



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE SISTEMAS DE
CALIDAD Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

**APLICACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE COBRIZADO DE
CILINDROS EN UNA FÁBRICA DE EMPAQUES FLEXIBLES**

Realizado por:

Ing. Doris Reina

Ing. Eleanny Pire

Tutor Académico:

Msc. Mairett Rodríguez

Tutor Industrial:

Lic. Mario González

Junio, 2012

Trabajo Especial de Grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Sistemas de
Calidad y Control Estadístico de Proceso

RESUMEN

En Alimentos Polar Comercial - Planta Maracay empresa dedicada a la elaboración de empaques flexibles, se aplicó un análisis de control estadístico en el baño electrolítico de cobrizado de cilindros, empleando varios métodos estadísticos que permitieron evaluar el proceso, ya que al momento de la evaluación inicial las características de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico presentaron alta variabilidad. Además se identificaron y se priorizaron en orden de importancia las causas de la variación, a partir de herramientas de la calidad (hojas de registro, diagramas de Pareto, gráficos de control, diagrama causa- efecto, histogramas).

Las causas más relevantes que afectaron las concentraciones del baño de cobre fueron: la frecuencia de análisis, desactualización de los procedimientos, y fallas de estandarización de las soluciones. Las alternativas propuestas para el control de las variables críticas fueron: implementación de una frecuencia diaria de evaluación de las concentraciones, actualización de procedimientos, capacitación del personal, plan de control de temperatura y humedad del laboratorio de aguas, ejercicios intralaboratorio, y establecimiento de un plan de calidad para el monitoreo de las variables. Con esto se logró el control estadístico de ambas variables de concentración y el 100 % de los datos de concentración dentro de especificación. Al finalizar el estudio se observó la disminución del promedio mensual de avisos de calidad generados por fallas de impresión en el proceso de rotograbado en un 37%, la disminución del promedio mensual de cilindros reprocesados en 57,14% con un ahorro promedio para la organización de 106.200 Bs/mes.

Palabras claves: Cobrizado, sulfato de cobre, ácido sulfúrico, electrolito, control, alternativas, herramientas de la calidad.

ABSTRACT

In Alimentos Polar Comercial – Maracay Plant a company dedicated to the development of flexible packaging, an analysis of statistical control in the electrolytic copper plating coating of cylinders was applied, using several statistical methods were applied that allowed to evaluate the process, since at the time of initial evaluation characteristics of concentration of copper sulfate and sulfuric acid showed high variability. Also been identified and prioritized in order of importance the causes of variation, this was done through quality assurance tools (registration forms, Pareto diagrams, control charts, cause-effect diagram, histogram).

The main causes that affect the concentrations of copper coating were: frequency of analysis, outdated procedures, and fault to standardize solutions. The proposed alternatives for the control of critical variables were: implementation of a daily evaluation of concentrations, upgrade procedures, staff training, temperature control plan and water laboratory moisture, inner lab exercises and the establishment of a quality plan of variables monitoring, with this, the statistical control of both concentration and 100% concentration data within specification variables was achieved. At the end, the study showed a decrease of the average monthly quality notices caused by misprints in the rotogravure process by 37%, the average monthly decline in reprocessed cylinders with a 57,14% average saving for the organization of 106.200 Bs/moth.

Keywords: copper plating, copper sulfate, sulfuric acid, electrolyte, control, choice, quality assurance tools.

CONTENIDO

Contenido	Pág.
Resumen	2
Abstract	3
Contenido	4
Índice de figuras	6
Índice de Cuadros	9
Introducción	10
Objetivos de la investigación	11
Marco teórico	12
Bases teóricas relacionadas con la organización	12
Bases teóricas	24
Antecedentes	34
Materiales y métodos	37
3.1 Evaluación del comportamiento inicial del proceso de cobrizado de cilindros	37
3.2 Identificación y análisis de los diferentes factores que inciden en la variabilidad del proceso de cobrizado de cilindros	39
3.3 Proposición de las alternativas necesarias para el mejoramiento del proceso de cobrizado de cilindros	39
3.4 Establecimiento de planes de calidad para el proceso de cobrizado de cilindros	40
3.5 Evaluación de las acciones correctivas propuestas al proceso de cobrizado de cilindros	40
Resultados y discusión	42
4.1 Evaluar el comportamiento inicial del proceso de cobrizado de cilindros	42
4.2 Identificar y analizar de los diferentes factores que inciden en la variabilidad del proceso de cobrizado de cilindros	46

4.3 Proponer las alternativas necesarias para el mejoramiento del proceso de cobrizado de cilindros	53
4.4 Establecer planes de calidad para el proceso de cobrizado de cilindros	64
4.5 Evaluar las acciones correctivas propuestas al proceso de cobrizado de cilindros	69
Conclusiones	75
Recomendaciones	77
Referencias bibliográficas	78
Anexos	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de empaques flexibles	19
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de grabación de cilindros del área de Pre-prensa	20
Figura 3. Proceso de cobrizado de un cilindro	22
Figura 4. Imagen de un cilindro grabado	23
Figura 5. Histogramas de dibujo de la frecuencia	25
Figura 6. Ejemplo de la carta de Pareto	27
Figura 7. Ejemplo de un diagrama causa- efecto	28
Figura 8. Carta de control de las mediciones individuales en la evaluación inicial del comportamiento de la concentración de sulfato de cobre	42
Figura 9. Carta de rango móvil para la evaluación inicial del comportamiento de la concentración de sulfato de cobre	43
Figura 10. Evaluación de la capacidad inicial de proceso de la concentración de sulfato de cobre	44
Figura 11. Carta de control de las mediciones individuales en la evaluación inicial del comportamiento de la concentración de ácido sulfúrico	45
Figura 12. Carta de rango móvil para la evaluación inicial del comportamiento de la concentración de ácido sulfúrico	45
Figura 13. Evaluación de la capacidad inicial de proceso de la concentración de sulfato de cobre	46
Figura 14. Factores asociados a la variabilidad de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre en el proceso de cobrizado de cilindros	47
Figura 15. Diagrama causa y efecto correspondiente al monitoreo de las concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico en el proceso de cobrizado de cilindros	52
Figura 16. Flujograma para la determinación de la concentración de ácido sulfúrico	54

Figura 17. Flujograma para la determinación de la concentración de sulfato de cobre	54
Figura 18. Ubicación de los procedimientos de determinación de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico dentro de la organización	55
Figura 19. Etiqueta para la identificación de soluciones en el laboratorio de agua	56
Figura 20. Plan de inspección para el registro de la temperatura y humedad del laboratorio	57
Figura 21. Registro de la temperatura y humedad del laboratorio realizado por el personal encargado del monitoreo de las variables en estudio	57
Figura 22. Gráfico de caja y bigotes para la temperatura del laboratorio de aguas	58
Figura 23. Gráfico de caja y bigotes para la humedad del laboratorio de aguas	58
Figura 24. Estadístico h de Mandel para la concentración de sulfato de cobre	60
Figura 25. Estadístico k de Mandel para la concentración de sulfato de cobre	60
Figura 26. Estadístico h de Mandel para la concentración de ácido sulfúrico	61
Figura 27. Estadístico k de Mandel para la concentración de ácido sulfúrico	61
Figura 28. Equipo de trabajo en el proceso de práctica de registro de la información	64
Figura 29. Plan de inspección para el registro de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre	68
Figura 30. Registro de la las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre realizado por el personal encargado del monitoreo	68
Figura 31. Carta de control de las mediciones individuales en la evaluación final del comportamiento de la concentración de sulfato de cobre	69
Figura 32. Carta de rango móvil para la evaluación final del comportamiento de la concentración de sulfato de cobre	70
Figura 33. Evaluación de la capacidad de proceso final de la concentración de sulfato de cobre	71
Figura 34. Carta de control de las mediciones individuales en la evaluación final del comportamiento de la concentración de ácido sulfúrico	71
Figura 35. Carta de rango móvil para la evaluación final del comportamiento de la concentración de ácido sulfúrico	72

Figura 36. Evaluación de la capacidad de proceso final de la concentración de ácido sulfúrico	73
Figura 37. Comparación del promedio mensual de avisos de calidad generados por fallas de impresión antes y después de la implantación de mejoras	73
Figura 38. Comparación del promedio mensual de cilindros reprocesados y de los costos involucrados antes y después de la implantación de mejoras	74
Anexo B. Encuesta diagnóstica aplicada al personal encargado del mantenimiento de las condiciones estándar del proceso de cobrizado	82

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Pág.
Cuadro 1. Reseña histórica de la organización	12
Cuadro 2. Registro de productos defectuosos. Cantidad inspeccionada: N= 2165	26
Cuadro 3. Determinación de la capacidad inicial del proceso para la concentración de sulfato de cobre	43
Cuadro 4. Determinación de la capacidad inicial del proceso para la concentración de ácido sulfúrico	45
Cuadro 5. Cuadro asociativo del factor de variabilidad y la alternativa aplicada	53
Cuadro 6. Resultados de la evaluación de la consistencia numérica de los resultados	62
Cuadro 7. Resultados de la evaluación de R&R	62
Cuadro 8. Plan de adiestramiento para el personal encargado del control de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre	63
Cuadro 9. Plan de calidad para el control de las variables de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico	65
Cuadro 10. Determinación de la capacidad del proceso para la concentración de sulfato de cobre	70
Cuadro 11. Determinación de la capacidad del proceso final para la concentración del ácido sulfúrico	72
Anexo A. Datos de concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre - periodo de evaluación	80
Anexo C. Resultados por participante durante la ejecución del ejercicio intralaboratorio	83
Anexo D. Datos de concentraciones finales de ácido sulfúrico y sulfato de cobre	84

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones industriales en general se enfrentan día a día a retos considerables, los clientes han aumentado en gran número sus requerimientos de calidad, además de las retribuciones competitivas que se dan en el mercado. El desafío que enfrentan las industrias es mejorar la calidad de sus productos y servicios, modernizar los planes de control de estos aspectos y simultáneamente reducir en forma sustancial los costos. Como bien se conoce, estos retos son muy difíciles, pero sin embargo, las técnicas estadísticas, en general, proporcionan una base para enfrentar esos desafíos de manera satisfactoria. Alimentos Polar (APC) Planta Maracay, C.A., se ha caracterizado por su filosofía de satisfacer las necesidades del cliente, entregándole oportunamente productos de la más alta calidad, sustentado en el mejor recurso humano y en el desarrollo tecnológico de sus procesos.

En este sentido, el departamento de pre-prensa, es evaluado continuamente para promover la aplicación de mejora continua en sus procesos. Con la finalidad de mejorar la gestión realizada en el área de grabación de los cilindros utilizados para la impresión de empaques flexibles en el sistema de rotograbado, específicamente en el proceso de cobrizado de cilindros, en donde existe una alta variabilidad en el monitoreo de las variables críticas de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, esta falta de control da origen a la presente investigación.

El objetivo principal del proyecto es diseñar un programa para el control estadístico del proceso de cobrizado en el área de grabación de cilindros en Alimentos Polar Planta Maracay. Para lograr este propósito y explicar detalladamente las actividades a realizar en el cumplimiento del objetivo planteado se desarrollaran las siguientes actividades: evaluación del comportamiento inicial de las variables monitoreadas, identificación y análisis de los diferentes factores que inciden en la variabilidad del proceso, proposición de alternativas que permitan asegurar el control del proceso para el cobrizado de cilindros, determinación de la capacidad del proceso, establecimiento de planes de calidad para asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad, actualización de los documentos establecidos para la evaluación y ejecución de las variables.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 General

Aplicar control estadístico al proceso de cobrizado de cilindros en una fábrica de empaques flexibles.

1.2 Específicos

1. Evaluar el comportamiento inicial del proceso de cobrizado.
2. Identificar y analizar los posibles factores que puedan incidir en la variabilidad del proceso de cobrizado.
3. Proponer y aplicar alternativas necesarias para el mejoramiento del proceso de cobrizado de cilindros.
4. Establecer planes de calidad en el proceso de cobrizado
5. Evaluar las acciones correctivas propuestas al proceso de cobrizado

MARCO TEÓRICO

En esta sección se presentan todos los fundamentos teóricos necesarios para una mejor comprensión del presente trabajo.

2.1 Bases teóricas relacionadas con la organización

2.2.1 Reseña histórica

Alimentos Polar Comercial Planta Maracay, empresa perteneciente a Alimentos Polar, de Empresas Polar, Ubicada en la zona industrial San Vicente II, Calle F parcela F-1, F-2 y F-3 Maracay Edo Aragua. (Manual de Calidad Alimentos Polar – Planta Maracay, 2010). En el cuadro 1 se detalla la reseña histórica de la empresa:

Cuadro 1. Reseña histórica de la organización

Año	Reseña	Accionistas
1964	Es fundada el 07 de Abril de 1964, en la Zona Ind California Sur de Caracas, inicia operaciones con etiquetas para la reproducción de cartonaje para la industria tabacalera.	Señores: Pérez Mijares Carlos Ramirez Jorge Kapp y Hermanos Beracha
1966	El grupo Savoy compra el 60% de la participación accionaría, se diversifica la producción hacia el embalaje flexible	Grupo Savoy Señor: Jorge Kapp y Benco, C.A.
1969-1971	Remavenca y Promasa (División de Alimentos, Empresas Polar) adquieren el 60% de la participación accionaría. Los hermanos Beracha, (Benco, C.A.) acumulan el 40% restante de la participación.	Remavenca Promasa y Benco, C.A.
1975-1981	Se adquieren entre 1975 y 1977 terrenos en la Urbanización Ind. San Vicente II. en Maracay y se inicia la construcción de las áreas fabriles. En el año 1981 se trasladaron las operaciones. Se adquiere una línea de Rotograbado en seis colores y equipos destinados a la grabación de cilindros.	Remavenca, Promasa Benco,C.A.

Año	Reseña	Accionistas
1983-1994	En el año 1983/1985 se adquiere una línea de laminación y se amplía la línea de Rotograbado a ocho colores. La creciente demanda de empaques en el mercado nacional propicia el ambiente para realizar, entre 1991 y 1994, fuertes inversiones en el área de extrusión, laminación sin solventes y flexografía, así como la repotenciación de equipos en corte y grabación de cilindros.	Remavenca, Promasa Benco,C.A.
2002-2003	En Mayo 2002, Alimentos Primor adquiere 100 % de las acciones de Rotograbados Venezolanos S.A. Se reorganizan los negocios de la UEN de Alimentos, pasando a ser el Negocio de ROTOVEN, S.A., una Unidad de la Dirección de Logística y Abastecimiento, como parte de una estrategia para el fortalecimiento del negocio, con el objetivo de ser más competitivos y eficientes. De esta manera, las operaciones de las líneas de fabricación de empaques flexibles pasan a abastecer las necesidades en empaques, de la UEN de Alimentos, como apoyo a la “RAZON DE SER” de nuestro Diseño Estratégico.	Alimentos Primor
2003-2004	En Octubre 2003, nueva imagen y nombre, una manera de precisar nuestra personalidad corporativa.	Alimentos Polar
2004 - 2005	Se ejecutan importantes ampliaciones, mejorando la distribución de los almacenes. Se inician operaciones en el nuevo almacén de tintas, bajo los más altos estándares de seguridad.	Alimentos Polar
2005 2007	Se reorganiza la estructura organizacional con el objetivo de optimizar la operación de los negocios. Se priorizan las actividades relacionadas con el manejo y control de emergencias y se forma un equipo multidisciplinario para el seguimiento de las brechas en los ejes de seguridad. Se inician proyectos dirigidos a fortalecer sinergias con todos los Negocios de Empresas Polar. Se deja operativa la nueva Lavadora de Equipo, la misma cuenta con altos niveles de seguridad.	Alimentos Polar

Año	Reseña	Accionistas
2008	<p>Año donde la planta logra concretar la inversión de tecnológica de punta en maquinarias y equipos, para crecer competitivamente, resguardando la seguridad de los procesos productivos y la inocuidad de los productos elaborados, por lo que adquiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impresora de Roto Grabado marca Cerutti de 9 colores • Tanques de Solvente Subterráneo, el cual proporciona altos niveles de seguridad que están controlados por un PLC • Equipo de cromatografía de gases para películas plástica flexibles y solventes • Maquina Formadora, inspeccionadora y cortadora de mangas y etiquetas termoretraibles <p>Otro aspecto relevante en este periodo del tiempo es la remodelación a nivel de infraestructura que se ejecuto en el área de embalaje, creando un ambiente controlado que garantiza la inocuidad de nuestros productos.</p> <p>Se concreta el proyecto de fusión a nivel de nuestra plataforma de sistema SAP, logrado unificar los mandantes de cervecería y alimentos en uno solo, lo que garantiza las actualizaciones de este sistema operativo de manera oportuna para ambas divisiones pertenecientes a Empresas Polar.</p> <p>Rotoven C.A. por razones estratégicas cambia su razón social y pasa a ser Alimentos Polar Comercial Planta Maracay.</p>	Alimentos Polar

Año	Reseña	Accionistas
2009	<p>Se aumenta la capacidad instala, para dar respuesta al cuello de botella de nuestras líneas productivas que hasta este año era el área de laminación, por lo que la gerencia de planta consolida la adquisición de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una laminadora nueva, con la particularidad de que fue ensamblada bajo los requerimientos de nuestra planta, la cual tiene un alto rendimiento (por el orden de los 600 m lineales por minutos) • Al crecer la producción por efecto de la nueva laminadora la empresa no baja la guardia y adquiere una cortadora nueva, cuya instalación avanzó considerablemente durante este año • Para equilibrar el crecimiento también se adquiere una nueva cromadora para el área de grabación de cilindro y se gestiona una maquina grabadora de cilindro que cumpla con las necesidades del área <p>Desde el punto de vista de contribución con el medio ambiente se pone operativo un equipo recuperador de solvente ecológico en el área Pre-Prensa.</p> <p>Y para dar apoyo y repuestas más rápidas y certeras de los nuevos desarrollo, el laboratorio de Aseguramiento de la Calidad, es fortalecido con la incorporación del equipo de Hot Tack, capaz de generar curvas de sellados en frio y en caliente, parámetros fundamentales a la hora de desarrollar estructuras destinadas a las líneas empaquetadoras.</p>	Alimentos Polar
2010-2011	<p>Inicio del 2010: Continúan la instalación y puesta a punto de la cortadora nueva, incluyendo la capacitación del personal operario por parte de los técnico de la maquina. Se culmina la repotenciación de la maquina Grabo Star 11. Se llega a la fase de pruebas operacionales de la laminadora que estaba en un proceso de repotenciación</p>	Alimentos Polar
2012	Proyecto de inversión de una máquina para Rotograbado y una maquina Flexografica	Alimentos Polar

Fuente: Manual de Calidad Alimentos Polar – Planta Maracay, 2010

2.1.2 Productos elaborados en Planta Maracay

De acuerdo al Manual de Calidad Alimentos Polar – Planta Maracay, 2010, los productos elaborados en Planta Maracay son:

- Laminados para empaques de harinas precocidas, cereales, arroz, pastas, helados, margarinas, detergentes, jabones y alimentos para mascotas.
- Etiquetas para envases PET, en refrescos, malta, aceite, vinagre y vinos.
- Empaques monocapa en productos como helados, arroz, jabón.
- Etiquetas termoretraíbles en PVC para envases de plásticos y vidrio

2.1.3 Descripción del proceso

El Manual de Calidad Alimentos Polar Comercial (APC) Planta Maracay (2010) señala que Alimentos Polar Comercial (APC) Planta Maracay es una empresa perteneciente a la organización de Empresas Polar, se encuentra ubicada en el estado Aragua y se dedica a la elaboración y comercialización de empaques flexibles para alimentos, bebidas y jabones, con el empleo de materiales que proporcionan características de barreras para proteger el producto.

