49.77	308.70	61.74	19.53	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
63.00	68.04	68.00	65.52	58.59	323.15	64.63	9.45	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
69.30	72.45	69.30	68.67	53.55	333.27	66.65	18.90	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
69.30	72.45	66.15	64.89	56.70	329.49	65.90	15.75	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
66.15	63.00	68.04	58.59	66.78	322.56	64.51	9.45	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
66.15	69.30	63.00	52.92	53.55	304.92	60.98	16.38	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
68.04	69.30	66.15	64.89	64.89	333.27	66.65	4.41	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		
75.60	69.30	75.60	55.44	50.40	326.34	65.27	25.20	73.31	64.43	55.55	32.55	15.39		

Sumatoria: 773.21 184.66
 Media : 64.43 15.39

g/lt:gramos/litro

	Media g/lt	Rangos g/lt	Límites de especificación g/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	73.31	32.55	60	84.28
Lcc	64.43	15.39	52.5	64.43
Lci	55.55		45	44.59

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

Límite de control $Lcs = \bar{X} + \bar{R} * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - \bar{R} * A2$

Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (\bar{R}/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (\bar{R}/d2)$

Límites de control												
Medias Rangos												
Concentración en gr/Lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
66.00	99.00	79.80	73.80	99.00	417.60	83.52	33.00	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
95.00	90.60	85.00	93.00	87.00	450.60	90.12	10.00	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
81.00	82.00	88.00	90.00	95.00	436.00	87.20	14.00	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
90.00	83.00	91.80	88.80	97.80	451.40	90.28	14.80	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
84.60	102.00	85.80	100.80	84.00	457.20	91.44	18.00	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
80.00	85.60	94.80	97.80	102.00	460.20	92.04	22.00	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
99.00	103.80	60.60	75.00	84.00	422.40	84.48	43.20	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
90.00	60.60	97.80	66.60	99.00	414.00	82.80	38.40	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
73.80	105.00	105.00	94.80	94.80	473.40	94.68	31.20	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
84.00	90.00	84.60	93.60	80.00	432.20	86.44	13.60	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
82.80	88.80	90.60	89.00	96.80	448.00	89.60	14.00	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
98.00	94.50	86.00	90.50	92.00	461.00	92.20	12.00	101.44	88.73	76.03	46.57	22.02
				Sumatoria:	1064.80	264.20						
				Media :	88.73	22.02						

g/Lt:gramos/litro

Media g/Lt	Rangos g/Lt	Límites de especificación g/Lt	Límites del proceso g/Lt
Lcs 101.44	46.57	105	117.13
Lcc 88.73	22.02	82.5	88.73
Lci 76.03		60	60.34

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 $A2=0.577$ $D4=2.115$ $D3=0$ $d2=2.326$ $n=5$

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$
 El límite inferior es igual a cero
 ya que para $n=5$ $D3=0$
 Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * A2$
 Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Tabla XXI. Concentraciones del desengrasante ndyprp 270 del tanque 2 después de la programación de actividades

Límites de control												
Medias Rangos												
Concentración en gr/Lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
75.00	99.00	84.00	96.00	64.80	418.80	83.76	34.20	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
72.00	85.00	90.60	100.00	102.00	449.60	89.92	30.00	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
100.00	96.00	102.60	97.80	95.00	491.40	98.28	7.60	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
90.00	81.60	97.80	79.80	88.80	438.00	87.60	18.00	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
88.00	87.60	94.80	97.80	95.00	463.20	92.64	10.20	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
85.00	91.80	94.80	91.00	103.80	466.40	93.28	18.80	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
84.60	90.00	99.60	85.80	97.80	457.80	91.56	15.00	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
95.00	94.00	84.00	78.00	90.00	441.00	88.20	17.00	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
82.00	83.50	87.80	95.00	96.60	444.90	88.98	14.60	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
99.00	98.00	96.50	99.60	95.00	488.10	97.62	4.60	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
90.00	99.60	90.60	90.80	94.00	465.00	93.00	9.60	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
92.00	92.50	95.00	98.00	99.50	477.00	95.40	7.50	100.68	91.69	82.69	32.98	15.59
				Sumatoria:	1100.24	187.10						
				Media :	91.69	15.59						

g/Lt:gramos/litro

Media g/Lt	Rangos g/Lt	Límites de especificación g/Lt	Límites del proceso g/Lt
Lcs 100.68	32.98	105	111.80
Lcc 91.69	15.59	82.5	91.69
Lci 82.69		60	71.58

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 $A2=0.577$ $D4=2.115$ $D3=0$ $d2=2.326$ $n=5$

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$
 El límite inferior es igual a cero
 ya que para $n=5$ $D3=0$
 Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * A2$
 Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Tabla XXII. Concentraciones del desengrasante ndyprp 270 del tanque 3 después de la programación de actividades

158

Límites de control												
Medias Rangos												
Concentración en gr/lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
253.75	220.40	147.90	214.60	227.65	1064.30	212.86	105.85	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
253.75	176.90	214.60	224.75	232.00	1102.00	220.40	76.85	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
253.75	230.55	211.70	205.90	153.70	1055.60	211.12	100.05	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
261.00	234.90	191.40	232.00	227.65	1146.95	229.39	69.60	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
239.25	192.85	156.60	234.90	218.95	1042.55	208.51	82.65	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
187.05	223.30	232.00	192.85	142.10	977.30	195.46	89.90	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
160.95	216.05	205.90	230.55	195.75	1009.20	201.84	69.60	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
232.00	168.20	205.90	237.80	204.45	1048.35	209.67	69.60	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
229.10	204.45	208.80	234.90	162.40	1039.65	207.93	72.50	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
188.50	239.25	188.50	232.00	261.00	1109.25	221.85	72.50	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
188.50	224.75	188.50	217.50	246.50	1065.75	213.15	58.00	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30
188.50	190.00	220.00	235.00	261.00	1094.50	218.90	72.50	257.77	212.59	167.41	165.60	78.30

Sumatoria: 2551.08 939.60
 g/lt:gramos/litro Media : 212.59 78.30

Media g/lt	Rangos g/lt	Límites de especificación g/lt.	Límites del proceso g/lt.
Lcs 257.77	165.60	240	313.58
Lcc 212.59	78.30	190	212.59
Lci 167.41		140	111.60

El límite inferior es igual a cero
 ya que para n=5 D3=0

Límite de control Lcs = $\bar{X} + \bar{R}A_2$
 Lcc = \bar{X}
 Lci = $\bar{X} - \bar{R}A_2$

Límites del proceso
 Lcs = $\bar{X} + 3*(\bar{R}/d_2)$
 Lcc = \bar{X}
 Lci = $\bar{X} - 3*(\bar{R}/d_2)$

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Tabla XXIII. Concentraciones de la sal ácida acetate 345 del tanque 5 después de la programación de actividades

159

Límites de control												
Medias Rangos												
Concentración en g/lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
46.06	46.06	47.00	49.13	49.13	237.37	47.47	3.07	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
49.13	49.13	46.06	46.06	50.00	240.37	48.07	3.94	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
50.66	47.59	48.00	49.13	51.00	246.38	49.28	3.41	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
49.13	46.06	47.59	49.13	52.00	243.91	48.78	5.94	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
50.66	49.13	46.06	47.59	48.00	241.44	48.29	4.61	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
49.13	49.13	46.06	49.13	49.13	242.57	48.51	3.07	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
50.66	42.99	42.99	46.06	47.00	229.69	45.94	7.68	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
50.66	47.59	46.06	49.13	49.13	242.57	48.51	4.61	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
47.59	49.13	41.45	47.59	47.59	233.36	46.67	7.68	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
48.00	47.59	49.13	49.13	49.13	242.98	48.60	1.54	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
51.00	49.13	46.06	49.13	49.13	244.44	48.89	4.94	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97
50.66	49.13	44.52	49.13	41.45	234.89	46.98	9.21	50.87	48.00	45.13	10.52	4.97

Sumatoria : 575.99 59.69
 g/lt:gramos/litro Media : 48.00 4.97

Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs 50.87	10.52	48.75	54.41
Lcc 48.00	4.97	46.87	48.00
Lci 45.13		45	41.58

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

Límite de control Lcs = $\bar{X} + \bar{R}A_2$
 Lcc = \bar{X}
 Lci = $\bar{X} - \bar{R}A_2$

Límites del proceso
 Lcs = $\bar{X} + 3*(\bar{R}/d_2)$
 Lcc = \bar{X}
 Lci = $\bar{X} - 3*(\bar{R}/d_2)$

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2=2.326 n=5

Tabla XXIV. Concentraciones de ácido bórico del tanque 7 después de la programación de actividades

160

Tabla XXV. Concentraciones de níquel metálico del tanque 7 después de la programación de actividades

Límites de control												
Concentración en g/lit					Medias			Rangos				
	Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
99.30	102.22	93.46	99.30	89.00	483.30	96.66	13.22	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
99.30	99.30	92.29	98.14	91.50	480.54	96.11	7.80	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
93.46	98.00	94.00	98.14	93.40	477.00	95.40	4.74	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
93.46	96.38	93.46	99.30	99.30	481.92	96.38	5.84	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
99.30	99.30	95.44	96.38	96.38	486.82	97.36	3.86	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
96.38	100.00	96.38	99.30	97.30	489.37	97.87	3.62	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
99.30	87.62	92.29	96.38	99.00	474.60	94.92	11.68	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
99.30	93.46	93.46	99.30	95.50	481.03	96.21	5.84	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
93.46	94.00	87.62	98.00	96.00	469.08	93.82	10.38	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
94.00	96.38	99.30	97.00	97.00	483.69	96.74	5.30	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
93.46	95.00	99.30	102.00	99.30	489.07	97.81	8.54	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37
98.14	93.46	90.54	96.38	93.46	471.99	94.40	7.59	100.39	96.14	91.89	15.58	7.37

Sumatoria : 1153.68 88.43
 Media : 96.14 7.37

g/lit:gramos/litro

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * A2$

Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Media g/lit	Rango g/lit	Límites de especificación g/lit	Límites del proceso g/lit
100.39	15.58	105	105.64
96.14	7.37	90	
91.89		75	86.64

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2= 2.326 n=5

161

Tabla XXVI. Concentraciones de cromo de níquel del tanque 7 después de la programación de actividades