Define a un empaque flexible como un material que por su naturaleza se puede manejar en máquinas de envolturas o de formado, llenado y sellado, y que está constituido por uno o más de los siguientes materiales básicos: papel, celofán, aluminio o plástico. La presentación para el usuario puede ser en rollos, bolsas, hojas o etiquetas, ya sea en forma impresa o sin impresión.

Para la elaboración de los empaques flexibles dicho manual presenta las siguientes etapas:

2.1.3.1 Recepción de materias primas

En el proceso de producción de empaques flexibles, se reciben los sustratos, resinas, adhesivos y tintas, que son evaluadas por el departamento de calidad y tintas, respectivamente.

2.1.3.2 Diseño

En el área de diseño, se encargan de la elaboración y desarrollo de los diseños para empaques flexibles, que son aprobados previamente por el cliente.

2.1.3.3 Pre prensa

Luego en el área de pre-prensa se realiza la grabación de cilindros para el proceso de impresión por rotograbado y la grabación de planchas fotopolímeras en el caso de la flexografía, además se realiza el descromado, cobrizado, cromado, borrado y pulido de los cilindros.

Dependiendo del producto, se sigue una secuencia de etapas, en el caso de empaques monocapa, se imprime y finalmente se corta para su despacho. Para etiquetas se imprime en el sustrato y según el caso puede pasar por laminación o que directamente sean enviadas a corte, para los materiales termoencogibles se extruye el PEBD neutro y se corta la bobina según las dimensiones requeridas, finalmente para los empaques en general, se imprime en el sustrato, se lamina y luego se procede al corte y embalaje de la bobina.

2.1.3.4 Impresión

En cuanto a la impresión de los empaques, se utilizan dos técnicas, la cuales son el rotograbado y la flexografía.

2.1.3.5 Impresión Rotograbado

El rotograbado es una técnica de impresión en la cual las imágenes son transferidas al sustrato a partir de una serie de puntos, los cuales son grabados en forma de pequeñas cavidades en la superficie de un cilindro metálico, la tinta es transferida al soporte impreso entre el cilindro de cobre y el cilindro de contrapresión. Para ello, el cilindro de impresión se sumerge rotando en el tintero (calderin), el excedente de tinta es barrido por una racle (fleje de acero) y cuando el sustrato pasa a través de este cilindro y el de contrapresión, la tinta es transferida al mismo. El sustrato pasa inmediatamente por un túnel de secado, donde se inyecta aire caliente a presión que evapora los solventes contenidos en la tinta dejando un residuo que se compone básicamente de una resina encargada de fijar los pigmentos al soporte y que dan color al impreso.

2.1.3.6 Impresión Flexografía

La flexografía, es un sistema de impresión en alto relieve, puesto que las zonas de la plancha que imprimen están realzadas respecto de aquellas que no deben imprimir, las planchas se montan a cilindros metálicos de diferente longitud, con un cinta doble-adhesiva, que recibe el nombre de

"stick-back", un rodillo giratorio de caucho recoge la tinta y la transfiere por contacto a otro cilindro, llamado anilox, el cual transfiere una ligera capa de tinta regular y uniforme a la forma impresora, grabado o cliché. Posteriormente, el cliché transferirá la tinta al soporte a imprimir.

2.1.3.7 Laminación

Posterior a la impresión, se lamina el empaque, que no es más que la unión de sustratos a través de una capa de adhesivo para finalmente realizar el corte y el embalaje del producto para su distribución. El mecanismo de laminación consiste en presionar los sustratos entre sí por medio de dos cilindros, uno de acero (internamente caliente) y otro de goma, antes de esta etapa el sustrato se recubre de un adhesivo que previamente es mezclado en un dosificador, donde se lleva a la relación adecuada de adhesivo/catalizador.

2.1.3.8 Corte y embalaje

Este es un proceso sencillo que consiste en llevar al ancho requerido por el cliente, estas cortadoras se manejan con un sistema de control electrónico que mantiene en forma regular los cantos de las bobinas cortadas, dentro de la tolerancia del equipo, para luego ser embalado el producto final de acuerdo a las especificaciones requeridas por el cliente.

A continuación en la figura 1 se muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación de un empaque flexible.

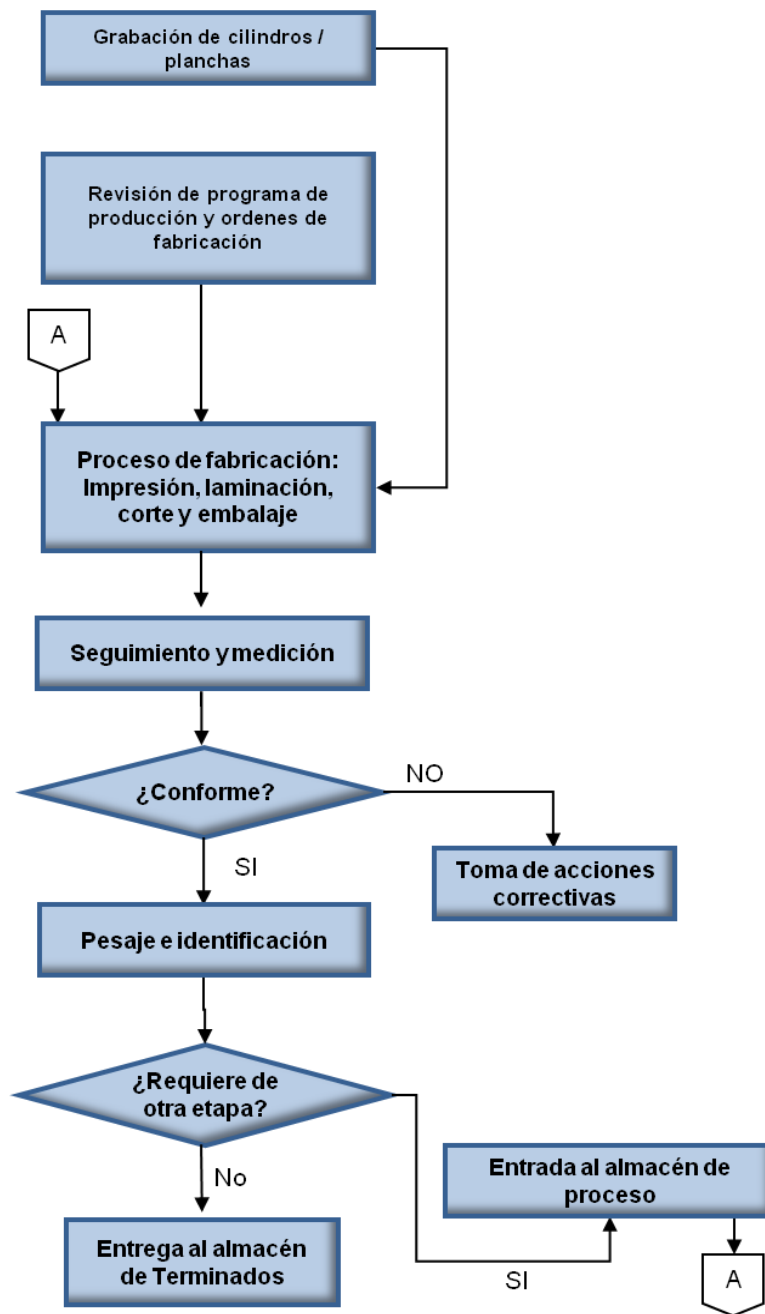


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de empaques flexibles

2.1.4. Proceso de grabación de un cilindro

Según Juara (2002), el proceso de grabación de cilindros para impresión en rotograbado está comprendido por los procesos de niquelado, cobrizado, pulido, grabado y cromado, en la figura 2 se muestra el detalle del proceso:

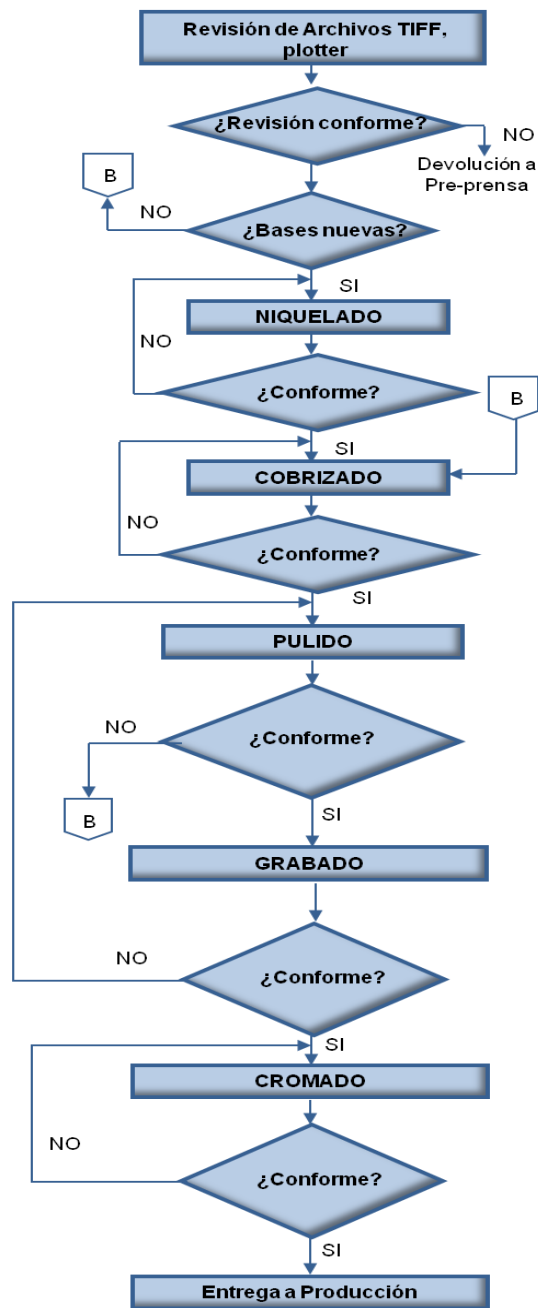


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de grabación de cilindros del área de Pre-prensa

2.1.4.1 Niquelado:

Este proceso tiene como función fijar en el cilindro de acero una capa de níquel que permita fijar la capa de cobre, esto debido a que el cobre y el acero no son compatibles entre sí.

Electrolito: Solución conductora de electricidad formada por disociación electrolítica de compuestos químicos.

2.1.4.2 Cobrizado

Esta es la primera capa que se le aplica al cilindro de huecograbado, que es donde se va a grabar la imagen o textos, por lo tanto donde graba el alvéolo. Como dato significativo se puede decir que esta capa está comprendida entre las 20 y 60 micras, aunque estos datos pueden variar según las características del cilindro.

El proceso de cobrizado de cilindros tiene como función la aplicación de una capa de cobre que permita la grabación del diseño, esto debido a que este metal es menos duro para realizar este proceso.

El electrolito de cobre es el baño más inestable, esto debido a que uno de los iones en forma metálica se deposita sobre la superficie del cilindro durante el proceso, el otro se disocia para unirse al sulfato y saturar el baño de sulfato de cobre lo que dificulta el paso de corriente para el buen desarrollo de galvano, esto incide en la variación del espesor y la falta de uniformidad de la capa de de cobre depositada sobre el cilindro.

A medida que se va cobrizado los pelets de cobre van desapareciendo y es necesaria le adición de los mismos; el proceso de cobrizado se detalla en la figura N° 3.

Es por esto que es necesario el monitoreo constante del baño para asegurar las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre.

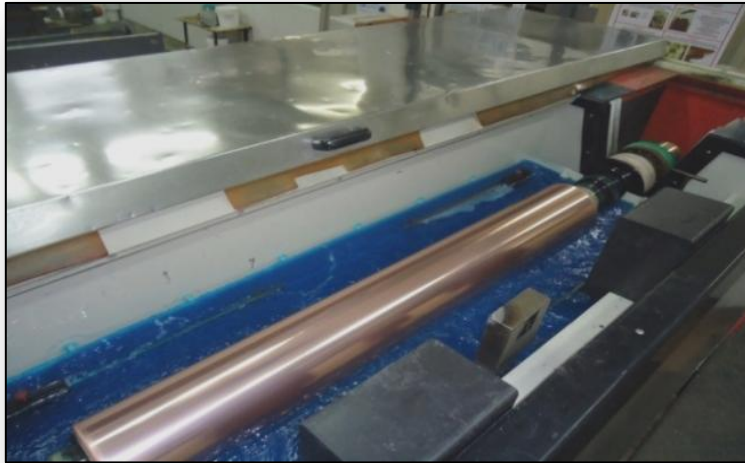


Figura 3. Proceso de cobrizado de un cilindro

2.1.4.3 Pulido

Este proceso se logra con la utilización de piedras circulares que tocan la superficie del cilindro, para pulir, según las condiciones a las que sea sometida se puede lograr el borrado del cilindro en donde es retirada la capa de cobre o el pulido del mismo, en este proceso se utiliza agua como medio de enfriamiento (esto debido al roce de estos metales).

2.1.4.4 Grabado de Cilindro

El huecograbado, como ya sabemos, la forma impresora es el cilindro, donde van grabadas las imágenes y los textos que posteriormente se van a imprimir, en la figura 4 se muestra un cilindro después del proceso de grabación.

2.1.4.5 Cromado

Esta es la última capa que se le añade al cilindro antes de la impresión su finalidad es la de proteger el cilindro del desgaste sufrido por el rozamiento del mismo contra el papel cuando se imprime en la rotativa. Esta capa suele ser entre 7 y 15 micras, dependiendo fundamentalmente de la tirada, el color, la impresión que se necesita, tipo de trabajo a imprimir, etc. La durabilidad del cilindro depende en gran medida del rozamiento con el papel utilizado en la impresión y de la rasqueta, por ello cuanto mayor sea la tirada de producción y mayor rugosidad del papel, mas será el desgaste del cilindro; por tanto, la capa deberá tener más grosor.



Figura 4. Imagen de un cilindro grabado

2.1.5 Características de un cilindro

Tamaño del cilindro: Vamos a destacar las diferencias en cuanto al tamaño del cilindro entre la impresión packaging y la comercial. Generalmente el tamaño de un cilindro utilizado para la impresión comercial (rotativas comerciales) suele ser mayor que para la impresión del packaging. En la actualidad puede llegar hasta los cuatro metros de longitud y su circunferencia de 1,5 metros. Por ello las rotativas de huecograbado de impresión comercial tienen tanta envergadura. (Juara, 2002)

2.1.6 Preparación del cilindro para la impresión

Es primordial mencionar que los cilindros antes de pasar el proceso de impresión debe tener una serie de características propias según la impresión, que se han de controlar primeramente, las mismas son (Juara, 2002):

- Diámetro del cilindro
- Longitud del cilindro

Los cilindros que van a ser grabados pueden ser de dos tipos:

Cilindro nuevo: es el cilindro que no se ha usado ninguna vez en la impresión, aunque este tipo se utiliza en muy pocas ocasiones.

Cilindro usado en otros grabados.: por el costo del cilindro se hace indispensable, una vez utilizado e impreso con él, someterlo a varios procedimientos y reutilizarlo repetidas veces ya que un cilindro de huecograbado es utilizado innumerables veces (Juara, 2002).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Control Estadístico de la Calidad

El control estadístico de la Calidad es un conjunto poderoso de herramientas para resolver problemas; muy útil para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del mismo mediante la reducción de la variabilidad. (Montgomery, 2008)

2.2.2 Herramientas principales para el control estadístico de la calidad

Diferentes autores indican en la guía resumen de herramientas de calidad del Profesor Victor Blanco, Control Estadístico de Procesos del Postgrado de Estadística de la Universidad Central de Venezuela, que las principales herramientas de calidad son:

2.2.2.1 La hoja de registro

2.2.2.2 Histograma

2.2.2.3 La grafica de pareto

2.2.2.4 El diagrama de causa efecto

2.2.2.5 El diagrama de concentración

2.2.2.6 El diagrama de dispersión

2.2.2.7 La carta de control

A continuación se explicarán brevemente los utilizados en este trabajo:

2.2.2.1 La hoja de registro

Se requiere para información, es esencial que el objetivo sea claro y que se obtengan datos que reflejen los hechos con claridad. Además de estos requisitos, en situaciones reales es importante que los datos se recojan en forma clara y fácil de usar. Una hoja de registro es un formato preimpreso en el cual aparecen los ítem que se van a registrar, de tal manera que los datos puedan recogerse fácil y concisamente, sus objetivos principales son dos:

- Facilitar la recolección de los datos
- Organizar automáticamente los datos de manera que puedan usarse con facilidad mas adelante.

La recolección y el registro de los datos parece fácil pero en realidad es difícil. Generalmente, mientras más personas procesen los datos, mayor es la probabilidad de que presenten errores de transcripción. (Kume, 1985)

2.2.2.2 Histograma

Histograma de la frecuencia

Los datos obtenidos en una muestra sirven como base para decidir sobre la población. Mientras más grande sea la muestra, más información obtendremos sobre la población. Pero un aumento en el tamaño de la muestra también implica un aumento de la cantidad de datos, y esto puede llegar a hacer difícil comprender, la población a partir de esos datos, aun cuando se organicen en tablas. En ese caso, necesitamos un método que nos permita comprender la población de un vistazo. Un histograma responde a esta necesidad (Ver figura 5). La organización de un buen numero de datos en un histograma nos permite comprender la población de manera objetiva. (Kume, 1985)

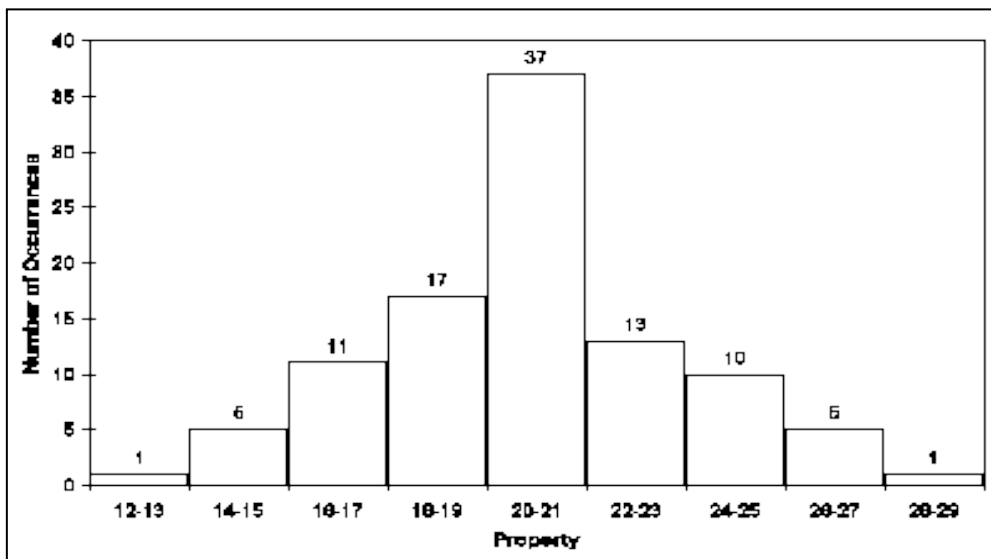


Figura 5. Histogramas de dibujo de la frecuencia

2.2.2.3 La gráfica de Pareto

Muchos aspectos de producción fabril requieren mejoras: productos defectuosos, asignación de horarios, reducción de costos, etc. De hecho cada problema se compone de tantos problemas menores que es difícil saber cómo resolverlos. Y se necesita una base definida para adoptar cualquier decisión. (Ishikawa, 1985)

Cuadro 2. Registro de productos defectuosos
Cantidad inspeccionada: N= 2165

Rubros de defectos	Cantidad de productos defectuosos	% N	% Total de productos defectuosos
Calafateo	198	9,1	47,6
Ajuste	25	1,2	6
Conexión	103	4,8	24,7
Par motor inadecuado	18	0,8	4,3
Separación	72	3,3	17,3
Total	416	19,2	99,9

En el cuadro 2 se presentan los datos sobre productos defectuosos resultantes de cierto proceso. Si bien en el proceso se agrupan los productos defectuosos como de “operaciones inadecuadas” sin hacer distinciones entre ellos, se los puede dividir en los cinco renglones siguientes: calafateo, ajuste, conexión, por motor inadecuado y separación. Estas categorías de defectos, clasificadas por su índole, se denominan rubros de defectos. Con los datos de esta tabla, se construirá un gráfico de barras ver figura 6. (Ishikawa, 1985)

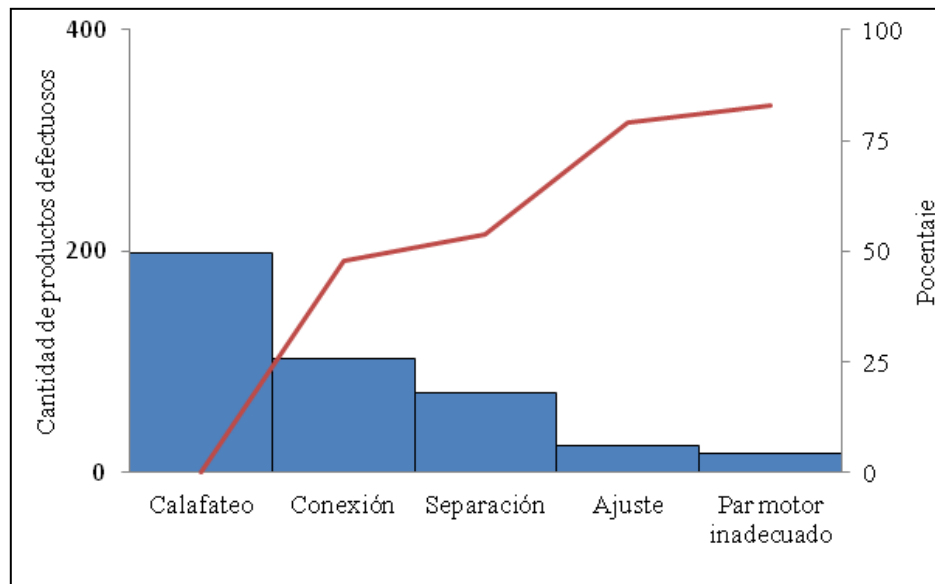


Figura 6. Ejemplo del diagrama de Pareto

En la figura 6, el eje vertical izquierdo mide la cantidad de productos defectuosos por cada rubro de defectos y el eje vertical derecho, el porcentaje del total de productos defectuosos que representa cada rubro. El eje horizontal indica los rubros de defectos, comenzando por el más frecuente en el extremo derecho; el resto se dispone por orden de magnitud. La curva muestra el total acumulado de productos defectuosos para cada rubro de defectos. Este tipo de gráficos se conoce como diagrama de Pareto. (Ishikawa, 1985)

Un diagrama de Pareto, como el que acabamos de describir, indica que problema se debe resolver primero al eliminar defectos y mejorar operaciones. De acuerdo con este gráfico, en primer lugar debemos ocuparnos del calafateo porque lo representa la barra más alta. El rubro que le sigue en importancia es el que corresponde a la siguiente barra: conexión. Aunque esto parezca muy sencillo, los gráficos de barra son sumamente útiles para el control de calidad en las fábricas. Basta señalar que resulta mucho más fácil ver cuáles son los defectos más importantes con un gráfico de barras que con una tabla numérica solamente. (Ishikawa, 1985)

2.2.2.4 El diagrama de causa efecto

El resultado de un proceso puede atribuirse a una magnitud de factores, y es posible encontrar la relación causa- efecto de esos factores. Podemos 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 forma sencilla y fácil es con un diagrama Causa-efecto. (Kume, 1985)

Diagrama Causa-efecto: Diagrama que muestra la relación entre una característica de calidad y los factores. Ver ejemplo en la figura 7. (Kume, 1985)

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. (Kume, 1985)

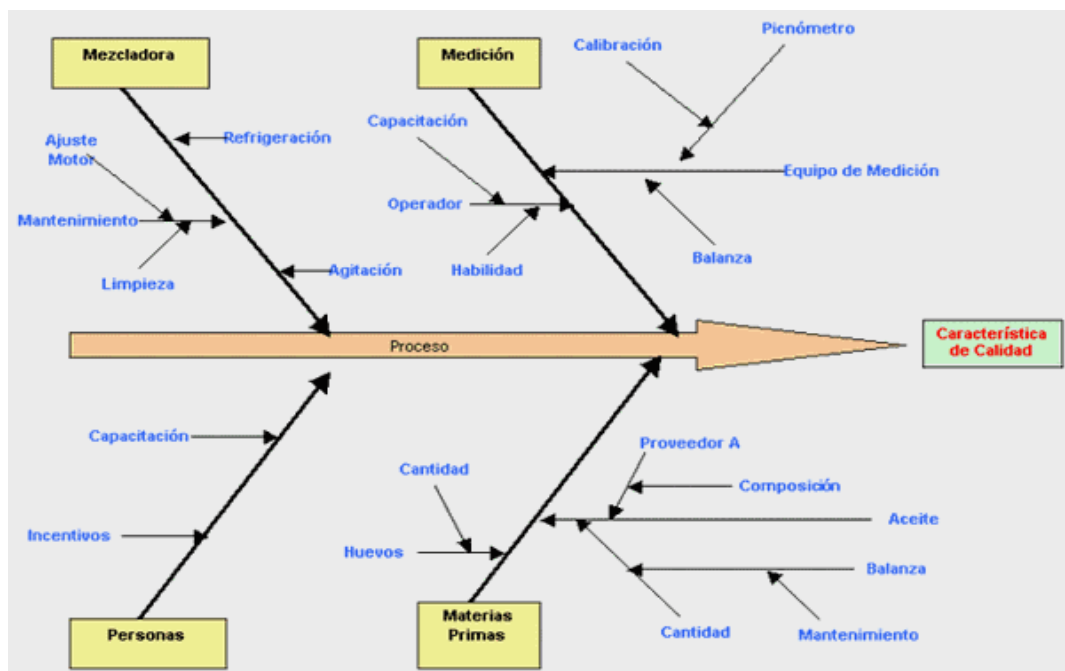


Figura 7. Ejemplo de un diagrama causa- efecto

2.2.2.5 Gráficos de Control

Según Kume (1985), W. A Shewar, de los laboratorios de la Bell Telephone, fue el primero en proponer, en 1924, una grafica de control con el fin de eliminar una variación anormal, distinguiendo las variaciones debidas a causas asignables de aquellas debidas a causas del azar.

Señala además, que si todos los valores ocurren dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado controlado. Sin embargo, si ocurren por

fuera de los límites de control o muestran una forma peculiar, se dice que el proceso está fuera de control.

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

Causas Asignables: Son causas que pueden ser identificadas y que conviene descubrir y eliminar.

Causas No Asignables: Son una multitud de causas no identificadas, ya sea por falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo, cada una de las cuales ejerce un pequeño efecto en la variación total. Son inherentes al proceso mismo y no pueden ser reducidas o eliminadas a menos que se modifique el proceso.

Cuando el proceso trabaja afectado solamente por un sistema constante de variables aleatorias no controlables (Causas no asignables) se dice que está funcionando bajo Control Estadístico.

Cuando, además de las causas no asignables, aparece una o varias causas asignables, se dice que el proceso está fuera de control.

Como leer las Gráficas de control, según Kume (1985).

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

Fuera de los límites de control

Puntos que están por fuera de los límites de control.

Racha

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

Una longitud de siete puntos en una racha se considera normal.

Aun si la longitud de la racha está por debajo de 6, se consideran anormales los siguientes casos:

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

Tendencia

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

Acercamiento a los límites de control

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

Acercamiento a la línea central

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

Periodicidad

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

2.2.3 Análisis de Capacidad de proceso

Se define como el estudio de ingeniería para estimar la capacidad de proceso. De manera alternativa, la capacidad del proceso puede expresarse como un porcentaje fuera de las

especificaciones. En el estudio de capacidad del proceso por lo general se miden los parámetros funcionales del producto, no el proceso en sí. (Montgomery, 2008)

El Manual del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM) de Empresas Polar (2010) define:

Capacidad del proceso: Es la habilidad de un proceso para producir unidades dentro de las especificaciones y está determinada por su variación total, debido a causas comunes.

Índices de capacidad del proceso

Cp: Es una medida de la habilidad potencial del proceso para fabricar productos que cumplan con las especificaciones. No toma en consideración donde se localiza la media del proceso.

Un proceso es potencialmente hábil según el Manual del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM) de Empresas Polar (2010):

$C_p > 1,00$ para 6s

$C_p > 1,33$ para 8s

Cpk: Es una medida de la habilidad real del proceso para fabricar productos que cumplan con las especificaciones. Es una medida directa de que tan apartado del centro está operando el proceso. (Montgomery, 2008).

Un proceso es realmente hábil según el Manual del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM) de Empresas Polar (2010):

$C_p > 1,00$ para 6s

$C_p > 1,33$ para 8s

Cpm: Incrementa la sensibilidad a las desviaciones de la media del proceso del objetivo deseado (media de las especificaciones). (Montgomery, 2008)

2.2.4 Ejercicios Interlaboratorios

Los programas de ensayos interlaboratorios implican la distribución simultánea a los laboratorios de ensayos participantes, de sub-muestras seleccionadas al azar de una fuente de material para ser ensayadas concurrentemente. Ocasionalmente, ésta técnica también es usada para programas de mediciones interlaboratorio. Al finalizar el ensayo, los resultados son devueltos al organismo coordinador, y son comparados con el (los) valor (es) asignado (s), con el fin de dar una indicación del desempeño de los laboratorios individuales y del grupo en su conjunto. (COVENIN 2972-1:1998)

Es esencial que el lote de ítem de ensayo provisto a los participantes en cada ronda sea suficientemente homogéneo, de modo que cualquier resultado identificado posteriormente como valor extremo no sea atribuido a una variabilidad significativa de los ítems de ensayo. (COVENIN 2972-1:1998)

Algunas definiciones asociadas a los ejercicios interlaboratorios:

Ítem de ensayo: Material o dispositivo presentado al laboratorio participante a los fines del ensayo de aptitud. (COVENIN 2972-1:1998)

Método de ensayo: Procedimiento técnico especificado para realizar un ensayo. (COVENIN 2972-1:1998)

Resultado de ensayo: El valor de una característica obtenido aplicando completamente un método especificado de medición. (COVENIN 2972-1:1998)

Ensayo de aptitud (de laboratorios): Determinación del desempeño de un laboratorio en la realización de ensayos por medio de comparaciones interlaboratorios. (COVENIN 2972-1:1998)

Valor atípico: Miembro de un conjunto de valores, el cual es inconsistente con los otros miembros de dicho conjunto. (COVENIN 2972-1:1998)

Resultados extremos: Valores atípicos y otros valores los cuales son exageradamente inconsistentes con otros miembros del conjunto de datos. (COVENIN 2972-1:1998)

Organización y diseño:

Según la Norma Venezolana COVENIN 2972-1:1998:

1. **Marco de trabajo:** Se requiere la participación de un experto técnico, estadísticos y un coordinador del programa. El diseño del programa debería evitar cualquier confusión sobre sus objetivos. Se debería acordar y documentar un plan.
2. **Personal:** El personal involucrado en el programa debería tener calificaciones y experiencia adecuada en el diseño.
3. **Equipo de procesamiento de datos:** Conviene implementar procedimientos para verificar la entrada de datos y para verificar, respaldar y proteger todo el soporte lógico (software).
4. **Diseño estadístico:** Es conveniente que el modelo estadístico y las técnicas de análisis de datos a usar estén documentadas junto con una breve descripción de los antecedentes para su selección. Es esencial que el diseño estadístico de un programa de ensayos de aptitud sea apropiado.
5. **Preparación del ítem de ensayo:** Se debería considerar todas aquellas condiciones relacionadas con los ítem de ensayo que puedan afectar la integridad de la comparación interlaboratorios, tales como la homogeneidad, el muestreo, la estabilidad, el posible daño en tránsito y los efectos de las condiciones ambientales.
6. **Gestión del ítem de ensayo:** Los procedimientos para el muestreo, la aleatoriedad, el transporte, la recepción, la identificación, el etiquetado, el almacenamiento, y la manipulación de los ítems de ensayo deberían estar documentados.
7. **Elección del método y procedimiento:** En general los participantes podrán usar el método de su elección que se corresponda con los procedimientos de rutina usados en sus laboratorios.

8. **Evolución de los programas de ensayos de aptitud:** Para asegurarse que los programas de ensayos de aptitud puedan adaptarse a los desarrollos técnicos y científicos, pueden ser necesario incluir nuevos tipos de muestras o nuevos métodos o procedimientos.

Escrutinio de los resultados para consistencia y valores atípicos

A partir de los datos recolectados de un número de niveles específicos, se van a estimar la desviación estándar de repetibilidad y reproducibilidad. La presencia de laboratorios o valores individuales que parecen ser inconsistentes con los demás laboratorios o valores, pueden cambiar los estimados, y hay que tomar decisiones respecto a estos valores. (COVENIN 2972-2:1997)

Técnicas de consistencia gráfica: Se usan dos medidas llamadas estadísticos h y k de Mandel. Así como describen la variabilidad del método de medición, estos ayudan en la evaluación del laboratorio. (COVENIN 2972-2:1997)

Técnicas de consistencia numérica: Entre las cuales se encuentran Grubb, Dixon, Cochran. (COVENIN 2972-2:1997)

2.3 Antecedentes

A continuación se presentan de forma resumida algunas investigaciones que sirvieron de apoyo al desarrollo del presente trabajo, esto debido a su similitud ya sea de contenido o de metodología aplicada.

1. González,(2005) realizó un trabajo práctico titulado: “Validación retrospectiva y control estadístico de procesos en la industria farmacéutica” en la Universidad de Chile, este trabajo tiene dos objetivos generales como los son: establecer los requisitos necesarios para la realización de estudios retrospectivos de validación y establecer lineamientos para la implementación del control estadístico de procesos como herramienta de rutina de calidad; el trabajo establece como conclusiones principales: debido a que no se cumplen todos los requerimientos propuestos en el trabajo para un estudio de validación retrospectiva de procesos, no se considera como tal, sino como una buena aproximación para ella; la implementación de los controles estadísticos de procesos en forma rutinaria, contribuye a la visualización en forma inmediata de la tendencia que adopta un

determinado proceso, lo que ayuda a prever y corregir problemas en forma oportuna, evitando costos innecesarios para la empresa. La principal semejanza con el desarrollo del presente trabajo es la implantación de controles estadísticos en la rutina de trabajo; en cuanto a las diferencias, el desarrollo del presente trabajo no está enfocado a la validación de procesos.

2. López, (2004) realizó un trabajo especial titulado: “Implementación de un sistema de control estadístico de calidad en la recepción de insumos en una fábrica de golosinas”, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el mismo se plantea como objetivo principal implementar finalmente un sistema de control estadístico de calidad en la recepción de insumos. En el desarrollo de la investigación el autor llega a la siguiente conclusión; la mayor parte de procesos de recepción tenían su principal problema en el desorden del proceso operativo, además de que no existía un control sólido de los parámetros que se deben medir en la evaluación de la calidad de un insumo entrante; Tanto la investigación de referencia como en el desarrollo del presente trabajo se establecen semejanzas al aplicar herramientas básicas de calidad que permiten lograr un control de variables y la determinación de posibles causas asignables, las principales diferencias se orientan a que el trabajo de referencia se orienta al estudio de variables de calidad y en el presente trabajo al estudio de variables de proceso.
3. Olivieri, (2011) realizó un trabajo especial titulado: “Control estadístico del proceso de elaboración de botellas PET NR para bebidas carbonatadas en una empresa de envases plásticos” en la Universidad Central de Venezuela, en el mismo se plantea la necesidad de la empresa de mejorar el proceso de producción identificando las causas más relevantes que afectan la variabilidad en la línea, los defectos encontrados más frecuentes fueron marcas y tip chorreado. Entre las mejoras propuestas se encuentra la introducción de un programa de gráficos de control y ajuste de los equipos de medición. trabajo de referencia se orienta al estudio de variables de calidad y en el presente trabajo al estudio de variables de proceso.
4. Santos, y Giallongo , (2004) realizaron un trabajo especial de grado titulado “Manual de control estadístico de proceso de la línea wafer relleno de chocolate en una empresa de

alimentos”, en la Universidad Central de Venezuela; en este estudio se realizó un diagnóstico inicial del estado del proceso para las presentaciones 300, 175 y 22g, los defectos encontrados en el área del horno fueron largo de wafers y bobinas fuera de especificación. En el desarrollo del trabajo se realizaron diagrama de cajas para la evaluación del comportamiento de los datos de altura y espesor del doble cierre de las latas de wafer relleno de chocolate. Los defectos encontrados fueron analizados a través de la utilización de diagrama de Pareto.

5. Maldonado, R., (2003) realizó un trabajo especial de grado titulado “Diagnóstico y análisis de un producto cárnico enlatado (PCE) en base al peso neto”, en la Universidad Central de Venezuela, en este estudio el diagnóstico se utilizó como estrategia metodológica gerencial para enfrentar problemas de tolerancia e identificar causas de las desviaciones o defectos. En este estudio se empleó las siete herramientas de calidad (Gráfico de control, hojas de revisión, histogramas, diagramas de Pareto, diagramas de causa y efecto, gráfica de dispersión y diagramas de flujo).

MATERIALES Y MÉTODOS

El siguiente estudio fue realizado en Alimentos Polar Planta Maracay en el baño electrolítico de cobre, el análisis de las variables fue realizado en el laboratorio de la planta de tratamiento del área de grabación.