Límites de control												
Concentración en g/lit					Medias			Rangos				
	Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
82.83	85.79	82.83	88.74	85.79	425.97	85.19	5.92	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
83.00	82.83	79.87	82.83	82.83	411.36	82.27	3.13	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
84.00	76.91	81.00	84.00	84.50	410.41	82.08	7.59	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
76.91	85.79	82.83	85.00	86.00	416.53	83.31	9.09	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
82.83	82.83	76.91	87.00	88.00	417.57	83.51	11.09	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
76.91	84.00	88.74	88.50	85.79	423.94	84.79	11.83	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
82.83	77.00	76.91	82.83	86.50	406.07	81.21	9.59	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
88.74	76.91	71.00	85.79	87.00	409.44	81.89	17.75	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
76.91	82.83	77.00	82.83	88.00	407.57	81.51	11.09	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
78.00	82.83	82.83	83.50	89.00	416.16	83.23	11.00	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
82.83	78.00	84.00	82.83	82.83	410.49	82.10	6.00	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41
76.91	82.83	79.87	79.28	85.79	404.68	80.94	8.87	88.10	82.67	77.24	19.91	9.41

Sumatoria : 992.03 112.94
 Media : 82.67 9.41

g/lit:gramos/litro

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * A2$

Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

Media g/lit	Rango g/lit	Límites de especificación g/lit	Límites del proceso g/lit
88.10	19.91	90.00	94.81
82.67	9.41	82.50	82.67
77.24		75.00	70.53

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2= 2.326 n=5

Tabla XXVII. Concentraciones de sulfato de níquel del tanque 7 después de la programación de actividades

										Límites de control			
										Medias		Rangos	
Concentración en g/lt					Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
353.23	363.04	330.00	346.68	349.95	1742.90	348.58	33.04	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
355.00	353.23	325.10	347.99	353.23	1734.55	346.91	29.90	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
327.06	359.77	330.33	348.00	355.00	1720.17	344.03	32.72	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
333.61	336.87	327.06	353.23	354.50	1705.26	341.05	27.44	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
353.23	340.00	333.61	340.14	340.14	1707.12	341.42	19.62	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
346.69	353.23	335.00	353.23	349.95	1738.10	347.62	18.23	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
360.00	307.44	328.37	340.14	348.00	1683.95	336.79	52.56	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
346.68	333.61	340.15	349.95	350.00	1720.39	344.08	16.39	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
334.00	327.06	307.44	350.00	352.00	1670.49	334.10	44.56	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
333.61	340.14	353.23	353.23	349.95	1730.16	346.03	19.62	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
327.06	333.61	355.00	327.06	353.23	1695.95	339.19	27.94	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	
354.54	327.06	317.25	344.07	323.79	1666.70	333.34	37.29	359.21	341.93	324.65	63.33	29.94	

Sumatoria : 4103.15 359.33
 Media : 341.93 29.94

g/lt:gramos/litro

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	359.21	63.33	375.00	380.55
Lcc	341.93	29.94	337.50	341.93
Lci	324.65		300.00	303.31

Límite de control $Lcs = \bar{X} + \bar{R} * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - \bar{R} * A2$

Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (\bar{R} / d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (\bar{R} / d2)$

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 $A2=0.577$ $D4=2.115$ $D3=0$ $d2=2.326$ $n=5$

Tabla XXVIII. Concentraciones del Ph del tanque 7 después de la programación de actividades

										Límites de control			
										Medias		Rangos	
Concentración en g/lt					Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
3.99	4.14	4.05	3.93	3.84	19.95	3.99	0.30	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
3.81	3.90	4.20	4.09	3.90	19.90	3.98	0.39	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
4.58	4.30	4.25	3.88	4.15	21.16	4.23	0.70	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
4.46	4.25	4.22	3.70	3.90	20.53	4.11	0.76	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
4.10	4.15	3.50	3.90	4.20	19.85	3.97	0.70	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
3.90	3.80	4.35	4.25	4.10	20.40	4.08	0.55	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
3.95	3.89	4.12	4.05	3.98	19.99	4.00	0.23	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
4.10	4.00	3.90	3.80	3.95	19.75	3.95	0.30	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
4.40	4.25	3.90	3.85	3.99	20.39	4.08	0.55	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
3.90	4.17	4.30	4.08	3.97	20.42	4.08	0.40	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
4.35	4.30	3.95	4.03	4.19	20.82	4.16	0.40	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	
4.15	4.05	4.10	3.80	3.95	20.05	4.01	0.35	4.32	4.05	3.78	0.99	0.47	

Sumatoria : 48.64 5.63
 Media : 4.05 0.47

g/lt:gramos/litro

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	4.32	0.99	4.5	4.66
Lcc	4.05	0.47	4	4.05
Lci	3.78		3.5	3.45

Límite de control $Lcs = \bar{X} + \bar{R} * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - \bar{R} * A2$

Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (\bar{R} / d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (\bar{R} / d2)$

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 $A2=0.577$ $D4=2.115$ $D3=0$ $d2=2.326$ $n=5$

Tabla XXIX. Concentraciones de ácido crómico del tanque II después de la programación de actividades

Límites de control												
Medias Rangos												
Concentración en g/Lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	
334.05	367.46	283.94	361.61	317.35	1664.42	332.88	83.51	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
283.94	375.81	300.65	317.35	334.05	1611.80	322.36	91.86	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
317.35	367.46	302.00	361.61	330.71	1679.13	335.83	65.46	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
283.94	360.00	299.00	375.81	367.46	1686.21	337.24	91.86	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
361.61	355.00	317.35	325.70	334.05	1693.72	338.74	44.26	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
360.00	345.00	292.30	375.81	314.01	1687.11	337.42	83.51	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
353.26	343.00	303.00	345.74	325.70	1670.71	334.14	50.26	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
369.96	338.00	300.65	334.05	342.40	1685.07	337.01	69.32	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
334.05	335.00	309.00	350.76	335.00	1663.81	332.76	41.76	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
361.61	332.50	292.30	334.05	334.05	1654.51	330.90	69.32	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
350.76	330.71	283.94	315.68	327.37	1608.46	321.69	66.81	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
367.46	344.07	300.65	345.74	334.05	1691.98	338.40	66.81	372.94	333.28	293.63	145.36	68.73
				Sumatoria:	3999.38	824.74						
				Media :	333.28	68.73						

g/Lt: gramos/litro

	Media g/Lt	Rango g/Lt	Límites de especificación g/Lt	Límites del proceso g/Lt
Lcs	372.94	145.36	330	421.93
Lcc	333.28	68.73	290	333.28
Lci	293.63	43.28	250	244.64

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2= 2.326 n=5

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$
 El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0
 Límite de control $Lcs = \bar{X} + \bar{R} * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - \bar{R} * A2$
 Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (\bar{R} / d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (\bar{R} / d2)$

Tabla XXX. Concentraciones de sulfatos del tanque II después de la programación de actividades

Límites de control													
Medias Rangos													
Concentración en g/Lt				Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lcs	Lcc
1.95	1.70	1.65	2.10	1.99	9.38	1.88	0.45	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
1.80	1.71	1.80	1.80	2.03	9.13	1.83	0.32	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
2.25	1.73	1.82	2.25	1.95	9.99	2.00	0.52	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
1.80	1.74	1.83	2.10	2.10	9.56	1.91	0.36	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
2.25	1.75	1.80	1.95	1.99	9.73	1.95	0.50	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
2.30	1.78	1.65	2.17	2.01	9.91	1.98	0.65	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
2.20	1.80	1.80	2.12	2.05	9.97	1.99	0.40	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
2.21	1.81	1.95	1.95	2.08	9.99	2.00	0.40	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
1.95	1.82	2.02	1.92	1.95	9.66	1.93	0.20	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
2.25	1.83	1.80	1.95	1.95	9.77	1.95	0.45	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
2.20	1.84	1.65	1.80	1.87	9.36	1.87	0.55	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
2.25	1.86	1.80	2.10	1.95	9.95	1.99	0.45	2.19	1.94	1.69	0.93	0.44	
				Sumatoria:	23.28	5.25							
				Media :	1.94	0.44							

g/Lt: gramos/litro

	Media g/Lt	Rango g/Lt	Límites de especificación g/Lt	Límites del proceso g/Lt
Lcs	2.19	0.93	2.25	2.50
Lcc	1.94	0.44	1.875	1.94
Lci	1.69	0.07	1.50	1.38

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 A2=0.577 D4=2.115 D3=0 d2= 2.326 n=5

Límite de rango $Lcs = \bar{R} * D4$
 $Lcc = \bar{R}$
 El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 D3=0
 Límite de control $Lcs = \bar{X} + \bar{R} * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - \bar{R} * A2$
 Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (\bar{R} / d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (\bar{R} / d2)$

Concentración en g/lt											Límites de control				
Suma											Medias		Rangos		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc
171.54	216.15	172.32	172.43	159.47	842.78	168.56	9.47	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
157.96	219.77	167.25	176.54	164.56	840.54	168.11	18.58	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
141.23	212.40	165.93	160.93	169.82	802.77	160.55	28.59	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
157.96	206.90	163.39	178.96	175.21	831.21	166.24	17.26	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
160.93	202.86	176.54	167.25	167.87	839.80	167.96	15.61	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
156.52	193.82	177.39	173.02	156.22	836.11	167.22	16.45	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
160.57	190.56	168.56	163.09	158.88	814.42	162.88	10.04	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
167.40	186.74	154.38	171.54	164.62	829.93	165.99	21.44	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
171.54	184.07	152.80	182.68	172.03	839.52	167.90	27.32	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
160.93	181.69	162.60	171.54	171.54	830.15	166.03	10.61	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
159.43	179.73	172.32	175.61	174.83	826.04	165.21	28.43	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			
163.53	184.99	167.25	164.86	171.54	820.31	164.06	18.41	176.58	165.89	155.21	39.16	18.52			

g/lt: gramos/litro

Sumatoria: 1990.72 222.21
 Media : 165.89 18.52

Límite de rango $Lcs = \bar{X} + R * D4$
 $Lcc = \bar{X}$

El límite inferior es igual a cero ya que para n=5 $D3=0$

Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * A2$

Límites del proceso
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

	Media g/lt	Rango g/lt	Límites de especificación g/lt	Límites del proceso g/lt
Lcs	176.58	39.16	180	189.78
Lcc	165.89	18.52	170	165.89
Lci	155.21		160	142.01

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 $A2=0.577$ $D4=2.115$ $D3=0$ $d2=2.326$ $n=5$

Tabla XXXI. Concentraciones de la relación ácido crónico/sulfatos del tanque 11 después de la programación de actividades

Día	Muestra en C°										Medias			Rangos					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci
1	86	65	68	87	67	87	74	85	78	66	763	76.30	22.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
2	70	77	62	72	74	69	82	84	62	77	729	72.90	22.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
3	71	71	89	80	69	80	75	88	77	79	779	77.90	20.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
4	78	83	81	70	72	82	68	82	63	68	747	74.70	20.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
5	88	62	88	73	63	66	67	73	75	63	718	71.80	26.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
6	87	76	76	71	71	76	86	89	78	63	773	77.30	26.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
7	67	67	69	86	63	82	66	74	88	79	741	74.10	25.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
8	88	64	71	63	82	64	77	83	76	76	744	74.40	25.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
9	87	90	72	86	63	77	78	71	80	63	767	76.70	27.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
10	74	90	80	76	78	72	77	89	86	82	804	80.40	18.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
11	62	63	69	75	81	62	68	74	75	67	696	69.60	19.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
12	70	73	81	62	67	80	70	71	73	62	709	70.90	19.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
13	62	62	89	86	65	89	68	80	65	83	749	74.90	27.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
14	90	66	78	67	82	85	73	72	78	86	777	77.70	24.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
15	83	63	86	78	62	87	75	73	84	87	778	77.80	25.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
16	71	68	69	64	87	79	88	70	86	81	763	76.30	24.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
17	68	65	77	74	70	72	82	81	62	76	727	72.70	20.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
18	71	67	77	80	66	86	81	89	80	69	766	76.60	23.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
19	86	88	84	68	81	90	84	68	65	81	795	79.50	25.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
20	73	87	67	69	63	82	75	90	77	75	758	75.80	27.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
21	88	68	89	63	77	83	77	90	70	72	777	77.70	27.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20
22	86	74	70	70	75	71	81	78	64	81	750	75.00	22.00	82.68	75.50	68.32	41.44	23.32	5.20

C°: grados centígrados

Sumatoria: 1661.00 513.00 Límite de control $Lcs = \bar{X} + R * A2$
 Media : 75.50 23.32 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - R * D4$
 $Lcs = \bar{X} + 3 * (R/d2)$
 $Lcc = \bar{X}$
 $Lci = \bar{X} - 3 * (R/d2)$

	Media C°	Rango C°	Límites de especificación C°	Límites del proceso C°
Lcs	82.68	41.44	93	98.23
Lcc	75.50	23.32	87.5	75.50
Lci	68.32	5.20	82	52.77

Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control
 $A2=0.308$ $D4=1.777$ $D3=0.223$ $d2=3.078$ $n=10$

Tabla XXXII. Temperaturas en grados centígrados del desengrasante udy prep F del tanque 1 antes de la programación de actividades

Día	Muestra C°										Suma	Media	Rango	Medias			Rangos		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci
1	63	59	59	65	81	59	65	79	72	62	664	66.40	22.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
2	70	56	70	66	56	62	89	64	59	58	650	65.00	33.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
3	77	78	66	79	59	57	81	70	89	57	713	71.30	32.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
4	80	78	86	83	57	85	69	60	66	74	738	73.80	29.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
5	79	58	55	60	83	90	74	76	66	56	697	69.70	35.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
6	55	88	58	66	90	80	63	73	58	86	717	71.70	35.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
7	55	73	61	85	81	60	81	66	78	78	727	72.70	30.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
8	71	65	61	56	68	56	81	62	58	71	649	64.90	25.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
9	79	90	70	75	69	57	78	78	89	73	758	75.80	33.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
10	76	56	70	59	87	87	82	58	56	70	701	70.10	31.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
11	64	80	65	60	78	78	57	77	82	79	720	72.00	25.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
12	86	76	63	72	73	89	70	61	70	74	734	73.40	28.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
13	63	67	64	71	69	62	63	77	74	59	669	66.90	18.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
14	60	58	71	81	88	67	56	55	85	72	693	69.30	33.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
15	90	73	76	60	84	65	79	82	85	69	763	76.30	30.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
16	88	75	55	76	74	82	58	85	87	79	759	75.90	33.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
17	81	81	75	55	55	75	88	85	72	69	736	73.60	33.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
18	65	77	84	75	69	80	83	60	56	64	713	71.30	28.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
19	84	86	83	55	60	79	65	73	81	89	755	75.50	34.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
20	86	79	86	83	88	73	85	78	90	65	813	81.30	25.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
21	66	67	87	61	86	64	67	63	61	74	696	69.60	26.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60
22	74	89	58	68	63	78	56	77	88	80	731	73.10	33.00	80.91	71.80	62.69	52.58	29.59	6.60

C°:grados centígrados Límites de especificación Límites del proceso Sumatoria: 1579.60 651.00 Límite de control Lcs = $\bar{X} + R^*A2$
 Media Rango C° C° Límite de rango Media : 71.80 29.59 Lcc = \bar{X}
 Lcs 80.91 52.58 99 100.64 Lcc = \bar{R} Límites del proceso Lci = $\bar{X} - R^*A2$
 Lcc 71.80 29.59 82 71.80 Lci = $\bar{R} * D3$ Lcc = $\bar{X} + 3*(\bar{R}/d2)$
 Lci 62.69 6.60 65 42.96 Lci = $\bar{X} - 3*(\bar{R}/d2)$
 Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2=3.078 n=10

Tabla XXXIII. Temperaturas en grados centígrados del desengrasante ndyprp 270 del tanque 2 antes de la programación de actividades

Día	Muestra C°										Suma	Media	Rango	Medias			Rangos		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci
1	88	75	55	80	86	82	71	90	58	74	759	75.90	35.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
2	69	59	54	61	77	70	77	57	57	78	659	65.90	24.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
3	68	54	76	78	66	69	69	59	89	76	704	70.40	35.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
4	54	74	75	75	72	57	67	64	56	82	676	67.60	28.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
5	64	87	68	66	83	58	88	66	88	65	733	73.30	30.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
6	63	77	69	64	61	64	81	56	79	81	695	69.50	25.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
7	77	54	64	78	78	70	82	68	79	63	713	71.30	28.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
8	54	61	76	89	57	63	69	67	72	72	680	68.00	35.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
9	54	75	54	85	78	74	86	65	75	71	717	71.70	32.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
10	54	62	76	61	81	82	88	55	85	63	707	70.70	34.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
11	71	81	80	63	90	55	68	57	59	68	692	69.20	35.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
12	87	75	73	77	90	60	67	65	67	80	741	74.10	30.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
13	76	64	77	87	67	61	65	62	75	89	723	72.30	28.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
14	89	63	62	77	67	54	68	58	85	69	692	69.20	35.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
15	88	57	66	61	81	54	64	57	85	55	668	66.80	34.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
16	68	69	60	65	72	75	66	54	72	87	688	68.80	33.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
17	60	80	70	86	74	87	82	70	54	82	745	74.50	33.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
18	78	81	87	73	65	85	80	81	64	87	781	78.10	23.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
19	77	69	90	74	76	56	73	75	68	78	736	73.60	34.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
20	79	68	88	88	90	67	80	65	74	82	781	78.10	25.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
21	61	86	87	84	87	57	67	68	58	67	722	72.20	30.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83
22	90	64	65	69	79	69	62	76	84	77	735	73.50	28.00	81.01	71.58	62.14	54.44	30.64	6.83

C°:grados centígrados Límites de especificación Límites del proceso Sumatoria: 1574.70 674.00 Límite de control Lcs = $\bar{X} + R^*A2$
 Media Rango C° C° Límite de rango Media : 71.58 30.64 Lcc = \bar{X}
 Lcs 81.01 54.44 99 101.44 Lcc = \bar{R} Límites del proceso Lci = $\bar{X} - R^*A2$
 Lcc 71.58 30.64 82 71.58 Lci = $\bar{R} * D3$ Lcc = $\bar{X} + 3*(\bar{R}/d2)$
 Lci 62.14 6.83 65 41.72 Lci = $\bar{X} - 3*(\bar{R}/d2)$
 Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2=3.078 n=10

Tabla XXXIV. Temperaturas en grados centígrados del desengrasante ndyprp 270 del tanque 3 antes de la programación de actividades

Dia	Muestra C°										Límites de control								
	Medias					Rangos					Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1	54	55	56	48	45	54	46	56	57	55	526	52.60	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
2	57	45	58	52	45	51	51	48	55	47	509	50.90	13.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
3	55	54	53	55	58	46	56	52	52	48	529	52.90	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
4	51	51	54	57	56	52	48	47	56	51	523	52.30	10.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
5	54	51	45	58	51	45	45	49	54	51	503	50.30	13.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
6	46	56	56	52	49	46	58	58	58	50	529	52.90	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
7	45	58	45	49	56	56	55	46	48	50	508	50.80	13.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
8	51	53	57	57	56	54	58	54	58	46	544	54.40	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
9	47	52	53	47	50	58	48	49	53	49	506	50.60	11.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
10	56	56	51	57	57	51	45	53	57	46	529	52.90	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
11	58	52	57	53	54	49	48	50	57	50	528	52.80	10.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
12	52	58	50	56	56	53	58	56	46	47	532	53.20	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
13	52	48	57	52	47	55	51	57	55	58	532	53.20	11.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
14	57	54	50	51	48	56	57	50	50	51	524	52.40	9.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
15	52	46	45	50	48	53	50	53	46	57	500	50.00	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
16	57	47	51	58	48	46	54	50	52	51	514	51.40	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
17	55	58	48	49	53	49	47	56	46	54	515	51.50	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
18	50	45	55	58	48	55	47	46	51	52	507	50.70	13.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
19	58	45	53	49	48	50	48	46	48	50	495	49.50	13.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
20	49	56	53	51	50	53	52	57	51	48	520	52.00	9.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
21	52	53	45	45	52	45	52	52	57	48	501	50.10	12.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55
22	56	49	55	49	56	50	50	51	56	54	526	52.60	7.00	55.35	51.82	48.29	20.35	11.45	2.55