Según los objetivos planteados, el nivel de profundidad de ésta investigación es de tipo descriptivo, este tipo de investigación se orienta al análisis de cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes, según Grajales (2000), este tipo de estudio busca desarrollar una imagen o fiel representación (descripción) del fenómeno estudiado a partir de sus características, describir en este caso es sinónimo de medir. Para el caso del presente trabajo el propósito de la investigación fue que a través de una serie de mediciones se logrará predecir el comportamiento del proceso y mejorar su control en el tiempo. A través de la aplicación de encuestas y formularios se pretendió la recolección de la mayor cantidad de la información para establecer la propuesta definitiva. El estudio implica la descripción de las variables de concentración de ácido sulfúrico y sulfato de cobre y la descripción de diversos factores que influyen en su comportamiento.

Para el desarrollo sistemático de la investigación, se plantearon las siguientes actividades:

- Evaluación del comportamiento inicial del proceso de cobrizado de cilindros.
- Identificación y análisis de los diferentes factores que inciden en la variabilidad del proceso de cobrizado de cilindros.
- Proposición de las alternativas necesarias para el mejoramiento del proceso de cobrizado de cilindros.
- Establecimiento de planes de calidad para el proceso de cobrizado de cilindros.
- Evaluar las acciones correctivas propuestas al proceso de cobrizado

A continuación se detalla la metodología seguida el desarrollo del trabajo especial:

3.1 Evaluación del comportamiento inicial del proceso de cobrizado de cilindros

Para el desarrollo de esta actividad se siguieron los siguientes pasos:

3.1.1 Reconocimiento y comprensión detallada del proceso de cobrizado de cilindros.

Fueron realizadas entrevistas al personal encargado del monitoreo del baño de cobre (4 supervisores y 4 técnicos de pre-montaje), al jefe del área y al personal operario (4 operadores) para lograr el entendimiento del proceso; se realizaron revisiones de los manuales del equipo y de los instructivos de análisis entregados por el proveedor del equipo. Adicionalmente se realizaron observaciones directas del proceso, operación de los equipos y análisis de rutina para lograr una mejor comprensión del proceso.

3.1.2 Solicitud y revisión de los datos registrados de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico al personal técnico del área.

Para la evaluación inicial del proceso de cobrizado de cilindros fueron tomados 44 datos de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre en el periodo comprendido entre el 01/03/2011 hasta el 01/11/2011 (Anexo A), la frecuencia de evaluación de los baños para el momento del inicio de la investigación era de 2 veces por semana.

3.1.3 Aplicación de un gráfico de control de mediciones individuales a los datos registrados.

Los 44 datos de concentración de ácido sulfúrico y sulfato de cobre fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo, adicionalmente, al igual que en el caso del trabajo especial presentado por el autor Olivieri (2011), se utilizaron gráficos de control, para este caso en específico las cartas utilizadas fueron las de mediciones individuales mediante el empleo del software estadístico Statgraphic; mediante la aplicación de esta herramienta de control se logró evaluar el comportamiento de las concentraciones monitoreadas a lo largo del tiempo.

3.1.4 Determinación de Cp, Cpk y Cpm utilizando como especificaciones las establecidas por el proveedor.

Para la determinación del Cp, Cpk y Cpm se utilizó el software estadístico Statgraphic; como referencia de capacidad del proceso (Cp y Cpk) se tomó lo indicado por el Manual del Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM) de Empresas Polar (2010); las especificaciones técnicas del procesos establecidas por el proveedor corresponden a concentración de sulfato de cobre (200-230)g/l y concentración de ácido sulfúrico (60-70) g/l, las mismas fueron consideradas en la determinación de los índices de capacidad.

3.2 Identificación y análisis de los diferentes factores que inciden en la variabilidad del proceso de cobrizado de cilindros.

3.2.1 Observación directa de las actividades de evaluación de la concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico por cada uno de los técnicos del área y en los diferentes turnos de trabajo. Con este paso se realizó la observación directa de la metodología de ensayo empleada por cada uno de los evaluadores del baño, esto permitió establecer las posibles diferencias entre cada analista y determinar las posibles fuentes de variación en los resultados. Las variaciones detectadas fueron identificadas en la aplicación del diagrama causa y efecto.

3.2.2 Aplicación de una encuesta diagnóstica a los técnicos y supervisores del área durante los diferentes turnos de trabajo. Mediante la aplicación de la encuesta diagnóstica (Anexo B) al personal encargado del mantenimiento de las condiciones estándar del proceso de cobrizado (8 personas), fueron determinados mediante la utilización de un diagrama de Pareto, los principales factores que inciden en la variabilidad del proceso de cobrizado y en la imposibilidad de mantener las concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico dentro de las especificaciones técnicas.

La validación de la encuesta desarrollada y aplicada estuvo a cargo del tutor académico, el tutor industrial y el jefe del área de grabación de cilindros.

3.2.3 Aplicación de diagrama de causa y efecto. Tomando en cuenta la herramienta utilizada por el autor Maldonado (2003) para la identificación de posibles causas de variación, para el caso del presente trabajo a partir de los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta diagnóstica y en base a la observación del desarrollo de cada una de las actividades que involucran el mantenimiento de las variables críticas en el proceso de cobrizado, se desarrolló el diagrama de causa y efecto. Adicionalmente, al igual que en el caso evaluado por Santos y Giallongo (2004) se empleo un diagrama de pareto para el análisis por orden de prioridad de los factores identificados.

3.3 Proposición de las alternativas necesarias para el mejoramiento del proceso de cobrizado de cilindros. Luego de la identificación de los factores que influyen directamente en la variabilidad del proceso de cobrizado de cilindros fueron propuestas una serie de alternativas

de mejoramiento asociadas a los factores de maquinaria, materiales, medio ambiente, método y mano de obra, esto con la finalidad de lograr el mejoramiento en el control estadístico del proceso. En estas propuestas se aprovechó la utilización del sistema operativo de registro y almacenamiento de información utilizado por la organización SAP ERP, se consideró la utilización de ejercicios intralaboratorio, aplicación de planes de adiestramiento, modificación de procedimientos y modificación de frecuencia de evaluación de las variables en estudio.

3.4 Establecimiento de planes de calidad para el proceso de cobrizado de cilindros

En este punto se establecieron los planes de calidad referidos al monitoreo de las variables de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico considerando el objetivo de control, método de evaluación, especificaciones, muestreo (tipo, tamaño y frecuencia), los registros generados, las acciones correctivas y preventivas a tomar en cuenta y el responsable de la realización de la actividad, esto con el propósito de establecer el cumplimiento de los requisitos para el control de la calidad de los cilindros cobrizados para el proceso de impresión de empaques flexibles en condiciones normales de fabricación. Adicionalmente los planes de calidad fueron montados en el sistema operativo SAP ERP.

3.5 Evaluación de las acciones correctivas propuestas al proceso de cobrizado

Luego de la aplicación de las alternativas planteadas, se procedió a la recolección y análisis de 48 datos de concentración de ácido sulfúrico y sulfato de cobre recolectados en el periodo del 09/01/2012 hasta el 25/02/2012 con una frecuencia de evaluación diaria (Anexo D), los mismos fueron sometidos al igual que la actividad 3.1 a los respectivos análisis estadísticos: análisis con carta de control para variables individuales, determinación del Cp, Cpk y Cpm, todo esto con la finalidad de evaluar la influencia de las alternativas aplicadas en el comportamiento de las variables estudiadas. De igual manera se utilizó el software estadístico Statgraphic para el procesamiento de los datos.

En el área de calidad el personal analista al detectar una falla en el proceso de elaboración de un empaque flexible, genera un aviso de calidad a través del sistema SAP ERP, en este aviso se identifica la falla, las cantidades involucradas, el responsable de la actividad y las medidas a seguir para el control de la falla, la generación de este aviso es notificada a los responsables y al

jefe del área para que sea tratado y cerrado luego de la corrección de la desviación, estos avisos funcionan como indicador del número de fallas encontradas y pueden ser clasificados por área, por tipo de proceso, por responsable, entre otros. En el lapso de 01/07/2011 hasta el 01/11/2011, periodo comprendido dentro del establecido para la recolección de la data de concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico para la evaluación inicial del proceso, se recopilieron los avisos de calidad generados al presentarse fallas en el proceso de impresión en rotograbado, posteriormente se realizó un promedio entre estos meses para establecer cantidad promedio mensual de avisos generados antes de la aplicación de las mejoras, para la determinación del promedio mensual posterior a las mejoras, se recolectó la data desde el 09/01/2012 hasta el 30/04/2012 y se realizó comparación antes y después de la aplicación de las mejoras, todo esto para evaluar la repercusión en la calidad de los cilindros cobrizados luego de la aplicación de las alternativas propuestas. Adicionalmente se realizó el análisis del indicador de reproceso de cilindros del área de grabación, los periodos de evaluación antes y después corresponden a los tomados para la evaluación de los avisos de calidad generados por fallas de impresión.

Para el desarrollo del presente trabajo especial y según la metodología establecida se utilizaron los siguientes materiales:

- Formularios de encuestas
- Entrevistas con el personal encargado de monitorear el comportamiento del baño electrolítico de cobre.
- Herramientas estadísticas:
 - Grafico de control para variables individuales, diagrama causa y efecto, diagrama de Pareto, histogramas, diagramas de caja
- Software estadístico Statgraphics Plus 5.1
- Software de Gestión Empresarial SAP ERP
- Instrucciones de trabajo ya establecidos en el área, como lo son:
 - Determinación de la concentración de ácido sulfúrico en el electrolito de cobre.
 - Determinación de la concentración de sulfato de cobre en el electrolito de cobre.
- Reactivos y material de laboratorio
- Referencias bibliográficas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos luego del desarrollo de cada uno de los objetivos planteados.

4.1 Evaluación del comportamiento inicial del proceso de cobrizado de cilindros

En la evaluación del comportamiento del proceso de cobrizado, se observa en la figura 8 para la variable de concentración de sulfato de cobre que los puntos 7 y 10 están fuera de los límites de control estimados a partir de los 44 datos, adicionalmente entre los puntos 7 y 14 se observan 1 tanda de 8 puntos. Para el caso de la figura 9 se observa que el punto 6 se encuentra por encima del límite superior, esto debido a que la carta de rango móvil reacciona ante la tanda presentada en la carta de mediciones individuales, en base a esto se puede afirmar que el proceso se encuentra fuera de control estadístico con respecto a la variable de concentración de sulfato de cobre.

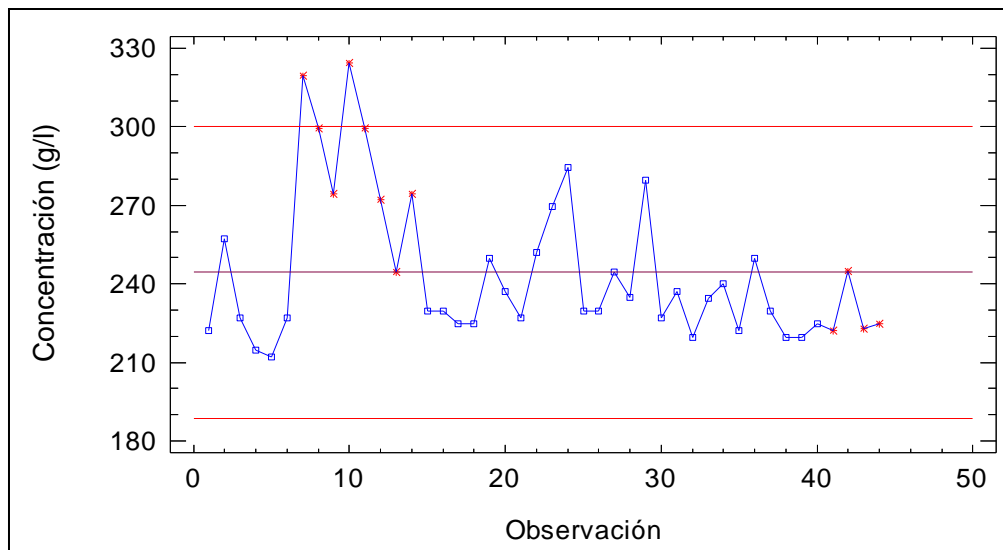


Figura 8. Carta de control de las mediciones individuales en la evaluación inicial del comportamiento de la concentración de sulfato de cobre

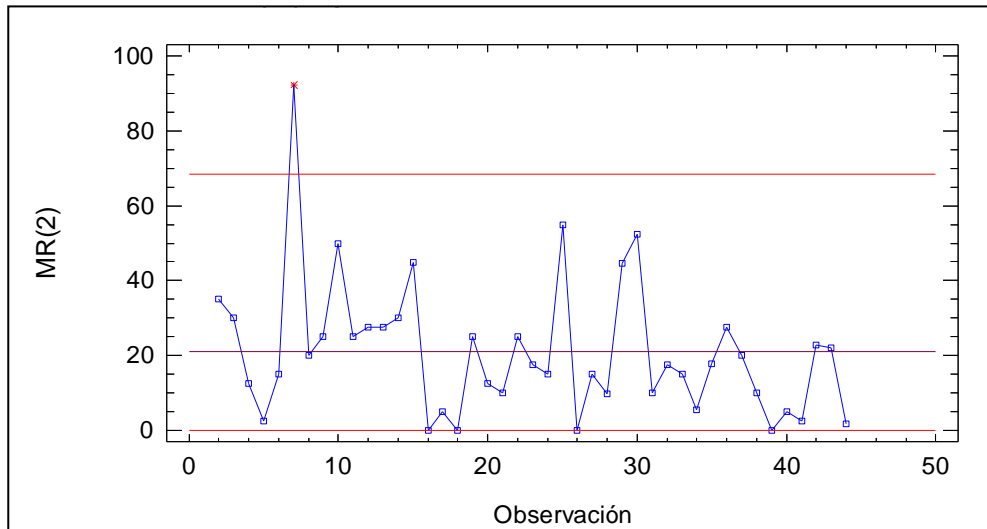


Figura 9. Carta de rango móvil para la evaluación inicial del comportamiento de la concentración de sulfato de cobre

Cuadro 3. Determinación de la capacidad inicial del proceso para la concentración de sulfato de cobre

Especificaciones técnicas (g/l)		Límites de control (g/l)	Rango móvil	Cp	Cpk	Cpm	% de datos observados fuera de especificación
Superior	230	329,19	68,42	0,2694	-0,2591	0,1218	50,0000 %
Media	215	244,43	20,93				
Inferior	200	159,66	0				

Los valores de los índices de capacidad obtenidos se muestran en la cuadro 3. El valor de Cp de 0,2694 para los datos evaluados, indica que el proceso no es potencialmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas de concentración establecidas entre 200 y 230 g/l; para Cpk el valor obtenido de -0,2591 permite afirmar que el proceso no es realmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas, el mismo está descentrado con respecto a las especificaciones, la media se encuentra por encima del límite superior de la especificación; para el valor Cpm de 0,1218 indica que el proceso no es capaz de alcanzar y permanecer en el valor medio, esto debido a la alta variabilidad presente en el conjunto de datos. En la figura 10 se observa el comportamiento mostrado por los índices de capacidad, a través de este análisis se estimó la proporción de la población de la que proceden los datos que quedan fuera de los límites de

especificación. En este caso el 50% de la distribución ajustada a una distribución normal se encuentra fuera de los límites de especificación.

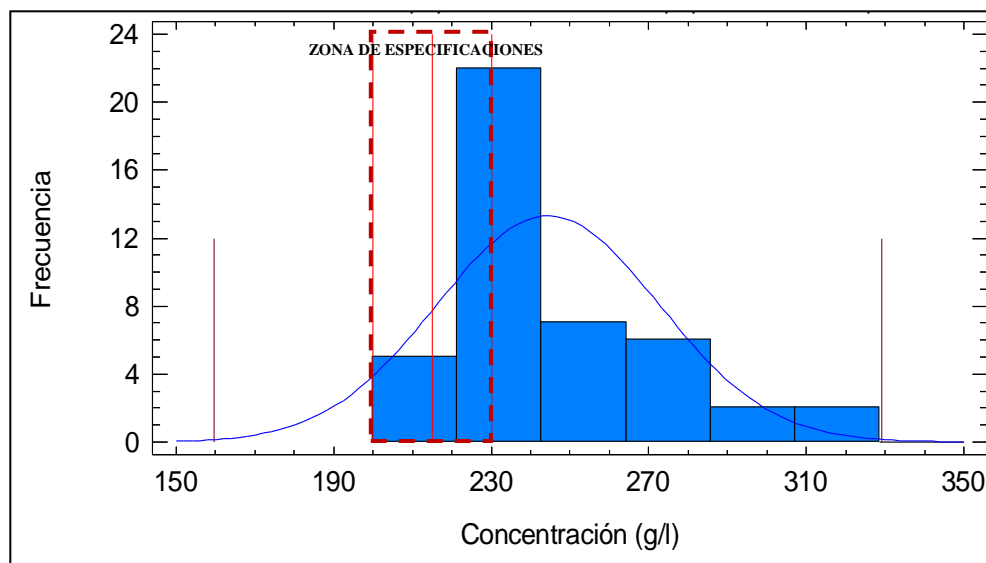


Figura 10. Evaluación de la capacidad inicial de proceso de la concentración de sulfato de cobre

CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO

Se observa en la figura 11 para la variable de concentración de ácido sulfúrico que el punto 7 está fuera de los límites de control estimados a partir de los 44 datos. Para el caso de la figura 12 se observa que el punto 6 se encuentra por encima del límite superior, esto debido a que la carta de rango móvil reacciona ante el punto que se encuentra fuera del límite superior presentado en la carta de mediciones individuales, en base a esto se puede afirmar que el proceso se encuentra fuera de control estadístico con respecto a la variable de concentración de ácido sulfúrico.

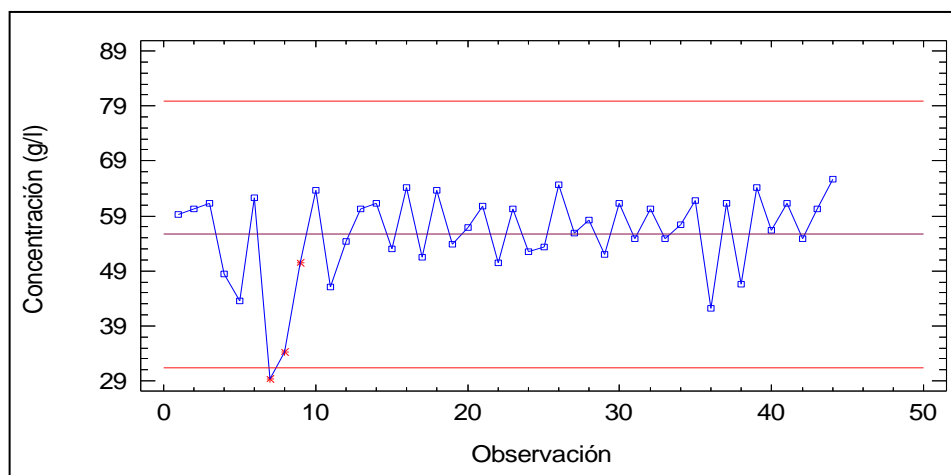


Figura 11. Carta de control de las mediciones individuales en la evaluación inicial del comportamiento de la concentración de ácido sulfúrico

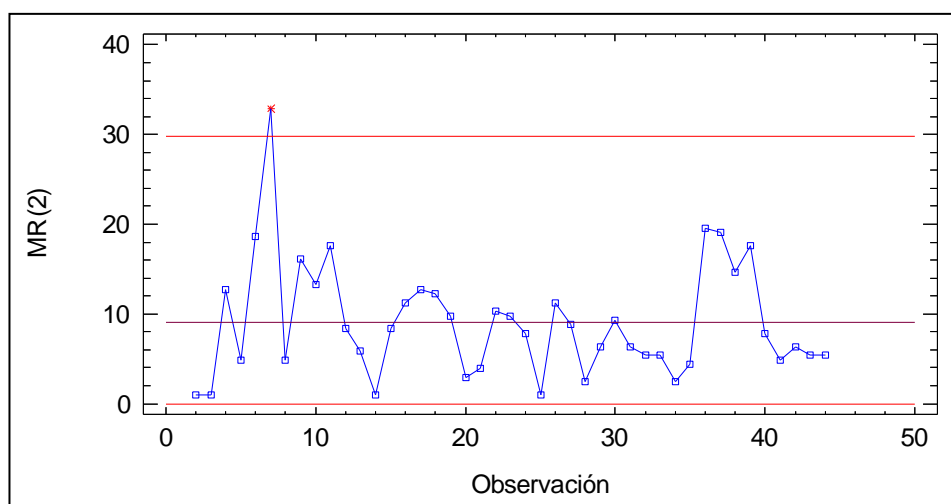


Figura 12. Carta de rango móvil para la evaluación inicial del comportamiento de la concentración de ácido sulfúrico

Cuadro 4. Determinación de la capacidad inicial del proceso para la concentración de ácido sulfúrico

Especificaciones técnicas g/l		Límites de control (g/l)	Rango móvil	Cp	Cpk	Cpm	% de datos fuera de especificación
Superior	70	79,28	68,42	0,2065	-0,1792	0,1355	56,8182
Media	65	55,66	20,93				
Inferior	60	32,04	0				

Los valores de los índices de capacidad obtenidos se muestran en la cuadro4. El cálculo de C_p de 0,2065 para los datos evaluados indica que el proceso no es potencialmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas de concentración establecidas entre 60 y 70 g/l; para C_{pk} el valor obtenido de -0,1792 este permite afirmar que el proceso no es realmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas, el mismo está descentrado con respecto a las especificaciones, la media se encuentra por debajo del límite inferior de la especificación; para el valor C_{pm} de 0,1355 indica que el proceso no es capaz de alcanzar y permanecer en el valor medio, esto debido a la alta variabilidad presente en el conjunto de datos. En la figura 13 se observa el comportamiento mostrado por los índices de capacidad, a través de este análisis se estimó la proporción de la población de la que proceden los datos que quedan fuera de los límites de especificación. En este caso el 56,8182% de la distribución ajustada a una distribución normal se encuentra fuera de los límites de especificación.

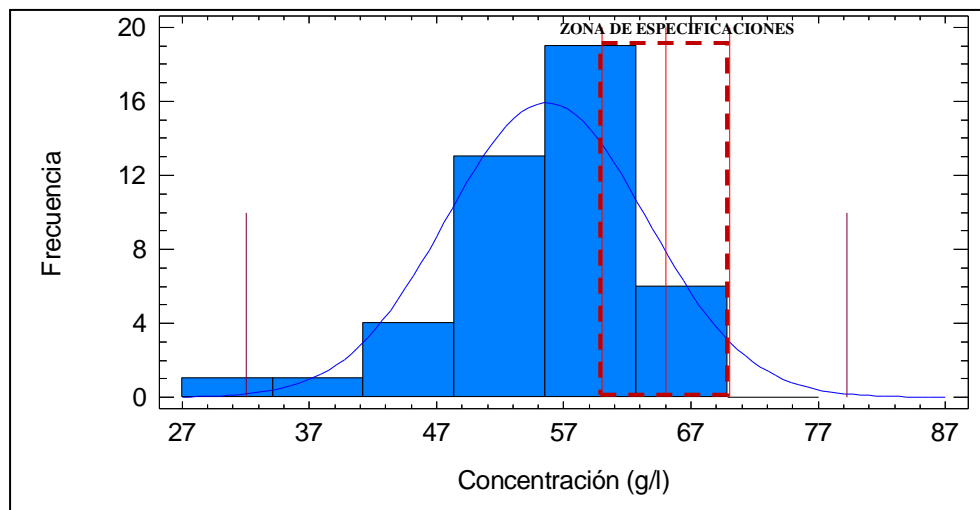


Figura 13. Evaluación de la capacidad inicial de proceso de la concentración de sulfato de cobre

4.2 Identificación y análisis de los diferentes factores que inciden en la variabilidad del proceso de cobrizado de cilindros

Luego de la aplicación de la encuesta diagnóstica se obtuvieron los siguientes resultados:

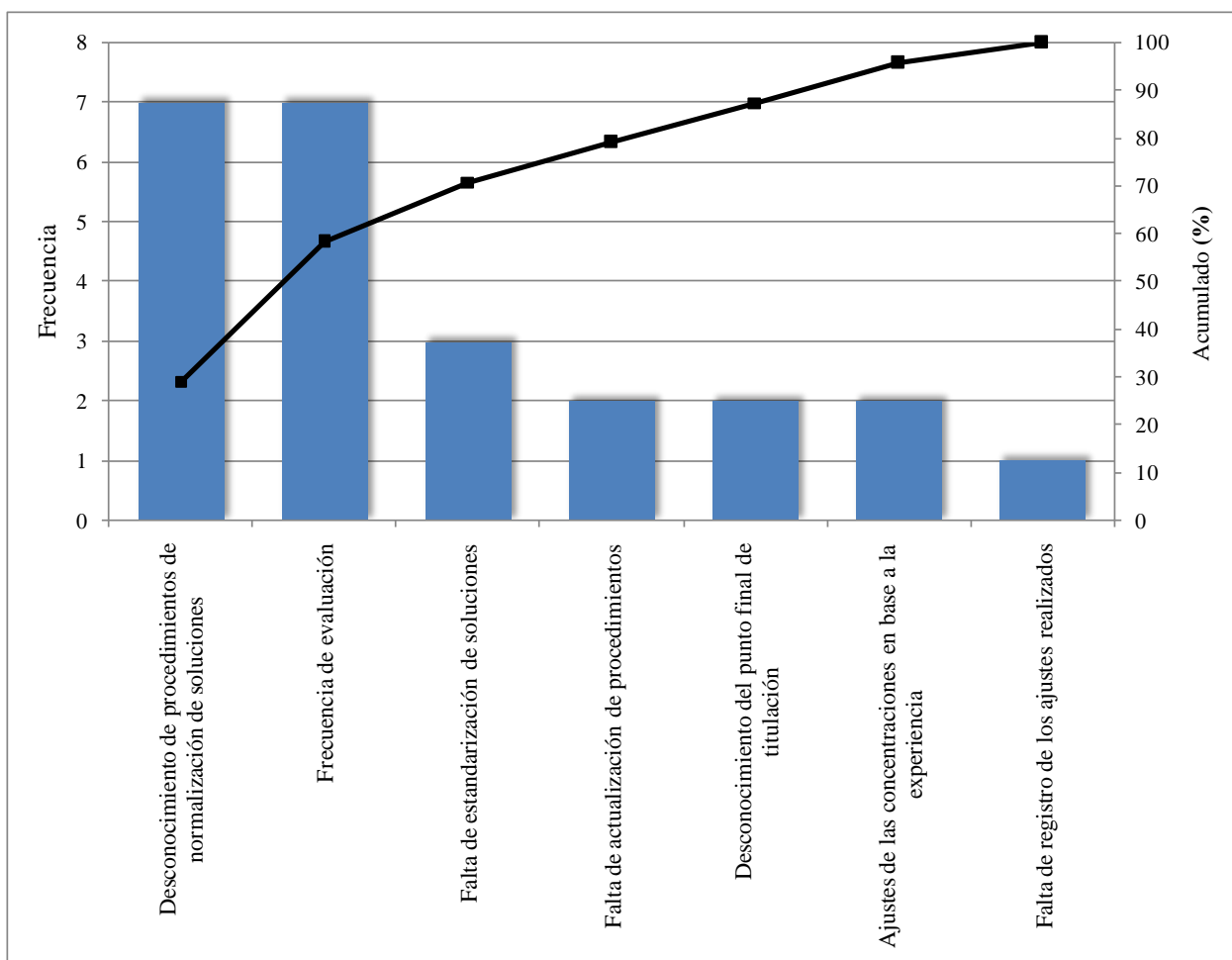


Figura 14. Factores asociados a la variabilidad de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre en el proceso de cobrizado de cilindros

Se puede observar de acuerdo a la figura 14, que los factores con mayor peso en la variabilidad del proceso son el desconocimiento de procedimientos de normalización de soluciones y una escasa frecuencia en la evaluación de las concentraciones del electrolito de cobre; en cuanto al primer factor pese a que el personal entrevistado señaló no conocer los procedimientos de estandarización, es importante destacar que de igual manera no realizan la preparación de las soluciones requeridas en los ensayos de evaluación, tal actividad recae directamente en un solo trabajador del área, lo que elimina el factor de variación debido a la mano de obra en la preparación de soluciones; sin embargo, para el caso de la frecuencia, se detectó que las evaluaciones del baño son realizadas dos veces por semana durante los días martes y jueves, sin considerar la cantidad de cilindros que sean sometidos al proceso de cobrizado, tal situación

incide directamente en la disminución de la concentración de ácido sulfúrico y el aumento de la concentración de sulfato de cobre sin ajuste alguno.

Es importante destacar las siguientes observaciones detectadas en la aplicación de la encuesta:

- El 75 % consideró necesaria la modificación de la frecuencia de evaluación de las concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, ya que al momento de aplicar la encuesta la frecuencia establecida era de 2 veces por semana.
- Para la determinación del pH adecuado en la evaluación de la concentración de sulfato de cobre, el 33,33% lo realiza mediante apreciación del color y el 66,66% utiliza el pHmetro; este punto es de suma importancia para la actividad, ya que de no alcanzarse el pH adecuado, no se aprecia el cambio de color al alcanzar el punto final.
- El 100% indica conocer los procedimientos utilizados en el desarrollo de los ensayos de laboratorio y ajustes requeridos por el electrolito de cobre.
- El 100% indica conocer la importancia de realizar los ensayos en un ambiente de temperatura y humedad relativa controlados.
- El 100% considera que el mantenimiento de las variables dentro de control, contribuirá con la obtención de cilindros de buena calidad; la desviación de las mismas originará los siguientes defectos en los cilindros: Porosidad en cilindros (encontrados al momento de pulir), variación de dureza, cristalización del cobre, desprendimiento de capa.

A partir de los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta diagnóstica y en base a la observación del desarrollo de cada una de las actividades que involucran el mantenimiento de las variables críticas en el proceso de cobrizado, se desarrolló el diagrama de causa y efecto ilustrado en la figura 15.

Factor maquinaria

Las cantidades de cilindros que son sometidos al proceso de cobrizado son variables y depende del volumen de producción de la planta y los requerimientos realizados por el área de impresión, al someter un cilindro al proceso de cobrizado la concentración de ácido sulfúrico disminuye y la de sulfato de cobre aumenta, el hecho de sumergir el cilindro en el electrolito de cobre y posteriormente retirarlo hace que el nivel del electrolito vaya en disminución, hasta el punto de

que requiera la adición de agua para permitir la cobertura por la solución de todo el cilindro a cobrizar, al agregar agua son afectadas las concentraciones de las variables críticas, es práctica del operador no notificar cuando se realiza esta actividad, y tal situación es detectada cuando se realiza el análisis de rutina considerando que bajo estas condiciones ya han sido cobrizados varios cilindros.

Materiales

Al inspeccionar el laboratorio y realizar los ensayos de determinación de concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, se observa que los reactivos no son identificados adecuadamente, se carece información de fecha de preparación, concentración, nombre del reactivo, riesgos asociados.

Durante el desarrollo de la rutina de análisis se observa que al requerir realizar alguna consulta referente al procedimiento de ensayo, se utilizan diferentes documentos: manual del proveedor de la maquina cobrizadora, procedimientos controlados por la Gestión de Documentos de planta, experiencia de otro analista, procedimiento ubicado en carpetas, apuntes, entre otros; señalan que debe existir unificación de toda la información y un fácil acceso a la misma.

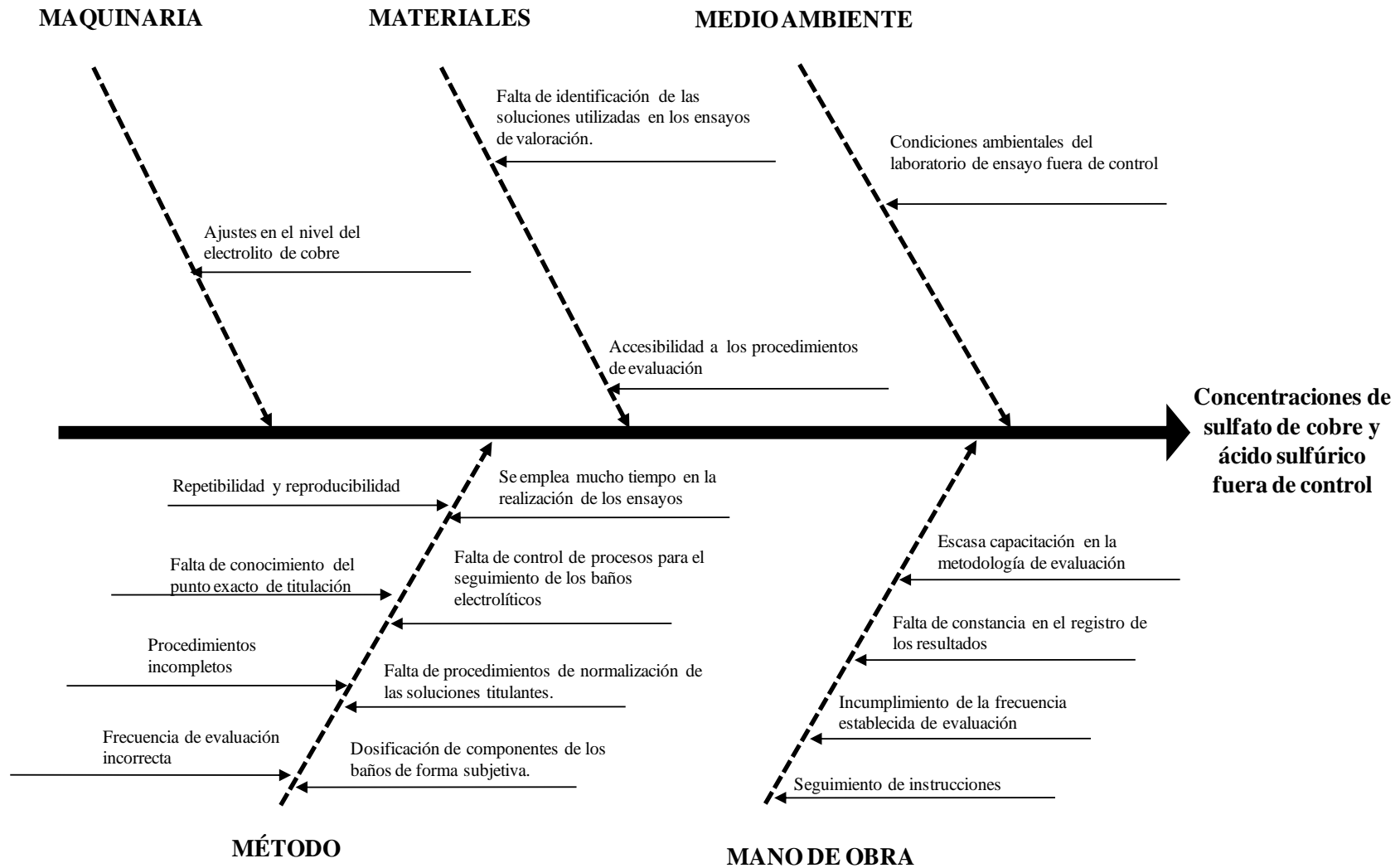


Figura 15. Diagrama causa y efecto correspondiente al monitoreo de las concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico en el proceso de cobrizado de cilindros

Medio ambiente

En el área de realización de ensayos se dispone de un termohigrómetro para monitorear la temperatura y la humedad relativa, pese a esto este control no se lleva, se observa que en ocasiones la puerta del laboratorio permanece abierta por lo que la temperatura sobrepasa los 25°C, estas variaciones pueden incidir en los valores obtenidos en los análisis.

Método

La responsabilidad del seguimiento de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre es de los supervisores del área y los técnicos de pre - montaje, sin embargo, se observa que la responsabilidad ha sido dejada en manos de los técnicos quienes poseen una rutina de trabajo muy dinámica; el área de grabación acordó en una oportunidad realizar los ensayos todos los martes y jueves, si las concentraciones salen de control, esto no será detectado hasta el próximo ensayo, cabe destacar que en ocasiones debido a la misma dinámica de trabajo, el técnico no tiene el tiempo necesario para realizar el ensayo, por lo que en muchas oportunidades el electrolito es evaluado solo una vez a la semana y en ocasiones no es evaluado durante toda la semana, todo esto incide fuertemente en el mantenimiento dentro de control de las concentraciones de las variables críticas.

Al evaluar los procedimientos existentes los mismos no detallan los pasos que deben seguirse para el ajuste del electrolito cuando las concentraciones se encuentran fuera de control, tampoco se observan procedimientos de estandarización de las soluciones a preparar para realizar los ensayos.

Se detecta a través de la aplicación de la encuesta diagnóstica y de la observación directa, que el personal posee criterios diferentes para definir cuando se ha alcanzado el punto final en las titulaciones, se puede observar que desconocen la importancia de no agregar una gota adicional de solución titulante ya que esto afecta los valores finales obtenidos, desconocen la importancia de realizar un buen ajuste del pH de la muestra para determinar la concentración de sulfato de cobre, lo que repercute en la fácil apreciación del punto final de la titulación.

Se pudo observar en algunos casos, que el evaluador no repite el ensayo para confirmación de resultados, no existen programas de repetibilidad y reproducibilidad que permitan evaluar la confiabilidad de los resultados obtenidos por los diferentes técnicos del área.

En conversaciones realizadas, algunos técnicos alegaron que la realización de los ensayos en ocasiones les quita aproximadamente 4 horas de sus actividades, esto depende directamente de la destreza del técnico para realizar la actividad, se observó el desempeño de todos los técnicos y se evidenció que en muchos casos la evaluación solo requiere un máximo de media hora.

Se observa que aunque se realizan los registros de las evaluaciones realizadas, no hay un seguimiento del comportamiento de las variables, no existen registros de ajustes, observaciones que indiquen acciones tomadas cuando las mismas salen de control, informes de análisis del control estadístico del proceso.

Cuando el electrolito requiere ajustes para la concentración, el personal no realiza cálculos que permitan determinar la cantidad exacta de adición de reactivos o agua, predomina la intuición y la experiencia para el desarrollo de la actividad, además esto no se encuentra en ningún procedimiento.