C°:grados centígrados	Límites de especificación	Límites del proceso	Sumatoria:	1140.00	252.00	Límite de control	Lcs. = X + R*A2	
Media C°	71	62.98	Media :	51.82	11.45	Lcc. = X	Lci. = X - R*A2	
Rango C°	20.35	60.5	Lcs. = R * D4			Límites del proceso		
Lcs	55.35	50	Lcc. = R			Lcs. = X + 3*(R/d2)		
Lcc	51.82	51.82	Lci. = R * D3			Lcc. = X		
Lci	48.29	40.65	Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control				Lci. = X - 3*(R/d2)	
			A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2= 3.078 n=10					

Tabla XXXV. Temperaturas en grados centígrados del tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades

Dia	Muestra C°										Límites de control								
	Medias					Rangos					Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1	43	41	46	44	46	42	42	41	47	43	435	43.50	6.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
2	48	47	41	38	42	42	39	45	47	38	427	42.70	10.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
3	40	45	38	41	42	40	37	44	44	40	411	41.10	8.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
4	44	47	40	44	38	47	37	40	42	39	418	41.80	10.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
5	37	45	38	46	43	47	40	44	46	47	433	43.30	10.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
6	44	38	43	37	37	43	38	40	39	44	403	40.30	7.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
7	44	42	48	43	42	38	40	40	46	41	424	42.40	10.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
8	41	48	37	44	39	44	48	40	38	40	419	41.90	11.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
9	43	46	41	39	40	41	47	37	38	44	416	41.60	10.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
10	40	44	46	38	43	44	43	44	42	47	431	43.10	9.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
11	42	37	46	40	40	38	45	42	46	40	416	41.60	9.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
12	38	40	37	37	44	43	43	37	47	47	413	41.30	10.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
13	43	43	37	44	47	41	47	48	45	43	438	43.80	11.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
14	39	42	37	40	48	37	48	40	38	48	417	41.70	11.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
15	46	38	48	45	48	43	45	42	37	38	430	43.00	11.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
16	42	38	48	40	46	39	39	39	47	37	415	41.50	11.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
17	42	43	45	39	40	41	48	47	41	44	430	43.00	9.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
18	46	44	44	48	43	46	40	46	46	47	450	45.00	8.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
19	45	38	44	45	43	44	47	42	41	46	435	43.50	9.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
20	48	44	42	46	46	42	48	45	48	46	455	45.50	6.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
21	37	38	39	38	42	48	40	38	45	41	406	40.60	11.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11
22	41	43	38	47	38	37	48	42	45	39	418	41.80	11.00	45.37	42.45	39.54	16.80	9.45	2.11

C°:grados centígrados	Límites de especificación	Límites del proceso	Sumatoria:	934.00	208.00	Límite de control	Lcs. = X + R*A2	
Media C°	50	51.67	Media :	42.45	9.45	Lcc. = X	Lci. = X - R*A2	
Rango C°	16.80	42.45	Lcs. = R * D4			Límites del proceso		
Lcs	45.37	40	Lcc. = R			Lcs. = X + 3*(R/d2)		
Lcc	42.45	42.45	Lci. = R * D3			Lcc. = X		
Lci	39.54	33.24	Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control				Lci. = X - 3*(R/d2)	
			A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2= 3.078 n=10					

Tabla XXXVI. Temperaturas en grados centígrados del tanque 11 de cromo antes de la programación de actividades

															Límites de control				
Muestra C ^o															Medias		Rangos		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci	
1	93	90	97	91	89	97	99	94	89	97	936	93.60	10.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
2	94	91	100	85	100	96	84	94	91	85	920	92.00	16.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
3	92	94	92	94	91	94	83	91	86	88	905	90.50	11.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
4	88	96	91	88	83	83	91	94	95	90	899	89.90	13.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
5	93	98	100	93	98	90	82	90	94	88	926	92.60	18.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
6	94	91	89	86	82	93	100	94	87	100	916	91.60	18.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
7	94	95	92	86	100	94	91	96	97	89	934	93.40	14.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
8	91	93	85	92	100	82	97	97	89	87	913	91.30	18.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
9	91	88	82	86	85	95	89	93	94	86	889	88.90	13.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
10	94	86	87	85	93	97	100	84	93	82	901	90.10	18.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
11	86	83	96	83	89	93	83	95	88	100	896	89.60	17.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
12	94	89	92	88	93	96	83	82	86	99	902	90.20	17.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
13	97	94	91	90	85	97	91	90	83	90	908	90.80	14.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
14	83	87	83	90	90	97	88	92	92	90	892	89.20	14.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
15	88	93	95	90	95	92	95	100	95	94	937	93.70	12.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
16	83	85	100	84	85	91	98	93	94	88	901	90.10	17.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
17	93	94	88	99	97	85	92	82	83	95	908	90.80	17.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
18	98	86	90	85	100	87	95	92	92	90	915	91.50	15.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
19	94	99	99	92	84	84	100	90	99	95	936	93.60	16.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
20	93	100	85	90	88	86	94	93	89	88	906	90.60	15.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
21	99	84	83	83	85	97	82	91	91	97	892	89.20	17.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43
22	82	89	85	84	98	98	88	100	84	90	898	89.80	18.00	95.78	91.05	86.31	27.30	15.36	3.43

C^o:grados centígrados Límites de especificación del proceso Límites del proceso Sumatoria: 2003.00 338.00 Límite de control Lcs = $\bar{X} + R^*A2$
 Media Rango : 91.05 15.36 Lcc = \bar{X}
 Lcs = $\bar{X} + 3*(R/d2)$
 Lcc = $\bar{X} - R^*A2$
 Lci = $\bar{X} - 3*(R/d2)$
 Lcc = \bar{X}
 Lci = $\bar{X} - R^*D3$
 Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control Lci = $\bar{X} - 3*(R/d2)$
 A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2= 3.078 n=10

Tabla XXXVII. Temperaturas en grados centígrados del desengrasante udyprep F del tanque 1 después de la programación de actividades

															Límites de control				
Muestra C ^o															Medias		Rangos		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci	
1	103	77	91	99	88	65	75	70	104	97	869	86.90	39.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
2	104	77	74	109	69	109	72	92	71	87	864	86.40	40.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
3	110	85	89	80	67	99	93	93	65	86	867	86.70	45.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
4	85	106	65	82	110	76	86	95	69	79	853	85.30	45.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
5	88	70	74	78	78	106	105	109	103	105	916	91.60	39.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
6	65	79	66	67	100	80	102	108	100	72	839	83.90	43.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
7	83	93	73	69	81	79	108	104	96	65	851	85.10	43.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
8	110	72	106	75	100	84	72	74	108	77	878	87.80	38.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
9	78	71	76	77	81	100	77	110	94	66	830	83.00	44.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
10	75	82	103	80	86	89	86	87	91	101	880	88.00	28.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
11	97	95	88	83	73	105	110	73	107	100	931	93.10	37.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
12	88	80	69	83	80	102	109	74	87	96	868	86.80	40.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
13	108	99	98	94	79	65	71	93	88	95	890	89.00	43.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
14	70	83	68	83	76	94	66	100	68	68	776	77.60	34.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
15	86	99	96	99	108	107	109	79	106	77	966	96.60	32.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
16	79	88	90	87	69	107	74	97	79	70	840	84.00	38.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
17	91	78	98	83	95	95	107	84	78	99	908	90.80	29.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
18	99	109	83	83	66	93	73	73	66	66	811	81.10	43.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
19	86	76	69	68	102	106	80	87	97	97	868	86.80	38.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
20	97	101	102	71	110	99	104	89	76	70	919	91.90	40.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
21	69	78	70	105	80	88	101	92	108	89	880	88.00	39.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72
22	67	96	69	105	76	75	74	96	86	110	854	85.40	43.00	99.12	87.08	75.04	69.46	39.09	8.72

C^o:grados centígrados Límites de especificación del proceso Límites del proceso Sumatoria: 1915.80 860.00 Límite de control Lcs = $\bar{X} + R^*A2$
 Media Rango : 87.08 39.09 Lcc = \bar{X}
 Lcs = $\bar{X} + 3*(R/d2)$
 Lcc = $\bar{X} - R^*A2$
 Lci = $\bar{X} - 3*(R/d2)$
 Lcc = \bar{X}
 Lci = $\bar{X} - R^*D3$
 Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control Lci = $\bar{X} - 3*(R/d2)$
 A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2= 3.078 n=10

Tabla XXXVIII. Temperaturas en grados centígrados del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 después de la programación de actividades

	Muestra C°										Límites de control								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci
1	101	108	96	86	71	75	66	91	95	77	866	86.60	42.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
2	92	84	109	110	86	99	88	103	70	69	910	91.00	41.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
3	68	102	110	76	85	75	66	77	80	87	826	82.60	44.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
4	67	71	71	87	86	96	101	83	107	103	872	87.20	40.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
5	88	81	99	104	86	96	80	81	83	84	882	88.20	24.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
6	105	95	98	89	82	85	108	87	69	87	905	90.50	39.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
7	95	79	73	91	108	92	83	94	68	93	876	87.60	40.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
8	96	81	105	65	87	69	98	66	106	99	872	87.20	41.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
9	69	103	69	86	94	68	82	103	98	70	842	84.20	35.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
10	96	100	105	81	67	91	97	76	101	78	892	89.20	38.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
11	81	89	109	74	102	87	104	77	80	96	899	89.90	35.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
12	106	76	88	65	65	91	107	96	80	80	854	85.40	42.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
13	88	85	90	85	80	90	92	96	86	75	867	86.70	21.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
14	69	77	93	105	104	107	87	104	67	89	902	90.20	40.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
15	82	101	107	66	73	107	66	88	90	93	873	87.30	41.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
16	108	100	83	87	107	98	87	77	95	84	926	92.60	31.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
17	94	92	66	85	75	93	73	107	92	96	873	87.30	41.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
18	73	67	99	101	91	89	82	77	102	101	882	88.20	35.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
19	97	110	73	97	94	109	77	91	81	76	905	90.50	37.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
20	101	90	92	76	90	95	81	98	109	74	906	90.60	35.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
21	87	88	84	82	95	65	66	105	100	97	869	86.90	40.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26
22	96	109	92	87	79	97	79	109	105	76	929	92.90	33.00	99.72	88.31	76.90	65.83	37.05	8.26

C°:grados centígrados Límites de especificación del proceso Límites del proceso Sumatoria: 1942.80 815.00 Límite de control Lcs = $\bar{X} + R^*A2$
 Media : 88.31 37.05 Lcc = \bar{X}
 Lcs = $\bar{X} - R^*A2$
 Lcc = $\bar{X} + 3*(R/d2)$
 Lci = \bar{X}
 Lci = $\bar{X} - 3*(R/d2)$
 Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control Lci = $\bar{X} - 3*(R/d2)$
 A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2= 3.078 n=10

Tabla XXXIX. Temperaturas en grados centígrados del desgranante udyprep 270 del tanque 3 después de la programación de actividades

	Muestra C°										Límites de control								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci
1	70	60	66	57	50	64	48	64	70	71	620	62.00	23.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
2	55	51	56	69	58	63	64	72	55	66	609	60.90	21.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
3	48	54	54	74	54	73	65	58	52	68	600	60.00	26.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
4	52	59	70	65	52	59	69	51	72	60	609	60.90	21.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
5	65	62	62	71	64	62	51	55	57	51	600	60.00	20.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
6	64	56	48	66	56	73	74	54	70	52	613	61.30	26.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
7	66	64	49	68	58	50	57	69	50	52	583	58.30	20.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
8	59	73	48	63	67	72	64	48	55	74	623	62.30	26.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
9	63	59	59	63	70	56	59	62	49	57	597	59.70	21.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
10	60	60	69	59	53	63	52	62	64	70	612	61.20	18.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
11	58	56	53	53	62	67	67	51	72	69	608	60.80	21.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
12	51	63	64	62	69	57	48	55	64	65	598	59.80	21.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
13	64	49	60	68	50	57	57	53	65	53	576	57.60	19.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
14	68	52	65	61	54	53	69	65	51	50	588	58.80	19.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
15	52	56	60	66	63	59	55	52	70	54	587	58.70	18.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
16	63	60	48	53	66	66	52	73	51	56	588	58.80	25.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
17	64	61	72	70	64	70	55	53	49	66	624	62.40	23.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
18	61	68	65	59	51	59	74	62	70	56	625	62.50	23.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
19	69	64	51	69	66	63	60	65	67	68	642	64.20	18.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
20	55	67	49	64	66	70	63	49	53	70	606	60.60	21.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
21	60	62	59	65	69	58	59	64	55	60	611	61.10	14.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67
22	60	55	58	64	60	70	71	57	64	54	613	61.30	17.00	67.05	60.60	54.15	37.24	20.95	4.67

C°:grados centígrados Límites de especificación del proceso Límites del proceso Sumatoria: 1333.20 461.00 Límite de control Lcs = $\bar{X} + R^*A2$
 Media : 60.60 20.95 Lcc = \bar{X}
 Lcs = $\bar{X} - R^*A2$
 Lcc = $\bar{X} + 3*(R/d2)$
 Lci = \bar{X}
 Lci = $\bar{X} - 3*(R/d2)$
 Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control Lci = $\bar{X} - 3*(R/d2)$
 A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2= 3.078 n=10

Tabla XI. Temperaturas en grados centígrados del tanque 7 de Miguel después de la programación de actividades

	Muestra C°										Límites de control								
											Medias			Rangos					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma	Media	Rango	Lcs	Lcc	Lci	Lcs	Lcc	Lci
1	51	48	47	52	52	52	45	46	47	51	491	49.10	7.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
2	49	47	50	50	50	43	44	44	51	48	476	47.60	8.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
3	49	43	42	41	52	41	40	46	49	46	449	44.90	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
4	50	52	48	49	43	47	46	44	47	41	467	46.70	11.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
5	52	47	44	48	44	45	43	50	50	47	470	47.00	9.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
6	43	43	49	45	40	48	52	46	52	49	467	46.70	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
7	46	52	48	40	41	43	52	46	50	40	458	45.80	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
8	47	40	41	52	49	48	44	44	40	46	451	45.10	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
9	44	44	43	52	40	50	42	40	42	52	449	44.90	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
10	52	48	41	48	40	46	52	49	41	43	460	46.00	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
11	51	41	52	46	51	41	43	42	44	48	459	45.90	11.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
12	48	49	48	45	43	47	45	44	51	49	469	46.90	8.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
13	42	43	51	51	45	40	49	45	50	49	465	46.50	11.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
14	44	41	51	44	49	51	46	49	40	41	456	45.60	11.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
15	52	50	51	50	49	42	41	44	43	44	466	46.60	11.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
16	47	40	47	46	46	52	42	45	47	43	455	45.50	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
17	43	49	45	48	40	48	44	45	49	45	456	45.60	9.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
18	50	45	46	47	41	46	44	48	47	49	463	46.30	9.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
19	46	40	51	40	49	52	41	48	48	48	463	46.30	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
20	40	50	50	42	46	49	51	48	46	47	469	46.90	11.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
21	48	47	49	46	49	49	52	41	41	43	465	46.50	11.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38
22	46	44	45	40	52	45	50	52	46	42	462	46.20	12.00	49.59	46.30	43.01	18.98	10.68	2.38

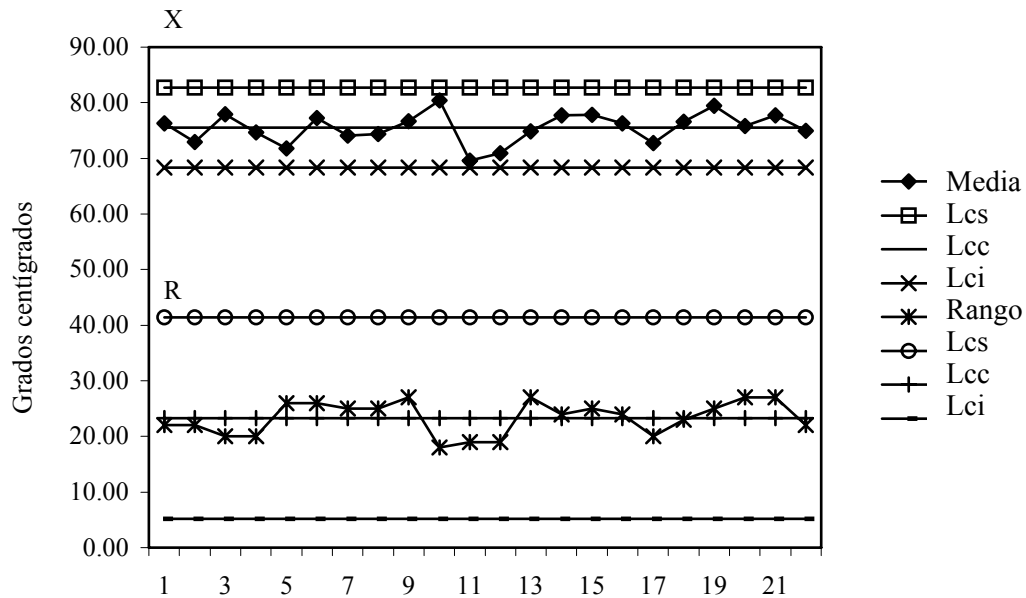
	Límites de especificación del proceso			Límites del proceso		Sumatoria:		1018.60	235.00	Límite de control		Lcs. = $\bar{X} + R \cdot A_2$	
	Media	Rango	C°	C°	C°	Media	:	46.30	10.68			Lcc. = \bar{X}	
	C°	C°	C°	C°	Límite de rango	Lcs. = $\bar{R} \cdot D_4$							Lci. = $\bar{X} - R \cdot A_2$
Lcs	49.59	18.98	50	56.71	Lcc. = \bar{R}								Lcs. = $\bar{X} + 3 \cdot (\bar{R}/d_2)$
Lcc	46.30	10.68	45	46.30	Lci. = $\bar{R} \cdot D_3$								Lcc. = \bar{X}
Lci	43.01	2.38	40	35.89	Con factores empleados en la elaboración de gráficas de control								Lci. = $\bar{X} - 3 \cdot (\bar{R}/d_2)$

A2=0.308 D4=1.777 D3=0.223 d2= 3.078 n=10

Tabla XI.1. Temperaturas en grados centígrados del tanque II de crono después de la programación de de actividades

Los cuadros de datos de estos gráficos se encuentran en las hojas anteriores, de la página.167 en adelante.

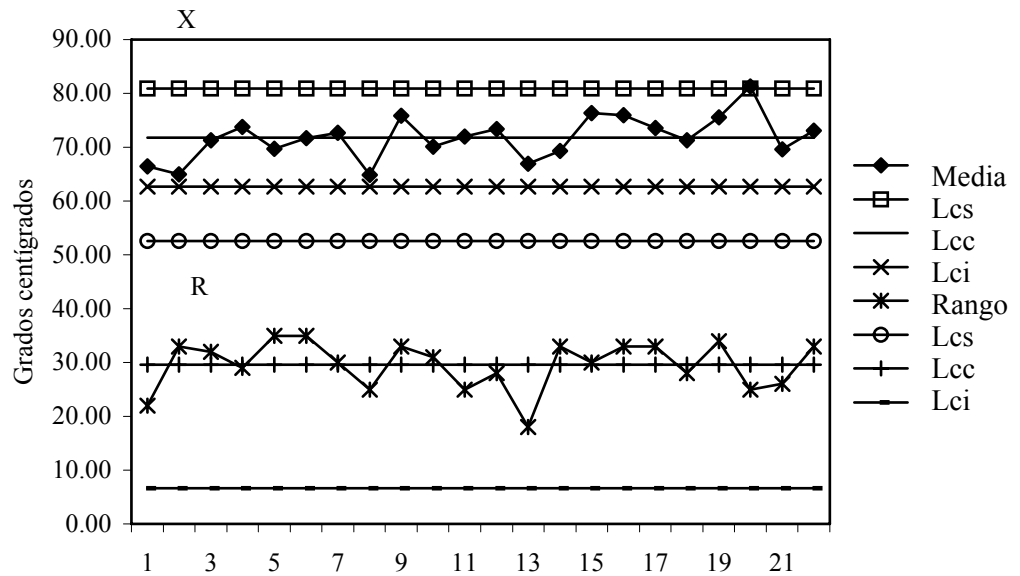
Figura 44. Temperatura del desengrasante udyprep F del tanque 1 antes de la programación de actividades



Estos gráficos se obtuvieron antes de hacer las propuestas de mejoramiento.