Mano de obra

Se evidencia la poca capacitación del personal en procedimientos de titulación, importancia de control de proceso, procedimientos de preparación de soluciones así como su estandarización, repercusión del control de las variables críticas del proceso de cobrizado en la calidad de los cilindros producidos en el área.

Al revisar el instrumento para el registro de las evaluaciones, se observa algunas fechas en donde no se realizaron los análisis correspondientes, se observan resultados fuera de control sin mención de algún tipo de acción correctiva, comentarios de ajuste sin especificar cantidad adicionada o retirada del baño electrolítico.

A pesar de que se tiene establecido una frecuencia en los ensayos de dos veces a la semana (martes y jueves), en algunas ocasiones esto no se cumple, por lo que se evidencia falta de seguimiento a lo establecido en los acuerdos del departamento para poder lograr un control de las variables críticas.

4.3 Proposición de las alternativas necesarias para el mejoramiento del proceso de cobrizado de cilindros

En la cuadro 5 se puede observar la asociación de la alternativa propuesta con el factor de variación determinado en el diagrama causa y efecto.

Cuadro 5. Cuadro asociativo del factor de variabilidad y la alternativa aplicada

Factor	Alternativas
Maquinarias	<ul style="list-style-type: none">• Actualización y ubicación de Procedimientos
Materiales	<ul style="list-style-type: none">• Identificar soluciones• Ubicación de procedimientos
Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none">• Plan para el registro de la información SAP
Método	<ul style="list-style-type: none">• Ejercicios Intralaboratorio• Actualización de procedimientos y ubicación
Mano de Obra	<ul style="list-style-type: none">• Adiestramientos• Concientización a través de la muestra de los resultados de prueba piloto.

Maquinarias

- **ACTUALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS**

Luego de la consulta de los manuales del proveedor del equipo de cobrizado y la revisión de la metodología de evaluación empleada por los responsables del área, se procedió a la actualización de los procedimientos de determinación de la concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, para facilitar el entendimiento y el seguimiento del paso a paso fueron incluidas fotografías, estos procedimientos se detallan en las figuras 16 y 17. Es importante resaltar que se realizó un cambio en la frecuencia de evaluación, anteriormente dos veces por semana y luego de la implementación de las alternativas se cambió a una evaluación diaria.

Adicionalmente se utilizó un diagrama de flujo para el seguimiento de la actividad.

El punto de actualización de documentos contribuye con el mejoramiento de los factores materiales y métodos.



Figura 16. Flujograma para la determinación de la concentración de ácido sulfúrico



Figura 17. Flujograma para la determinación de la concentración de sulfato de cobre

Luego de actualizados los procedimientos de evaluación de las dos variables en estudio, los documentos fueron sometidos al flujo de aprobación establecido en la organización para el control de documentos, posterior a su aprobación los mismos fueron ubicados en el portal de la organización donde se encuentran todos los documentos controlados y los mismos pueden ser consultados por cualquier trabajador del área, la ubicación de los documentos se muestra en la figura 18.

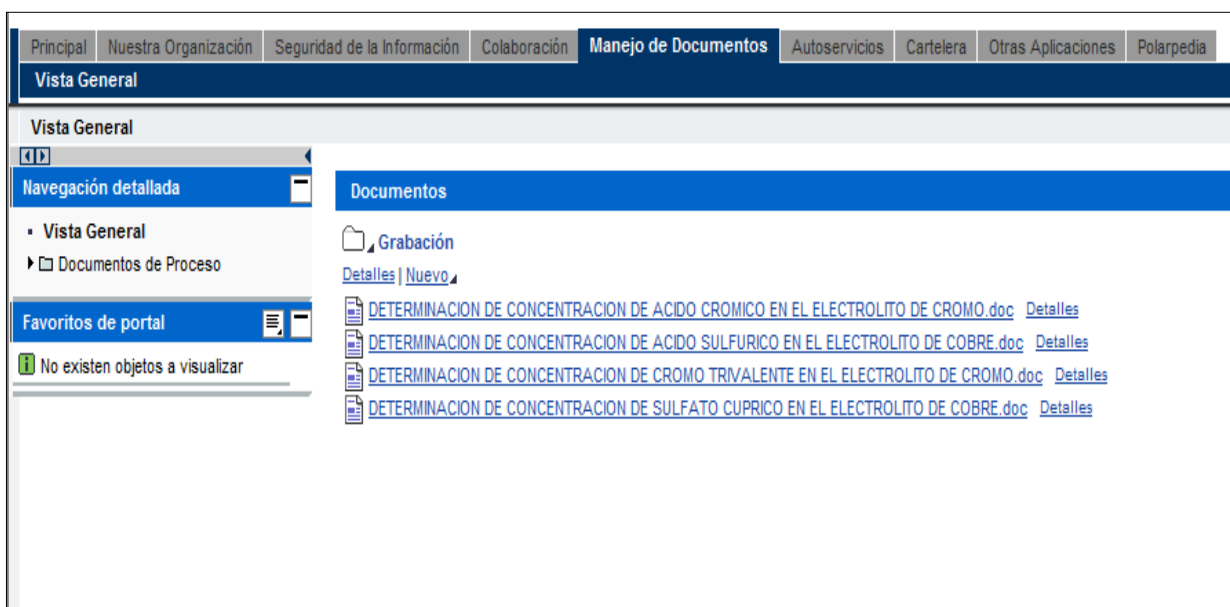


Figura 18. Ubicación de los procedimientos de determinación de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico dentro de la organización

Materiales

• IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES

Las soluciones preparadas en el área de grabación para la evaluación de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre antes del inicio del trabajo especial no eran identificadas, lo que traía como consecuencia la confusión del analista, el desconocimiento de: la fecha de la preparación, la concentración de la solución, el responsable de la preparación; sin esta información es probable que dependiendo de las características de los reactivos utilizados a largo plazo los mismos puedan perder propiedades que inciden directamente en los resultados obtenidos.

Debido a lo antes expuesto se establece el formato de etiqueta mostrado en la figura 19, esto permite un mejor seguimiento en cuanto a los requerimientos de renovación de las soluciones utilizadas.

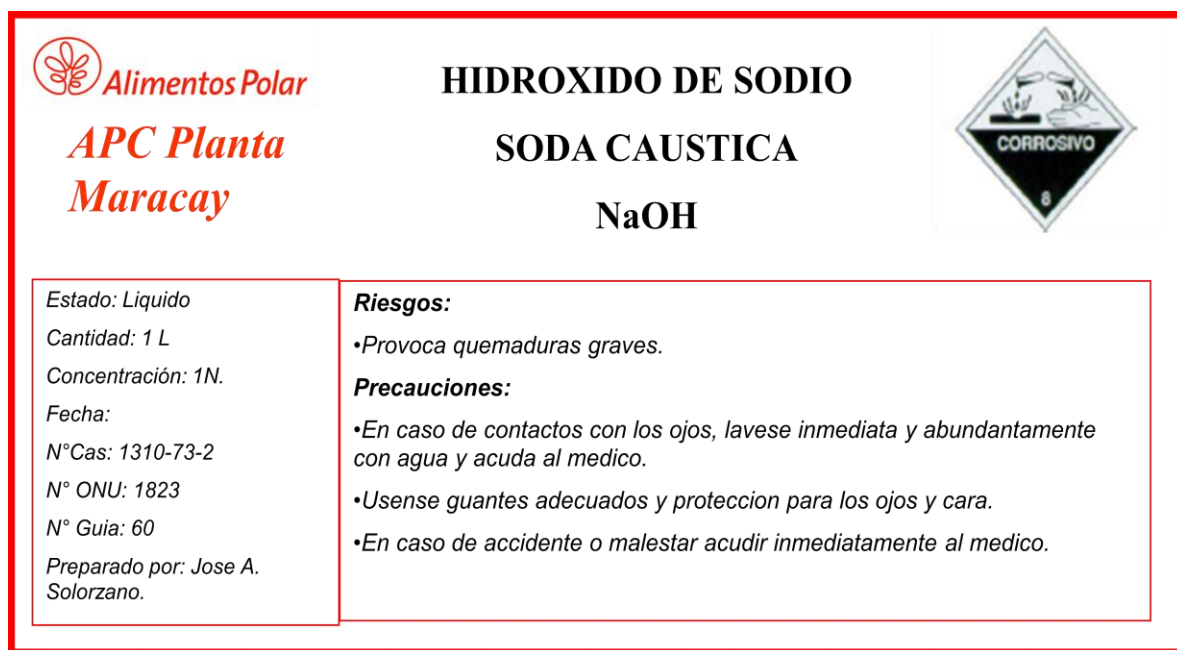


Figura 19. Etiqueta para la identificación de soluciones en el laboratorio de agua

Medio ambiente

• PLAN DE REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

La empresa en estudio utiliza el sistema operativo SAP ERP para el control de inventarios, planificación de producción, registro de información del servicio médico y seguridad industrial, registros de lotes de inspección del área de calidad, planificación de la calidad, en base a esto y aprovechando las ventajas que este sistema ofrece en cuanto al resguardo y análisis de la información, se estableció un plan de registros de los datos de temperatura y humedad relativa del laboratorio donde se realizan los ensayos de determinación de concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre, esto para garantizar el registro de la información con una frecuencia diaria y que los ensayos se realicen en un ambiente controlado. Cuando las condiciones del laboratorio se encuentran fuera de control el sistema arroja un aviso para la solicitud de la revisión del aire

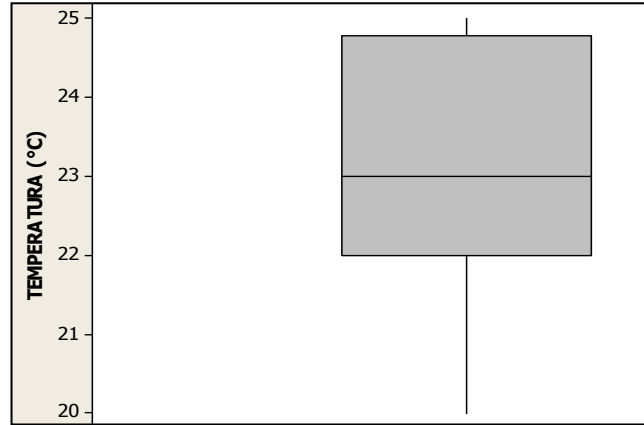


Figura 22. Gráfico de caja y bigotes para la temperatura del laboratorio de aguas

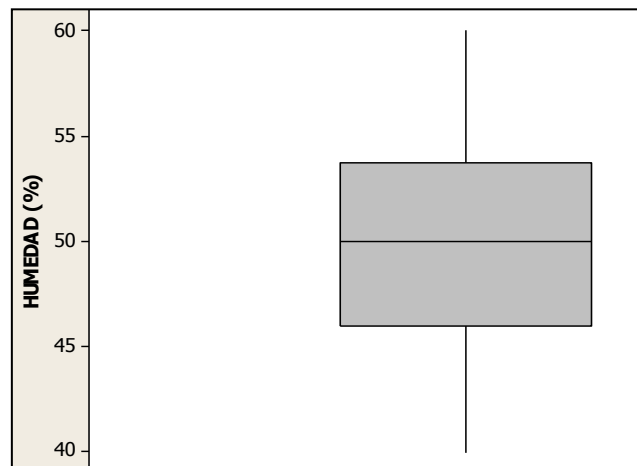


Figura 23. Gráfico de caja y bigotes para la humedad del laboratorio de aguas

En la figura 21, se observa la evidencia de algunos registros de la información de las condiciones ambientales del laboratorio por parte de los responsables de la evaluación de las variables de concentración. La implantación de este monitoreo se realizó desde el 26/12/2011 hasta el 25/02/2012, 12 días antes del registro de los resultados de concentración aplicando las propuestas de mejora, esto para garantizar el adiestramiento en cuanto al registro de la información. Mediante el empleo de diagramas de caja, utilizados también por los autores Santos y Giallongo (2004), se observa en las figuras 22 y 23 que ambas variables permanecen dentro de lo

establecido en el plan de registro, temperatura (19-25)°C y humedad por debajo de 80%, de este modo se garantiza que la variación de las mismas no influye en los resultados obtenidos de concentración de ácido sulfúrico y sulfato de cobre.

Método

• EJERCICIO INTRALABORATORIO

El ejercicio de intralaboratorio contó con la participación de 4 analistas del área de grabación, fue preparada una muestra única tomada del baño del electrolito de cobre, esto para mantener la condición de concentración de la solución para todos los participantes, de esta solución matriz cada participante tomó una cantidad para realizar sus ensayos, teniendo en consideración la forma de la toma de la muestra para así evitar la contaminación de la misma y por ende la alteración de los resultados del resto del equipo. Se hizo entrega a los participantes de los formatos necesarios para la recopilación de la información.

Todos los datos fueron obtenidos en el laboratorio de aguas de Planta Maracay a condiciones ambientales controladas (Anexo C).

Escrutinio de los resultados para consistencia y valores atípicos

Técnica de consistencia gráfica

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizaron los estadísticos h y k de Mandel, los cuales permiten evaluar la consistencia de los resultados entre participantes, el estadístico h permite evaluar el comportamiento entre laboratorios o participantes, el estadístico k permite establecer conclusiones acerca de la variabilidad entre los resultados obtenidos por cada participante. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

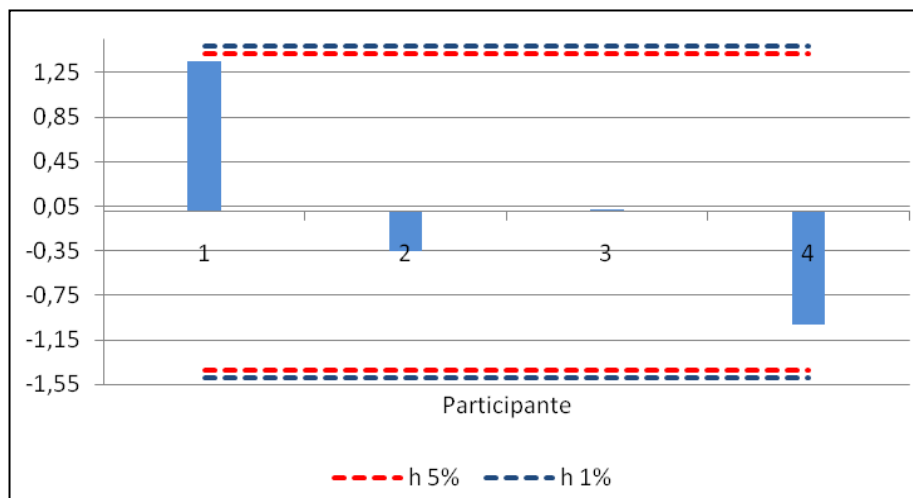


Figura 24. Estadístico h de Mandel para la concentración de sulfato de cobre

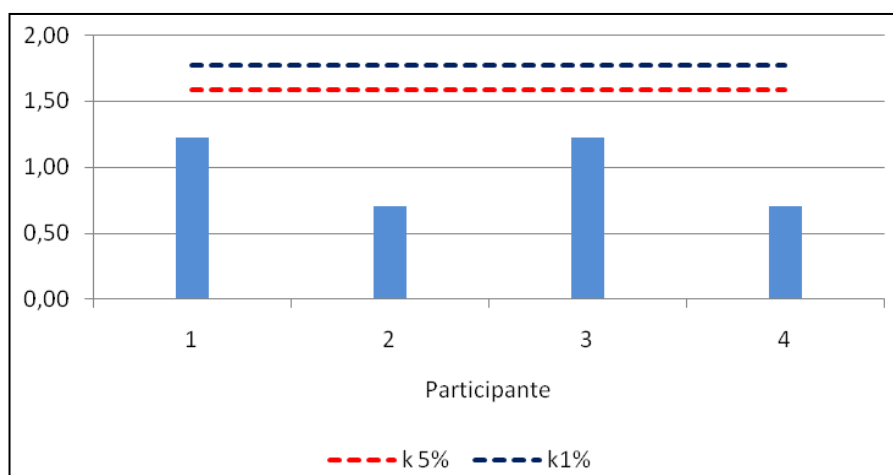


Figura 25. Estadístico k de Mandel para la concentración de sulfato de cobre

En la figura 24 se evidencia que el analista 4 presenta la menor media con respecto al conjunto de participantes, el analista 1 presenta la mayor media con respecto al resto del grupo evaluado. El número de analistas con valores positivos es igual al número con valores negativos, este patrón de comportamiento no requiere investigación.

En la figura 25 se puede observar que los analistas 2 y 4 presentan menor variabilidad en sus resultados con respecto a los analistas 1 y 3, sin embargo permanecen dentro de los valores críticos tabulados en la norma, por lo que no se descarta ningún resultado.

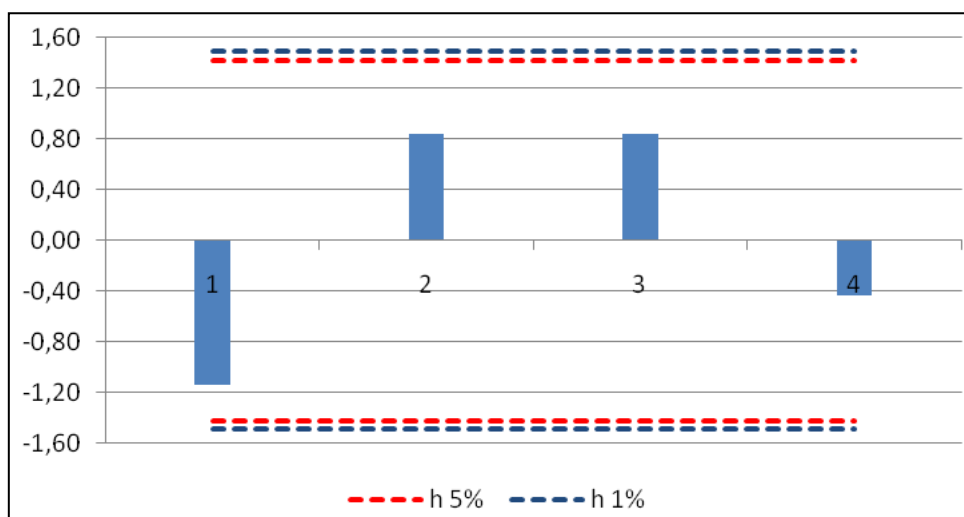


Figura 26. Estadístico h de Mandel para la concentración de ácido sulfúrico

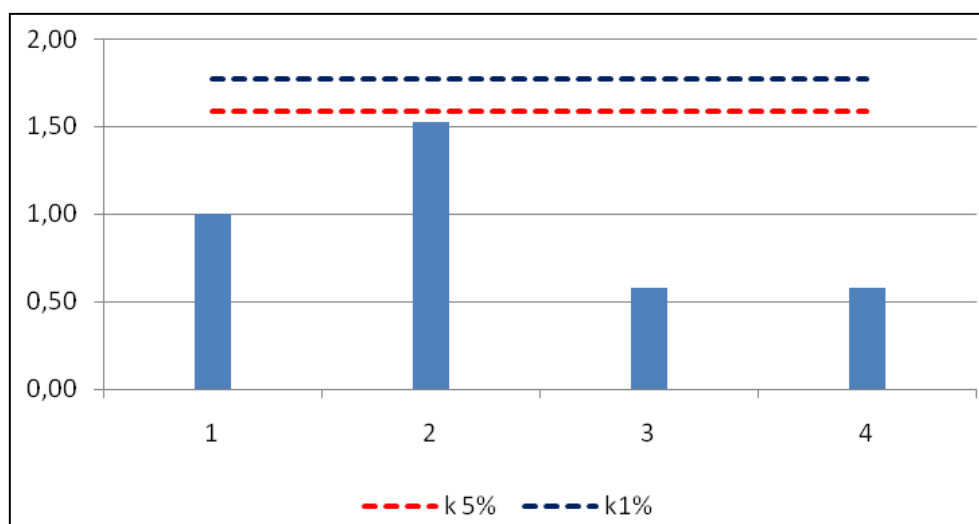


Figura 27. Estadístico k de Mandel para la concentración de ácido sulfúrico

En la figura 26 se observa que el analista 1 presenta la menor media con respecto al conjunto de participantes, los analistas 2 y 3 presentan medias similares. El número de analistas con valores

positivos es igual al número con valores negativos, este patrón de comportamiento no requiere investigación.