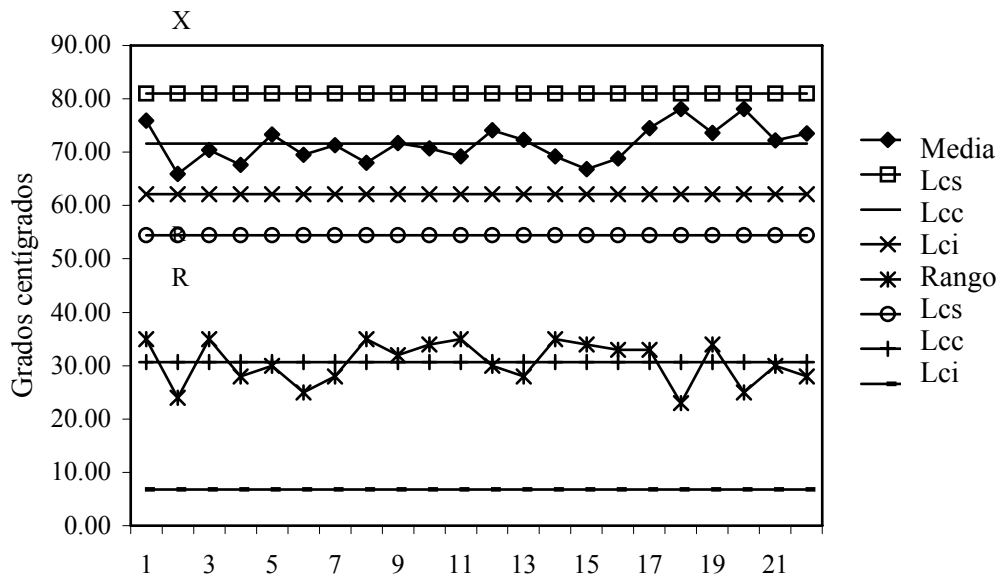
La figura 44 muestra la temperatura del tanque 1, la media de control se encuentra en 75 °C y debiera estar en 87 °C la cual es la media de especificación, es decir que la temperatura se encuentra 12 °C debajo de especificación, por lo que este es uno de los problemas en la baja receptibilidad del baño de níquel y cromo ya que la limpieza no se está realizando de acuerdo a la especificación.

Figura 45. Temperatura del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 antes de la programación de actividades



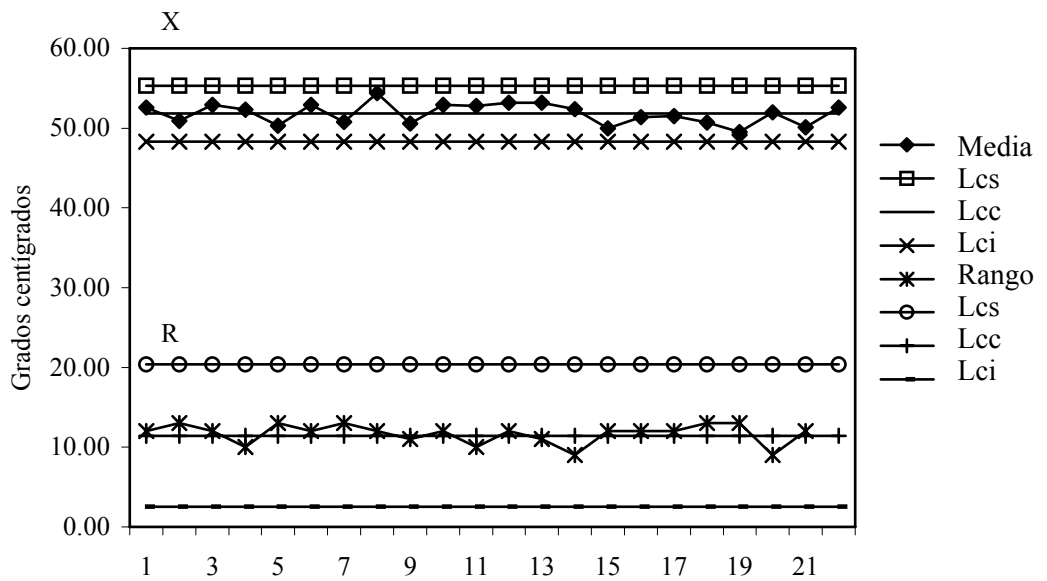
En la figura 45 se puede observar que la media de control de temperatura del tanque 2 se encuentra en 71 C° y la de especificación es de 82 C°, con una diferencia de 11 C°. En este gráfico se puede observar que el comportamiento de los valores de temperatura son más variables que el anterior y que 9 puntos de los 22 se encuentran debajo de la media y solo el punto 20 se encuentra en 80 C°, por lo que el problema se vuelve a presentar en el tanque 2 el cual es de limpieza para los aros, y también causa problemas de receptibilidad de níquel y cromo.

Figura 46. Temperatura del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 antes de la programación de actividades



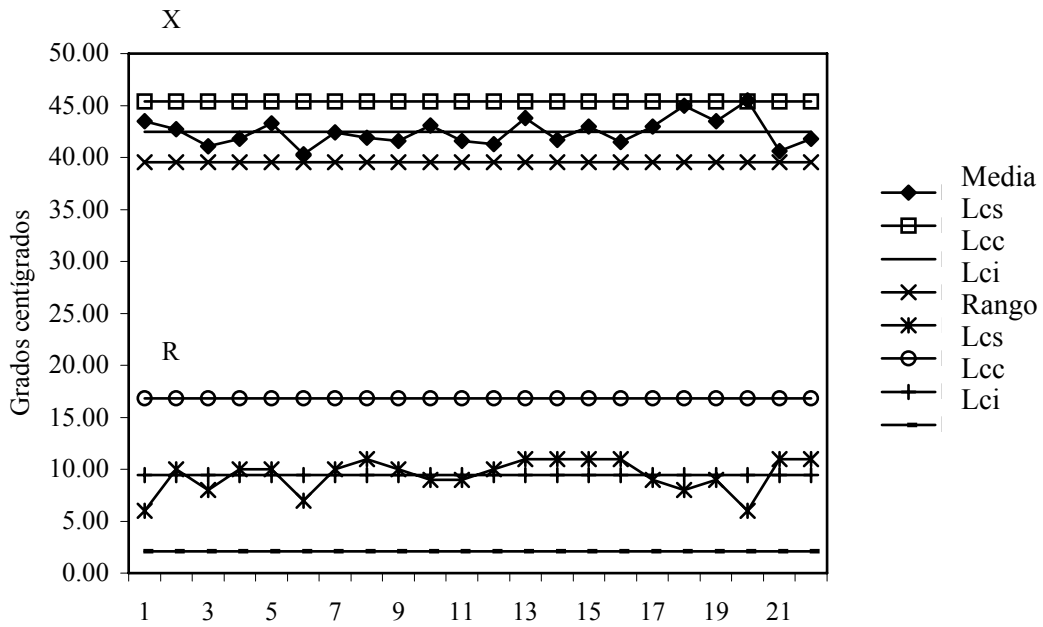
En la figura 46 se observa que la media de control de temperatura del tanque 3 se encuentra en 71 C° y la de especificación es de 82 C° con una diferencia de 11 C°. En este gráfico se puede apreciar que 9 puntos se encuentran debajo de la media de control, y que solo dos puntos el 18 y el 20 llegan a 78 C°, por lo que este es otro problema de limpieza en los aros que causa baja receptibilidad de níquel y cromo.

Figura 47. Temperatura del tanque 7 de níquel antes de la programación de actividades



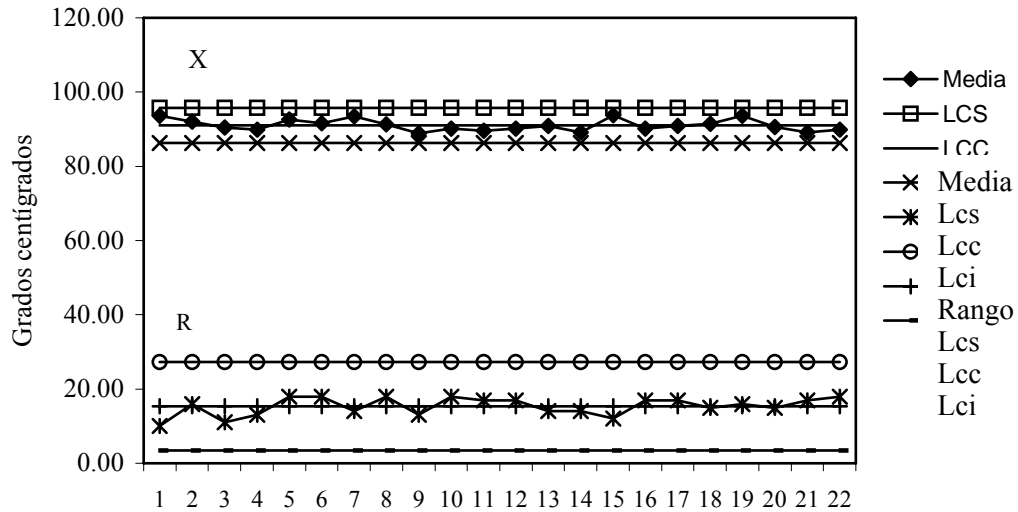
En la figura 47 se puede observar que la media de control de temperatura del tanque 7 se encuentra en 51C° y la media de especificación es de 60 C°. En este gráfico se puede apreciar que los valores se encuentran cerca de la media de control por lo que existe una temperatura que no llega al punto de especificación, lo cual causa problemas de penetración en el baño de níquel.

Figura 48. Temperatura del tanque 11 de cromo antes de la programación de actividades



En la figura 48 la media de control de temperatura del tanque 11 es de 42 C° y la media de especificación es de 47 C° con un diferencial de 5 C°. En esta gráfica se puede observar que sólo el punto 20 llega a 45C° y que los demás valores se encuentran cerca de la media de control, por lo que existen problemas de receptibilidad al aplicar el baño de cromo en los aros.

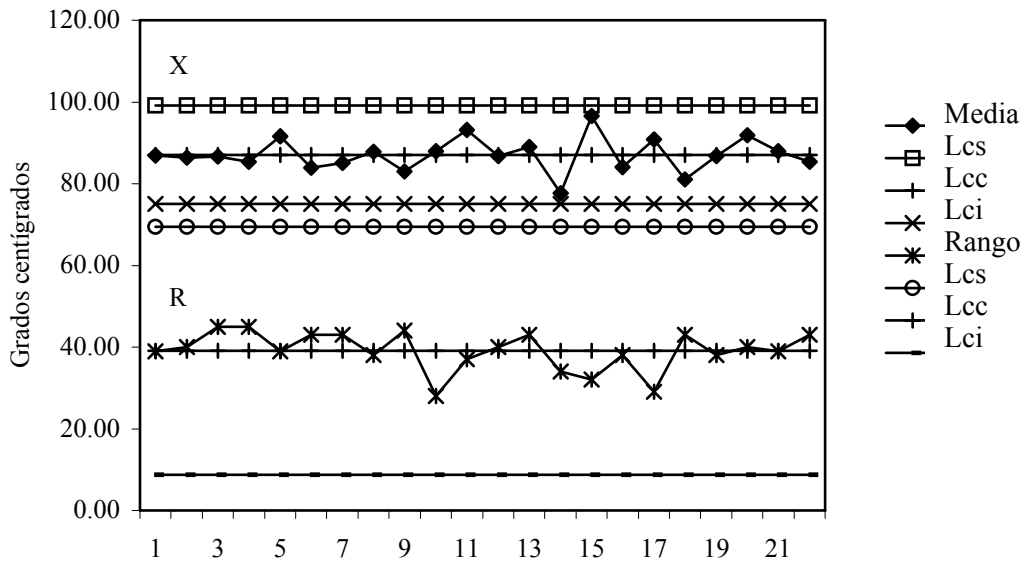
Figura 49. Temperatura del desengrasante udyprep F del tanque 1 después de la programación de actividades



Estos gráficos de temperatura son los que se tomaron después de controlar el proceso de cromado, es la información que se recopiló durante 22 días para ver el comportamiento de la temperatura, al igual que las concentraciones de los desengrasantes, sal ácida y níquel y cromo, los cuales dieron los siguientes resultados que se mencionan a continuación.

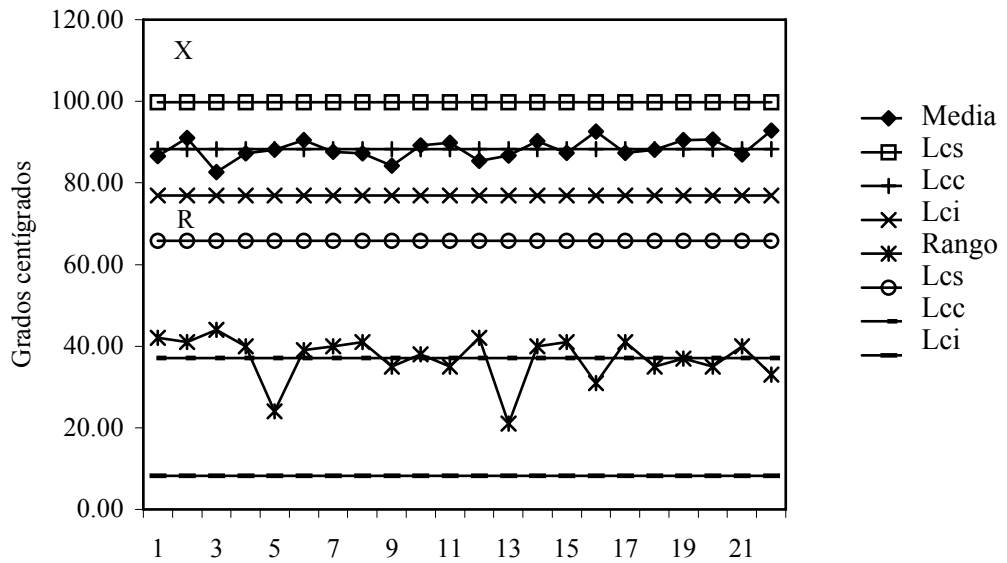
En la figura 49 se observa que la media de control de temperatura del tanque 1, es de 91C° y la media de especificación es de 88 C°. En este gráfico se puede notar que las temperaturas se encuentran cerca de la media de control y que el hecho de que se encuentre arriba de la media de especificación es de beneficio para el proceso de limpieza de los aros, ya que esto es una mejora para que exista una mayor penetración del baño de níquel y cromo.

Figura 50. Temperatura del desengrasante udyprep 270 del tanque 2 después de la programación de actividades



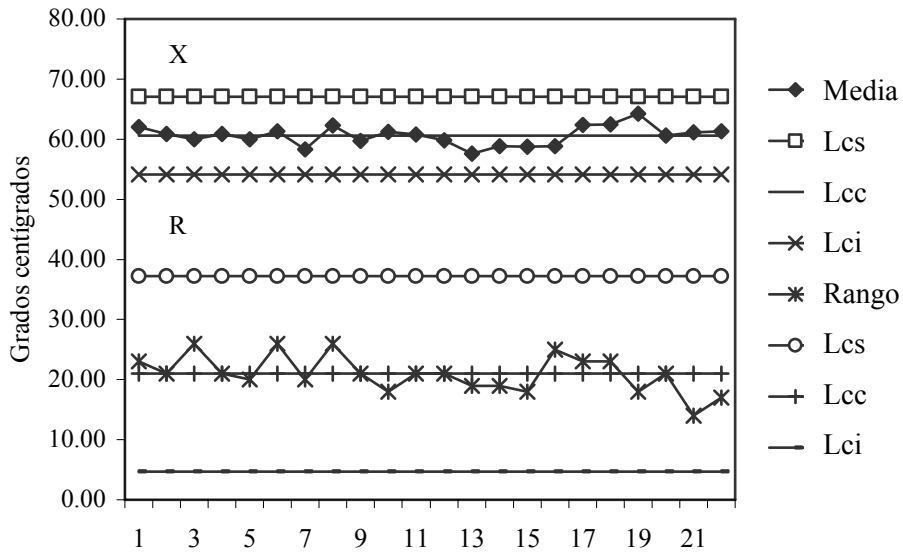
En la figura 50 se observa que la media de control de temperatura del tanque 2 es de 87 C° y la media de especificación es de 87 C° en este caso se encuentra exactamente en el valor de temperatura recomendada, a su vez se puede notar que sólo el punto 14 se encuentra en 77 C° el cual es mayor que el límite de control inferior que equivale a 75 C°, por lo que existe seguridad en que se dé una limpieza aceptable para los aros.

Figura 51. Temperatura del desengrasante udyprep 270 del tanque 3 después de la programación de actividades



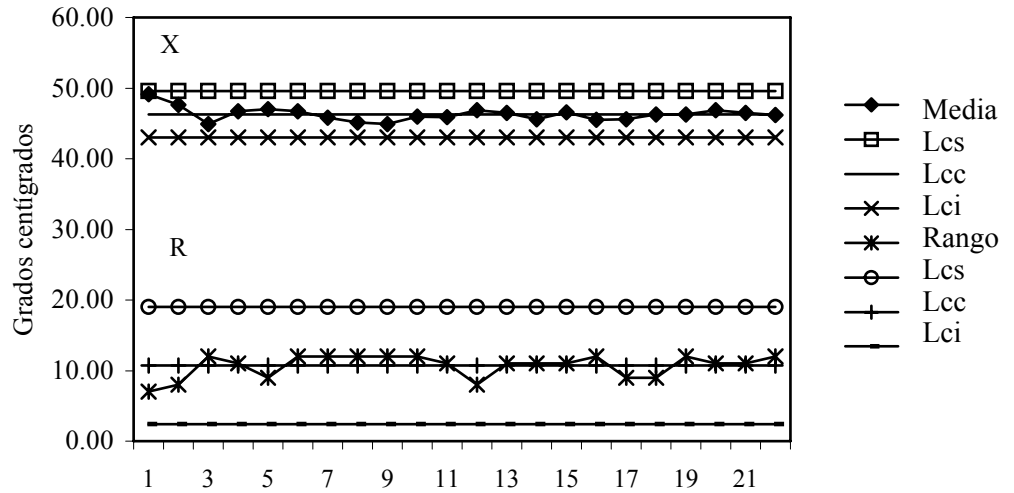
En la figura 51 se puede observar que la media de control de temperatura del tanque 3 es de 88 C° y la media de especificación es de 82 C° con un factor de seguridad de 6 C°. Es evidente que todos los valores del gráfico se encuentran arriba de la media de especificación por lo que esto es de beneficio para el proceso de limpieza de aros ya que da como resultado aros limpios para poder depositar el baño de níquel y cromo.

Figura 52. Temperatura del tanque 7 de níquel después de la programación de actividades



En la figura 52 se observa que la media de control de temperatura del tanque 7 es de 60 C° la cual coincide con la media de especificación, a su vez los valores se encuentran cerca de la media de control, lo cual es de beneficio al proceso ya que se mantiene en ese estándar, para que la temperatura en el baño de níquel sea constante en los aros.

Figura 53. Temperatura del tanque 11 de cromo después de la programación de actividades



En la figura 53 se puede observar que la media de control de temperatura en el tanque 1 es de 46 C° y la media de especificación es de 45 C° con un factor de seguridad de 1 C°. En el cromo la temperatura es una variable que debe de mantenerse constante ya que esto es de beneficio para depositar adecuadamente el cromo en los aros.

n= 8,739 aros 26 buenos
 m= 22
 A continuación se tienen 22 muestras correspondientes a los días de producción

P= 0.011671816 $P = \frac{D_i}{m \cdot n}$

 P= 0.011671816 $P = \frac{\pi}{m}$

Di= 2244
 pi= 0.25678
 n= 8739
 m= 22
 Límites de control
 Lcs = 0.01511857 $Lcs = p + 3 \cdot (p(1-p)/n)^{1/2}$
 Lcc = 0.01167 $Lcc = p$
 Lci = 0.008225063 $Lci = p - 3 \cdot (p(1-p)/n)^{1/2}$

	Fracción		Límites de control		
	Disconforme	p = D/n	Lcs	Lcc	Lci
1	135	0.0154	0.01512	0.01167	0.00823
2	131	0.0150	0.01512	0.01167	0.00823
3	77	0.0088	0.01512	0.01167	0.00823
4	61	0.0070	0.01512	0.01167	0.00823
5	97	0.0111	0.01512	0.01167	0.00823
6	113	0.0129	0.01512	0.01167	0.00823
7	74	0.0085	0.01512	0.01167	0.00823
8	136	0.0156	0.01512	0.01167	0.00823
9	111	0.0127	0.01512	0.01167	0.00823
10	113	0.0129	0.01512	0.01167	0.00823
11	81	0.0093	0.01512	0.01167	0.00823
12	94	0.0108	0.01512	0.01167	0.00823
13	70	0.0080	0.01512	0.01167	0.00823
14	71	0.0081	0.01512	0.01167	0.00823
15	92	0.0105	0.01512	0.01167	0.00823
16	88	0.0101	0.01512	0.01167	0.00823
17	78	0.0089	0.01512	0.01167	0.00823
18	113	0.0129	0.01512	0.01167	0.00823
19	115	0.0132	0.01512	0.01167	0.00823
20	146	0.0167	0.01512	0.01167	0.00823
21	145	0.0166	0.01512	0.01167	0.00823
22	103	0.0118	0.01512	0.01167	0.00823
Total	2244	0.2568			