En la figura 27 puede notarse que el analista 2 presenta mayor variabilidad en sus resultados con respecto al resto de los participantes, sin embargo permanece dentro de los valores críticos tabulados en la norma.

Técnica de consistencia numérica

Las pruebas utilizadas para la evaluación de la consistencia de los resultados obtenidos fueron las siguientes: Cochran, aplicada primero para la evaluación de la variabilidad de los resultados obtenidos al realizar las tres réplicas por cada uno de los participantes (repetibilidad); Dixon para la evaluación de la variabilidad de los resultados obtenidos entre todos los participantes (reproducibilidad). Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Resultados de la evaluación de la consistencia numérica de los resultados

Ensayo		Cochran	Dixon		Estátus
			Décima de la media menor	Décima de la media mayor	
Concentración de sulfato de Cobre		0,375	0,280	0,564	Aceptado
Concentración de ácido sulfúrico		0,583	0,308	0	Aceptado
<i>Valores Críticos</i>	<i>1%</i>	0,864	0,926		
	<i>5%</i>	0,768	0,829		

Cuadro 7. Resultados de la evaluación de R&R

Ensayo	Participantes descartados	Media	Varianza de Repetibilidad	Varianza de Reproducibilidad
Concentración de sulfato de Cobre	0	239,34	4,1458	129,3193
Concentración de ácido sulfúrico	0	55,62	0,24	1,31

Con los resultados obtenidos se observa que el grupo de analistas evaluado presenta valores aceptables de repetibilidad y reproducibilidad con un 95 % de confianza.

Mano de Obra

- **ADIESTRAMIENTOS**

Antes de comenzar con la implantación de las diferentes alternativas para establecer un programa de control estadístico de procesos para las variables de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, fue necesario realizar un proceso de adiestramiento al personal encargado del control de estas variables para facilitar la comprensión de las propuestas y lograr la colaboración de todo el equipo involucrado.

Luego de aplicadas todas las mejoras se procedió a realizar la difusión de los resultados obtenidos para compartir con el equipo los logros alcanzados. En el cuadro 8 se muestra el plan de adiestramiento establecido en el área según los temas requeridos.

Cuadro 8. Plan de adiestramiento para el personal encargado del control de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre

Tema 1					
GRUPOS DE TRABAJO	Semana 5-9/12/2011	Semana 12-16/12/2011	Semana 19-23/12/2011	Semana 26-30/12/2011	Responsable
Grupo 1					D. Reina
Grupo 2					E. Pire
Grupo 3					D. Reina
Grupo 4					E. Pire
Tema 2					
GRUPOS DE TRABAJO	Semana 07-11/02/2012	Semana 13-17/02/2012	Semana 20-24/02/2012	Semana 27/02-02/03/2012	Responsable
Grupo 1					D. Reina
Grupo 2					E. Pire
Grupo 3					D. Reina
Grupo 4					E. Pire

Tema 1: Objetivos del trabajo especial de grado, procedimiento de titulación, procedimientos de normalización e identificación de soluciones, frecuencia de evaluación de las concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, registro de la información, registro de temperatura y humedad relativa del laboratorio de aguas y conceptos básicos de control estadístico de procesos.

Tema 2: Resultados de la implantación de alternativas para el mejoramiento del proceso de cobrizado y control estadístico de procesos.

En la figura 28 se puede observar al personal del área recibiendo los adiestramientos planificados.



Figura 28. Equipo de trabajo en el proceso de práctica de registro de la información

4.4 Establecimiento de planes de calidad para el proceso de cobrizado de cilindros

Se elaboró un plan de calidad dirigido al control de las variables de concentración de ácido sulfúrico y sulfato de cobre del baño electrolítico, esto con el propósito de establecer el cumplimiento de los requisitos para el control de la calidad de los cilindros cobrizados para el proceso de impresión de empaques flexibles en condiciones normales de fabricación.

En la elaboración de este plan se consideró el establecimiento de puesto de trabajo, punto de inspección, el muestreo a seguir, el método a seguir, las especificaciones establecidas, el lugar de registro y los responsables de la realización de la actividad, todo esto referido a las variables de concentración de ácido sulfúrico y sulfato de cobre. En el cuadro 9 se presenta el plan de calidad establecido.

Cuadro 9. Plan de calidad para el control de las variables de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico

PLAN DE CALIDAD - GRABACIÓN DE CILINDROS										Versión: 1	
Texto breve del objeto de inspección: Cilindros cobrizados para la impresión de empaques flexibles											
ALCANCE: El plan indica el cumplimiento de los requisitos para la calidad de los cilindros cobrizados para el proceso de impresión de empaques flexibles en condiciones normales de fabricación en condiciones normales de fabricación.											
ETAPA DEL PROCESO	PUESTO DE TRABAJO	PUNTO DE INSPECCIÓN	VARIABLE	MUESTREO			METODO DE EVALUACION / ENSAYO	ESPECIFICACIONES	REGISTRO	RESPONSABLE (S)	OBSERVACIONES
				TIPO	TAMAÑO	FRECUENCIA DE CONTROL					
Cobrizado	Grabación de cilindros	Cilindro para la impresión de rotograbado	Concentración de sulfato de cobre (g/L)	Puntual	1	Diaria (al inicio del turno)	Instrucción de ensayo: Determinación de la concentración de sulfato de cobre en el electrolito de cobre	(200-230)g/L	Sistema SAP	Técnico de premontaje	Para el caso de que los valores de concentración determinados resulten fuera de especificación, el baño debe ser ajustado. CONCENTRACIÓN ÁCIDO: - Por encima de especificación adicionar agua - Por debajo de especificación adicionar ácido.
		Cilindro para la impresión de rotograbado	Concentración de ácido sulfúrico (g/L)	Puntual	1	Diaria (al inicio del turno)	Instrucción de ensayo: Determinación de la concentración de ácido sulfúrico en el electrolito de cobre	(60-70)g/L	Sistema SAP	Técnico de premontaje	CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE COBRE: - Por encima de especificación adicionar agua - Por debajo de especificación no podrá ser ajustado y la recuperación de la concentración se logrará a medida de que se realice el proceso de cobrizado.
Naturaleza del Cambio:											
Revisado por : Gerencia de Calidad de Planta Jefatura de Pre-Prensa			Aprobado por: Gerencia de Planta				Fecha de Vigencia: 01/03/2012				

Visual. Plan de inspección: Resumen características

Material 12286431 REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE ContGrpoH1
 Operación 0010 CONTROL DE ELECTROLITO DE COBRE

Dat.cuant. Catálogos Muestreo Ind.control...

Tx...	Ca...	Caract.l...	Ce...	Txt.br.v.car.insp.	Tolerancia...	Toleranc.i...	Val.teór.	Unida...	U...	Proce...
10	10000946	0715		CONCENTRACIÓN ACIDO SULFURICO G/L	70,00	60,00	65,00	gr/l	POR	PF1131
20	10000947	0715		CONCENTRACIÓN SULFATO DE COBRE G/L	230,00	200,00	215,00	g/l	POR	PF1131
30	10000948	0715		DENSIDAD GRADOS BAUME				21 GDO	POR	PF1131

Figura 29. Plan de inspección para el registro de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre

Modificar datos para lote inspección: Pool trabajo lotes insp.

Defectos Defectos Resultados Lote de inspección Informe inspección

Mon...	Og	Lote insp.	Lote	Orden	Material	Texto breve de objeto de inspección	Status sistema	Ctd.lo...	ICC	Creado por
000	89	890000182			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000183			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000183			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000183			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJMIREYES
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATURAMOS
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJMIREYES
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000184			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000185			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000185			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJMIREYES
000	89	890000185			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000187			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000188			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000188			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000188			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000188			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJMIREYES
000	89	890000188			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000189			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000189			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000189			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000189			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000190			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000190			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000190			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000191			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000191			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...
000	89	890000192			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATFOJEDA
000	89	890000193			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATPESPINOZA
000	89	890000193			12286431	REGISTRO CONTROL ELECTROLITO DE COBRE	DE CICM ESTA	1,000	1..	ATJSOLORZA...

Figura 30. Registro de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre realizado por el personal encargado del monitoreo

De igual forma que para el caso del plan de registros de los datos de temperatura y humedad relativa del laboratorio de aguas, se estableció un plan de registro de la data obtenida de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre en el sistema SAP ERP, esto para garantizar el registro y almacenamiento seguro de la información. En la figura 29 se muestra el plan de registro y en la figura 30 la evidencia de algunos registros en el control de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre.

4.5 Evaluar las acciones correctivas propuestas al proceso de cobrizado

Luego de la aplicación de las alternativas planteadas, a continuación se muestran los resultados obtenidos, los datos de evaluación se encuentran ubicados en el anexo D.

CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE COBRE

Posteriormente a la implantación de las alternativas propuestas se evaluó el comportamiento del proceso utilizando carta de control para variables individuales, los resultados se muestran en la figura 31, se puede observar que ningún punto se encuentra fuera de los límites de control, tampoco se aprecia tandas; este mismo comportamiento se aprecia en el caso de la carta de control de rango móvil, figura 32, por lo que se puede afirmar que el proceso se encuentra dentro de control estadístico.

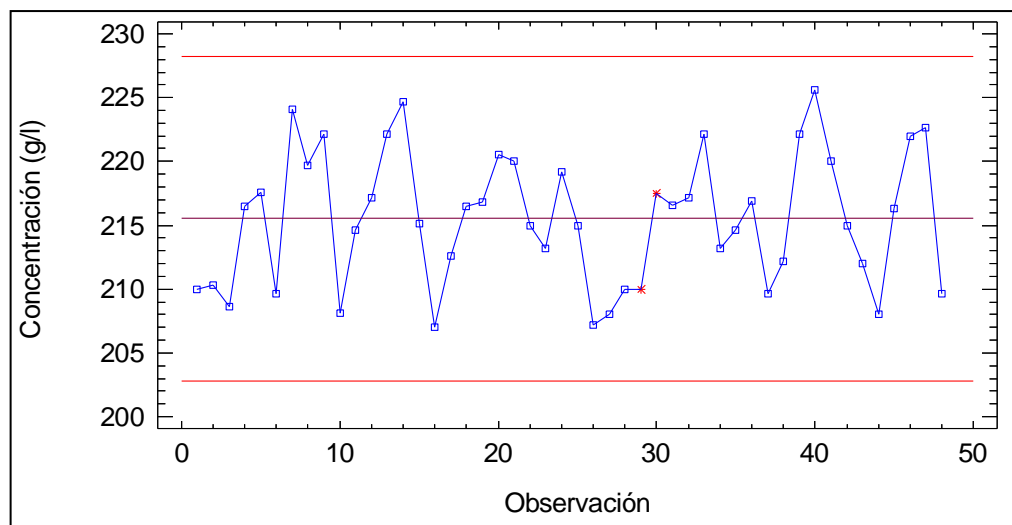


Figura 31. Carta de control de las mediciones individuales en la evaluación final del comportamiento de la concentración de sulfato de cobre

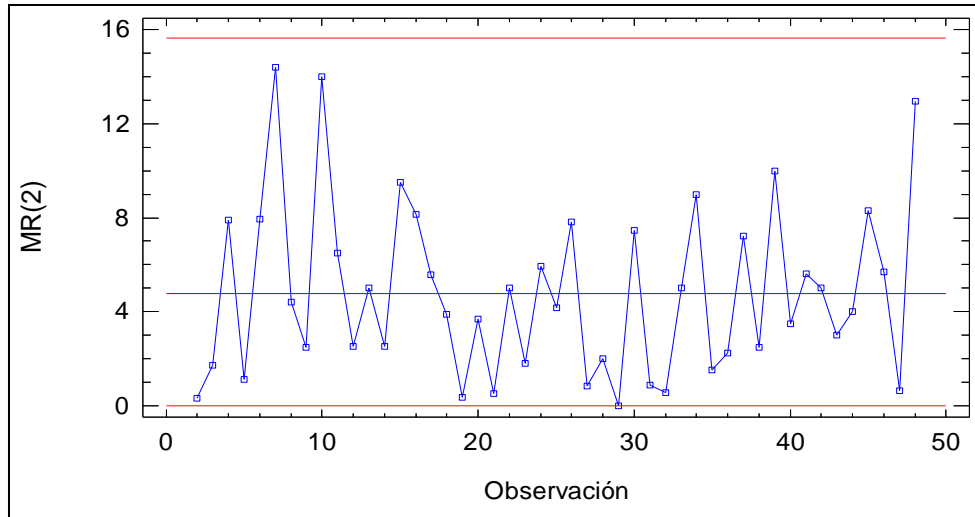


Figura 32. Carta de rango móvil para la evaluación final del comportamiento de la concentración de sulfato de cobre

Cuadro 10. Determinación de la capacidad del proceso para la concentración de sulfato de cobre

Especificaciones técnicas (g/L)		Límites de control (g/l)	Rango móvil (g/l)	Cp	Cpk	Cpm	% de datos observados fuera de especificación
Superior	230	228,24	15,64	1,1787	1,1387	0,9584	0 %
Media	215	215,51	4,79				
Inferior	200	202,78	0				

Los valores de los índices de capacidad obtenidos se muestran en el cuadro 10. El valor de Cp de 1,1787 para los datos evaluados, indica que el proceso es potencialmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas de concentración establecidas entre 200 y 230 g/l; para Cpk el valor obtenido de 1,1387 permite afirmar que el proceso es realmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas, el mismo está centrado con respecto a las especificaciones; para el valor Cpm de 0,9584 indica que el proceso aún no es capaz de alcanzar y permanecer en el valor medio; en todos los casos se observa una mejoría con tendencia al alcance al valor de 1, comparando con los valores obtenidos en el diagnóstico inicial del proceso, esto debido a que aún persiste variabilidad en el proceso. En la figura 33 se observa el comportamiento mostrado por

los índices de capacidad, a través de este análisis el 100% de la distribución ajustada a una distribución normal se encuentra dentro de los límites de especificación.

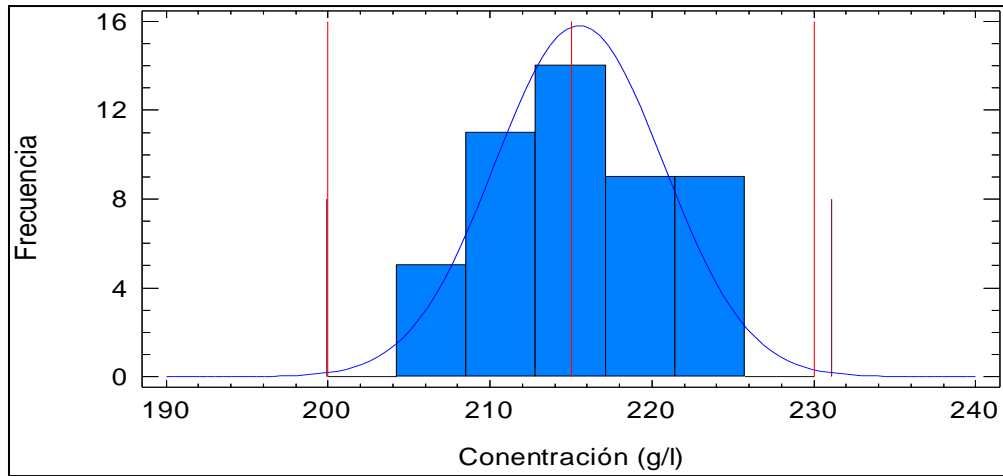


Figura 33. Evaluación de la capacidad de proceso final de la concentración de sulfato de cobre

CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO

Posteriormente se evaluó el comportamiento del proceso, se puede observar en la figura 34 y 35 que ningún punto se encuentra fuera de los límites de control, tampoco se aprecia tandas, sin embargo entre los puntos 23 y 30 se observa una tendencia descendente, por lo que no se puede afirmar que el proceso se encuentra dentro de control estadístico, sin embargo, se observa una mejoría en el comportamiento de los datos comparando con la evaluación inicial del proceso.