Tabla XII. Fracción disconforme del aro 26 antes de la programación de actividades

$Lcc = np$ $Lcc = (10983/22) \cdot (2244/10983) = 102$

$Lcs = np + 3 \cdot (np \cdot (1-p))^{1/2}$ $Lcs = 102 + 3 \cdot (102 \cdot (1 - (2244/10983)))^{1/2}$
 $Lcs = 129$

$Lci = np - 3 \cdot (np \cdot (1-p))^{1/2}$ $Lci = 102 - 3 \cdot (102 \cdot (1 - (2244/10983)))^{1/2}$
 $Lci = 75$

Número de la muestra	Total de la muestra	Número de aros defectuosos	Límites de control		
			Lcs	Lcc	Lci
1	504	135	129	102	75
2	357	131	129	102	75
3	358	77	129	102	75
4	512	61	129	102	75
5	349	97	129	102	75
6	426	113	129	102	75
7	637	74	129	102	75
8	604	136	129	102	75
9	339	111	129	102	75
10	585	113	129	102	75
11	484	81	129	102	75
12	471	94	129	102	75
13	538	70	129	102	75
14	575	71	129	102	75
15	401	92	129	102	75
16	450	88	129	102	75
17	624	78	129	102	75
18	409	113	129	102	75
19	581	115	129	102	75
20	533	146	129	102	75
21	611	145	129	102	75
22	635	103	129	102	75
Sumatoria	10983	2244			

Tabla XIII. Aros defectuosos número 26 antes de la programación de actividades

n= 11,836 aros buenos 26
 m= 26
 A continuación se tienen 26 muestras correspondientes a los días de producción
 P= 0.002996075 P= ? Di/(m*n)

 P= 0.002996075 P= ? pi/m

 Di= 922
 pi= 0.07790

 n= 11836
 m= 26

 Límites de control
 Lcs= 0.00450318 Lcs= $p + 3*(p(1-p)/n)^{1/2}$
 Lcc= 0.00300 Lcc=p
 Lci= 0.001488970 Lci= $p - 3*(p(1-p)/n)^{1/2}$

	Fracción		Límites de control		
	D	p = D/n	Lcs	Lcc	Lci
1	36	0.0030	0.00450	0.00300	0.00149
2	33	0.0028	0.00450	0.00300	0.00149
3	38	0.0032	0.00450	0.00300	0.00149
4	37	0.0031	0.00450	0.00300	0.00149
5	30	0.0025	0.00450	0.00300	0.00149
6	34	0.0029	0.00450	0.00300	0.00149
7	27	0.0023	0.00450	0.00300	0.00149
8	32	0.0027	0.00450	0.00300	0.00149
9	42	0.0035	0.00450	0.00300	0.00149
10	39	0.0033	0.00450	0.00300	0.00149
11	34	0.0029	0.00450	0.00300	0.00149
12	35	0.0030	0.00450	0.00300	0.00149
13	37	0.0031	0.00450	0.00300	0.00149
14	33	0.0028	0.00450	0.00300	0.00149
15	38	0.0032	0.00450	0.00300	0.00149
16	41	0.0035	0.00450	0.00300	0.00149
17	43	0.0036	0.00450	0.00300	0.00149
18	42	0.0035	0.00450	0.00300	0.00149
19	33	0.0028	0.00450	0.00300	0.00149
20	34	0.0029	0.00450	0.00300	0.00149
21	32	0.0027	0.00450	0.00300	0.00149
22	30	0.0025	0.00450	0.00300	0.00149
23	40	0.0034	0.00450	0.00300	0.00149
24	32	0.0027	0.00450	0.00300	0.00149
25	27	0.0023	0.00450	0.00300	0.00149
26	43	0.0036	0.00450	0.00300	0.00149
Sumatoria	922	0.0779			

Tabla XLIV. Fracción disconforme del aro 26 después de la programación de actividades

Lcc= np Lcc=(12758/26)*(922/12758)= 35

 Lcs=np+ 3*(np*(1-p))^{1/2} Lcs=35+3*(35*(1-(922/12758)))^{1/2}
 Lcs=53
 Lci=np- 3*(np*(1-p))^{1/2} Lci=35-3*(35*(1-(922/12758)))^{1/2}
 Lci=18

Número de la muestra	Total de la muestra	Número de aros defectuosos	Límites de control		
			Lcs	Lcc	Lci
1	503	36	53	35	18
2	420	33	53	35	18
3	400	38	53	35	18
4	406	37	53	35	18
5	407	30	53	35	18
6	447	34	53	35	18
7	523	27	53	35	18
8	474	32	53	35	18
9	615	42	53	35	18
10	585	39	53	35	18
11	451	34	53	35	18
12	472	35	53	35	18
13	479	37	53	35	18
14	512	33	53	35	18
15	635	38	53	35	18
16	670	41	53	35	18
17	399	43	53	35	18
18	526	42	53	35	18
19	613	33	53	35	18
20	433	34	53	35	18
21	527	32	53	35	18
22	371	30	53	35	18
23	543	40	53	35	18
24	396	32	53	35	18
25	490	27	53	35	18
26	461	43	53	35	18
Sumatoria	12758	922			

Tabla XLV. Aros defectuosos número 26 después de la programación de actividades

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA DE CROMADO DE AROS PARA BICICLETAS

El régimen de mantenimiento que se le debe de dar a la máquina de cromado de aros para bicicletas consta de dos partes.

- Movimiento vertical: este movimiento es el que da la máquina de cromado cuando sube y baja los aros hacia los tanques.
- Movimiento horizontal: este es el movimiento de avance horizontal que se da en los aros dentro de un tanque y de tanque a tanque.

Movimiento vertical.

- Revisar posibles fugas, limpiar con solvente los residuos de grasa, polvo y apretar los tornillos.
- Lubricar las guías y revisar si hay desgaste excesivo en cada uno de los cojinetes.
- Limpiar con solvente las barras de transmisión de grasa y polvo, apretar los tornillos de sus extremos y lubricar de nuevo.
- Limpiar con solvente los 14 rodamientos para las barras de transmisión, aflojar los tornillos laterales para ajustar el tornillo inferior y asegurar que soportan todos a la barra de transmisión. Una vez recalibrados apretar y lubricar nuevamente.
- Desmontar las 5 cadenas de transmisión F para su limpieza, revisar cada una de sus uniones y eslabones, colocar de nuevo y ajustar su tensión de tal forma que todas soporten la misma carga.
- Revisar cada uno de los 5 piñones G para las cadenas de transmisión, verificando el estado de sus 20 dientes y el ajuste del eje dentro de las chumaceras H.
- Limpiar con solvente las 10 chumaceras H para piñones, lubricarlas con una grasa hasta sacar grasa nueva del otro lado y apretarlas.
- Revisar el estado de uno de los cojinetes y cambiarlos si es necesario, preferentemente cambiar las 10 chumaceras al mismo tiempo.
- Limpiar con solvente los rodamientos sobre las columnas I, ajustar su posición sobre la superficie de deslizamiento, apretar y lubricar nuevamente.
- Limpiar la válvula de desaceleración J de aceite y polvo. Apretar las uniones de las mangueras de cobre, revisar el rodamiento de su extremo y que las cunas K que la activan, no hayan sufrido desgaste ni estén flojas.

Movimiento horizontal.

- Apretar el tornillo de las palancas de los microswitches F1 y F2, verificando su posición y que el rodamiento de su extremo gire libremente, apretar los tornillos que sujetan los cables de la señal.
- Quitar los 9 bornes de contacto eléctrico tipo banana L macho y hembra, cepillar los tornillos y lijar la superficie de las barras en el punto de contacto. Desarmar los conectores hembra y revisar los contactos plateados y limpiarlos. Los conectores machos no deben tener demasiado desgaste, si este es excesivo se deben cambiar por nuevos. Antes de colocar de nuevo y apretar, limpiar todos los bornes con el cepillo de alambre circular.
- Limpiar las 14 palancas M para el control de arrastre de los aros sobre las barras, engrasarlas hasta sacar grasa nueva, graduar su inclinación y verificar que exista buen contacto en el pin respectivo N y apretar los tornillos.
- Revisar todo el sistema eléctrico de la consola de control; contactores, fusibles, controladores de tiempo, microswitches, bombas, cajas reductoras, válvulas, motores, véntolas, soplador, rectificadores y tarjetas electrónicas.

PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO DE LA MÁQUINA DE CROMADO

Revisar toda la cromadora y verificar que no hayan ganchos en las barras de la misma.

Abrir las llaves de vapor para que se calienten los tanques a las temperaturas de cada uno.

En el tablero de controles proceder a encender.

- Rectificadores de desengrasantes, níquel y cromo.
- Filtro de níquel

Colocar las primeras cabezas en la barra horizontal y colocar los ganchos y aros.

Verificar las temperaturas en todos los tanques.

Cerrar las llaves si la solución de los químicos alcanzaron la temperatura de operación, esperar a que lleguen y luego proceder a cerrar las mismas.

Encender el botón de arranque, e iniciar la colocación de todas las cabezas con los ganchos y los aros en la barra horizontal.

Botón de emergencia.

A los lados de la máquina se encuentra un botón de emergencia para parar todo el movimiento tanto vertical como horizontal de la misma en caso de que lo amerite alguna situación, y para continuar sólo se debe de presionar cualquiera de los botones de emergencia para continuar con el proceso de cromado de aros.

Al final de la jornada se retiran y se colocan en un lugar especial todas las cabezas con los ganchos y los aros.

Se procede a apagar todo el equipo.

- Se apagan los rectificadores de desengrasantes, níquel y cromo.
- Se apaga el filtro de níquel
- Se presiona el botón de apagado de la máquina.
- Se cierran las llaves de vapor de todos los tanques.

Se verifica que no hayan quedado cabezas, ganchos o aros en los tanques.