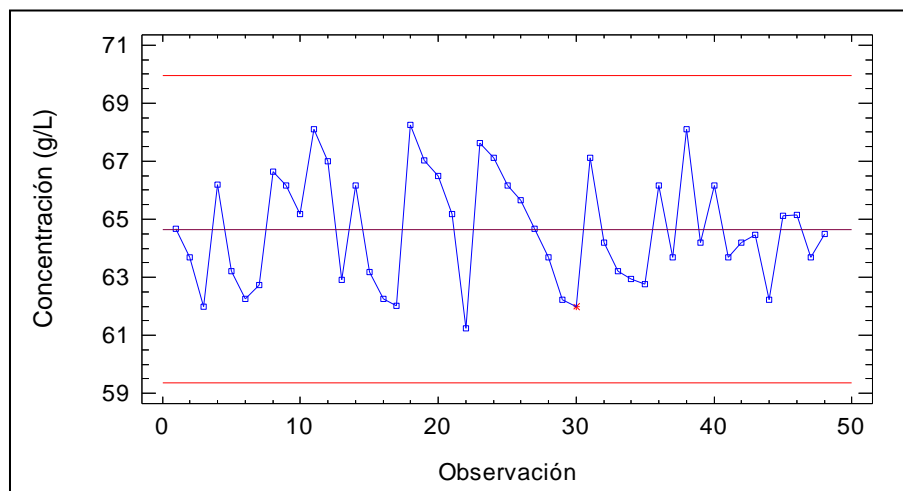


Figura 34. Carta de control de las mediciones individuales en la evaluación final del comportamiento de la concentración de ácido sulfúrico

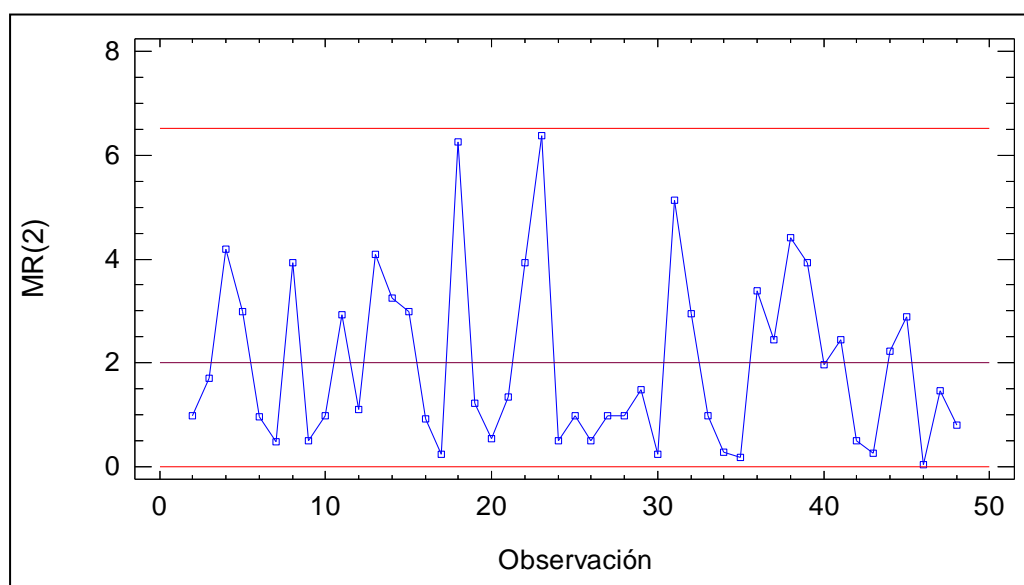


Figura 35. Carta de rango móvil para la evaluación final del comportamiento de la concentración de ácido sulfúrico

Cuadro 11. Determinación de la capacidad del proceso final para la concentración del ácido sulfúrico

Especificaciones técnicas (g/L)		Límite de control (g/l)	Rango móvil (g/l)	Cp	Cpk	Cpm	% de datos observados fuera de especificación
Superior	70	69,95	6,51	0,9436	0,8776	0,8546	0,0000 %
Media	65	64,65	1,99				
Inferior	60	59,35	0				

Los valores de los índices de capacidad obtenidos se muestran en la Cuadro 11. El valor de Cp de 0,9436 para los datos evaluados indica que el proceso aún no es potencialmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas de concentración establecidas entre 60 y 70 g/l; para Cpk el valor obtenido de 0,8776 permite afirmar que el proceso no es realmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas, el mismo está descentrado con respecto a las especificaciones; para el valor Cpm de 0,8546 indica que el proceso aún no es capaz de alcanzar y permanecer en el valor medio; en todos los casos se observa una mejoría con tendencia al alcance al valor de 1, comparando con los valores obtenidos en el diagnóstico inicial del proceso,

esto debido a que aún persiste variabilidad en el proceso. En la figura 36 se observa el comportamiento mostrado por los índices de capacidad, a través de este análisis el 100% de la distribución ajustada a una distribución normal se encuentra dentro de los límites de especificación.

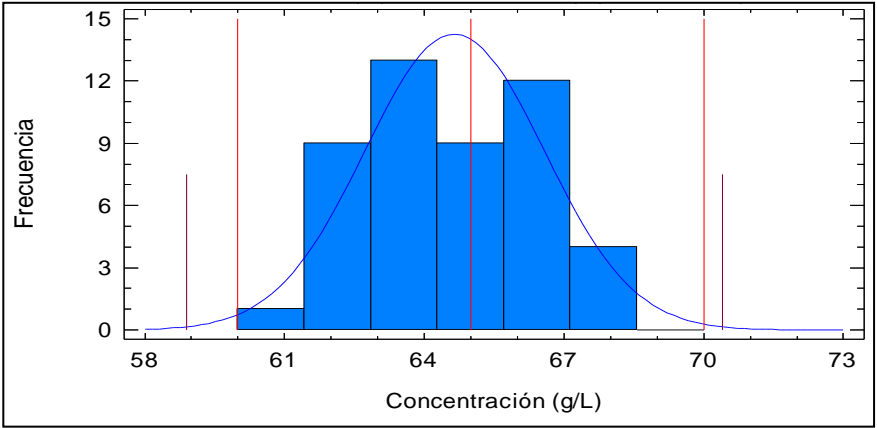


Figura 36. Evaluación de la capacidad de proceso final de la concentración de ácido sulfúrico

Luego de la puesta en marcha de las alternativas planteadas y la evaluación de la nueva data de concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, se realizó comparación entre la cantidad promedio de avisos de calidad generados al presentarse fallas en el proceso de impresión; en la figura 37 se observa la disminución del promedio mensual de avisos posterior a la aplicación de las alternativas aplicadas, esta disminución corresponde al 37% de avisos de calidad.

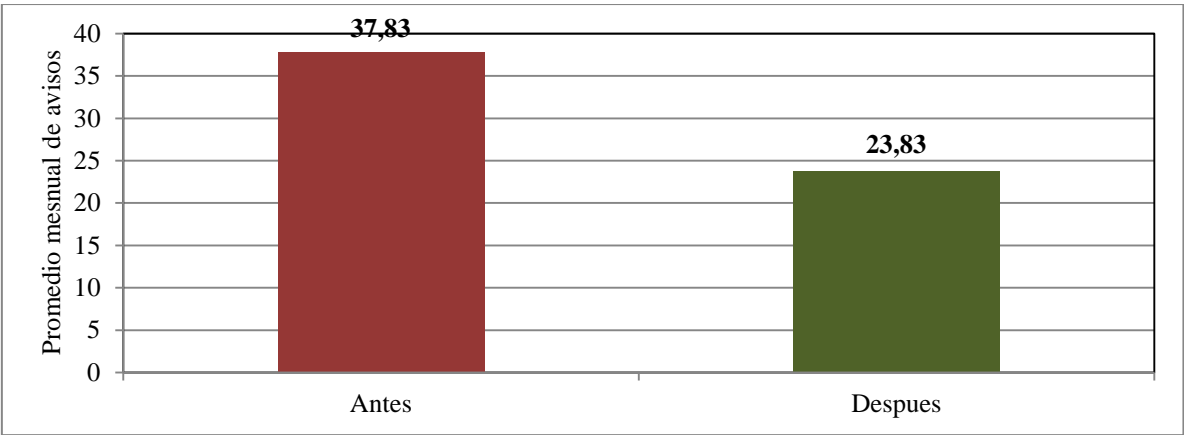


Figura 37. Comparación del promedio mensual de avisos de calidad generados por fallas de impresión antes y después de la implantación de mejoras

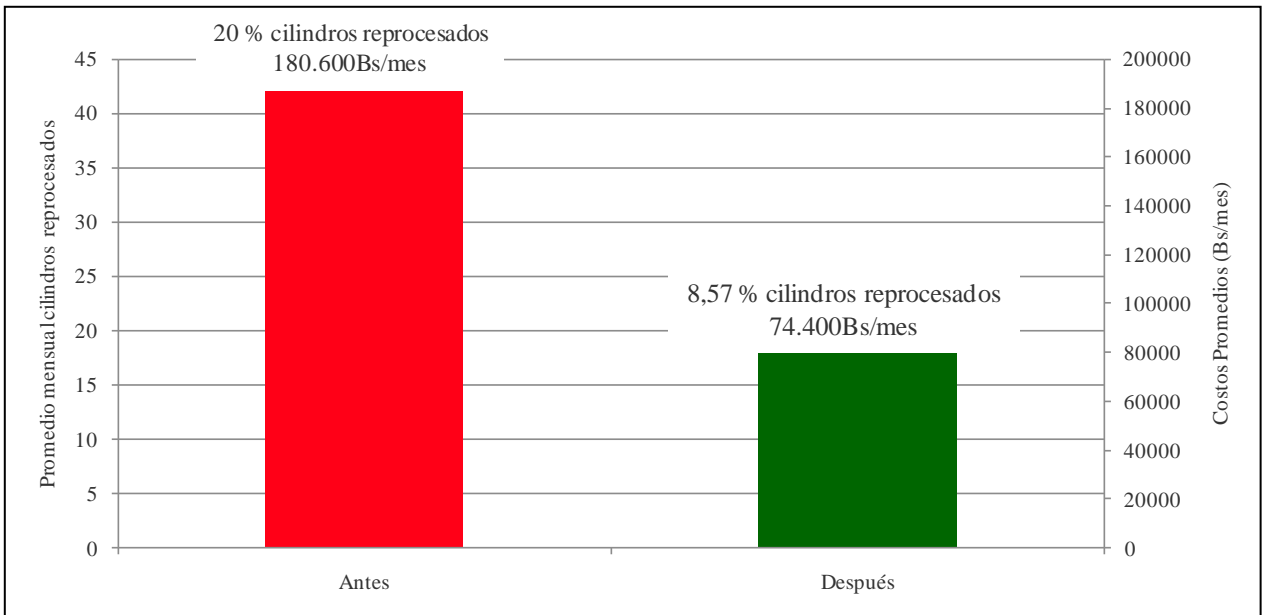


Figura 38. Comparación del promedio mensual de cilindros reprocesados y de los costos involucrados antes y después de la implantación de mejoras

Adicionalmente se realizó comparación entre el promedio mensual de cilindros reprocesados, en el área mensualmente se cobriza un promedio de 210 cilindros; en la figura 38 se observa la disminución de los cilindros reprocesados posterior a la aplicación de las alternativas aplicadas, antes 42 y después 18 cilindros promedios mensuales sometidos a reproceso, esta disminución corresponde al 57,14 %, es importante resaltar que el reproceso de cada cilindro tiene un costo de 4.300 Bs lo que representa un ahorro promedio para la organización al final del trabajo de grado de 106.200Bs/mes.

CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados las conclusiones establecidas fueron las siguientes:

Evaluar el comportamiento inicial del proceso de cobrizado

- Al inicio del estudio, el proceso de cobrizado se encontraba fuera de control estadístico con respecto a las variables de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, no eran potencial ni realmente hábiles para cumplir con las especificaciones técnicas; el proceso estaba descentrado con respecto a las especificaciones establecidas para ambas variables, adicionalmente el proceso no era capaz de alcanzar y permanecer en el valor medio.
- El 50% de los datos iniciales de concentración de sulfato de cobre se encontraba fuera de especificación.
- El 56,8182% de los datos iniciales de concentración de ácido sulfúrico se encontraba fuera de especificación.

Identificar y analizar los posibles factores que puedan incidir en la variabilidad del proceso de cobrizado

Entre los factores identificados asociados a la variabilidad de las concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico se encuentran: desconocimiento de los procedimientos de normalización de soluciones, frecuencia de evaluación incorrecta, falta de estandarización e identificación de soluciones, falta de actualización de procedimientos, desconocimiento del punto final de titulación, ajuste de las concentraciones del baño electrolítico en base a la experiencia, falta de registro de los ajustes realizados, falta de control en las condiciones ambientales del laboratorio.

Proponer y aplicar alternativas necesarias para el mejoramiento del proceso de cobrizado de cilindros

Las alternativas propuestas para el mejoramiento del proceso de cobrizado de cilindros son las siguientes: Actualización y ubicación de procedimientos, identificación de soluciones, plan de control de temperatura y humedad del laboratorio de aguas, ejercicio intralaboratorio y adiestramientos varios.

Establecer planes de calidad en el proceso de cobrizado

Se realizó el establecimiento del plan de calidad para la evaluación de las concentraciones de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, fijando una frecuencia de evaluación diaria, adicionalmente se elaboró plan de registro de la información y se implementó un control de registro de estas variables en el sistema SAP ERP.

Evaluar las acciones correctivas propuestas al proceso de cobrizado

- Al finalizar el estudio el proceso de cobrizado se encontró dentro de control estadístico con respecto a la variable de concentración de sulfato de cobre, el mismo era potencial y realmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas, aunque continuaba descentrado con respecto a las especificaciones la tendencia era al centrado.
- Al finalizar el estudio el proceso de cobrizado continuó fuera de control estadístico con respecto a la variable de concentración de ácido sulfúrico, aunque con un mejor comportamiento de los datos evaluados; el mismo aún no era potencial y realmente hábil para cumplir con las especificaciones técnicas pero con tendencia a la unidad, aunque continuaba descentrado con respecto a las especificaciones la tendencia era al centrado.
- Todos los datos de concentración de ácido sulfúrico y sulfato de cobre al final el estudio se encontraron dentro de especificación.
- Luego de la aplicación de las alternativas de mejora se observó la disminución del promedio mensual de avisos de calidad generados por fallas de impresión en un 37%.
- Luego de la aplicación de las alternativas de mejora se observó la disminución del promedio mensual de cilindros reprocesados en 57,14% con un ahorro promedio para la organización de 106.200 Bs/mes.

RECOMENDACIONES

- Mantener seguimiento de control estadístico del proceso de cobrizado en las variables de concentración de sulfato de cobre y ácido sulfúrico.
- Replicar el estudio de control estadístico a los procesos de niquelado y cromado.
- Continuar con el estudio de la frecuencia de evaluación de las concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre, para determinar la frecuencia que permita mantener el baño dentro de control ajustándose a la dinámica del área de trabajo.
- Continuar con los reforzamiento al personal involucrado en el área en temas referentes a control estadístico y la importancia del seguimiento de los procedimientos establecidos.
- Diseñar indicadores que permitan el seguimiento del número de cilindros reprocesados mensualmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- González, C. 2005. Validación retrospectiva y control estadístico de procesos en la industria farmacéutica. Unidad de práctica para optar al título de Químico farmacéutico. Universidad de Chile. 56 p.
- Grajales, T. 2000. Tipos de Investigación [en línea] . <<http://tgrajales.net/investipos.pdf>> [Consulta: 29 mayo 2011].
- Ishikawa, K. 1985. Guía de Control de Calidad. Estados Unidos de América. UNIPUB. 216 p.
- Juara Hita, L. 2002. Manual del huecograbado. España. Ediciones Letra Clara. 218 p.
- Kume, I. 1997. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Colombia, Editorial Norma. 236 p.
- López, O. 2004. Implementación de un sistema de control estadístico de calidad en la recepción de insumos en una fábrica de golosinas. Trabajo de graduación presentado a la junta directiva de la Facultad de Ingeniería para optar al título de Ingeniero Industrial. Guatemala. Universidad de San Carlos. 97 p.
- Manual de la Calidad de Alimentos Polar Planta Maracay, versión 3, actualizado 12/03/2010. 40 p.
- Manual: Sistema Integrado de Excelencia en Manufactura (SIEM). Programa Control Estadístico de Procesos (PCEP). 2010. Empresas Polar. 46 p.
- Maldonado, R. 2003. Diagnóstico y análisis de un producto cárnico enlatado (PCE) en base al peso neto. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 114 p.
- Montgomery, D. 2008. Control Estadístico de la Calidad. 3ª edición. México, Limusa Wiley. 797p.

- Norma Venezolana COVENIN 2972-2:1997. Exactitud (Veracidad y Precisión) de Métodos de medición y resultados. Parte 2: Método Básico para la Determinación de Repetibilidad y reproducibilidad de un método Estándar de Medición.
- Norma Venezolana COVENIN 2972-1:1998. Ensayos de Aptitud por Comparaciones Interlaboratorios. Parte 1: Desarrollo y Funcionamiento de Programas de Ensayo de Aptitud.
- Olivieri, G. 2011. Control estadístico del proceso de elaboración de botellas PET NR para bebidas carbonatadas en una empresa de envases plásticos. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 158 p.
- Santos M., Anamary y Giallongo A., A. 2004. Manual de control estadístico de procesos de la línea wafer relleno de chocolate en una empresa de alimentos. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 192 p.

ANEXOS

Anexo A. Datos de concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre - periodo de evaluación

Análisis	Concentración de Sulfato de cobre (g/l)	Concentración de ácido sulfúrico (g/l)
1	222,6144	59,29
2	257,088	60,27
3	227,136	61,25
4	214,656	48,51
5	212,16	43,61
6	227,14	62,23
7	319,49	29,4
8	299,52	34,3
9	274,56	50,47
10	324,48	63,7
11	299,52	46,06
12	272,06	54,39
13	244,61	60,27
14	274,56	61,25
15	229,63	52,92
16	229,63	64,19
17	224,64	51,45
18	224,64	63,7
19	249,6	53,9
20	237,12	56,84
21	227,14	60,76
22	252,1	50,47
23	269,57	60,27
24	284,54	52,43
25	229,63	53,41
26	229,63	64,68
27	244,61	55,86
28	235	58,31
29	279,55	51,94
30	227,14	61,25
31	237,12	54,88
32	219,65	60,27
33	234,62	54,88
34	240	57,33

Fuente: Análisis de electrolitos -APC Planta Maracay

Anexo A. Datos de concentraciones de ácido sulfúrico y sulfato de cobre - periodo de evaluación (continuación)

Análisis	Concentración de Sulfato de cobre (g/l)	Concentración de ácido sulfúrico (g/l)
35	222,14	61,74
36	249,6	42,14
37	229,63	61,25
38	219,65	46,55
39	219,65	64,19
40	224,64	56,35
41	222,14	61,25
42	245	54,88
43	223	60,27
44	224,64	65,66

Anexo B. Encuesta diagnóstica aplicada al personal encargado del mantenimiento de las condiciones estándar del proceso de cobrizado

APC PLANTA MARACAY- DEPARTAMENTO DE PRE-PRENSA		
FECHA:	SUPERVISOR DE PRE-PRENSA _____ TÉCNICO DE PREMONTAJE _____	
<u>ENCUESTA: EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES CONCENTRACIÓN DE SULFATO DE COBRE Y ÁCIDO SULFÚRICO EN EL BAÑO ELECTROLÍTICO DE COBRE</u>		
Favor marcar con una X la casilla que más se ajuste a su respuesta:		
	SI	NO
1. ¿Conoce usted muy bien el procedimiento de determinación de la concentración de ácido sulfúrico?		
2. ¿Conoce usted muy bien el procedimiento de determinación de la concentración de sulfato de cobre?		
3. ¿Considera usted necesaria mayor divulgación de los procedimientos indicados en los puntos 1 y 2?		
4. ¿Considera necesaria la revisión de los procedimientos de determinación de concentración de ácido sulfúrico y sulfato de cobre? En caso de ser afirmativa su respuesta indicar en qué puntos específicamente: _____		
5. ¿Los ensayos de monitoreo de las variables del baño electrolítico de cobre deberían realizarse a temperatura y humedad relativa controlada en el laboratorio?		
6. ¿Al preparar las soluciones requeridas para la evaluación de las variables usted verifica que las concentraciones alcanzadas son las establecidas en el procedimiento? ¿Cómo? _____		
7. ¿Usted conoce el procedimiento de normalización de soluciones?		
8. ¿Considera que la frecuencia actual de monitoreo de las variables es la correcta?		
9. ¿Considera oportuno modificar la frecuencia de monitoreo de las variables si esto permite el mantenimiento del baño dentro de control?		
10. ¿Cree que el mantenimiento de las variables dentro de control contribuirá con la obtención de cilindros de buena calidad?		
11. ¿Resulta para usted tediosa la actividad de evaluación del baño?		
12. ¿Al realizar un ajuste usted en el baño (adición o extracción) usted repite los ensayos?		
13. ¿Usted registra los resultados obtenidos?		
14. ¿Usted registra todos los ajustes realizados al baño (adiciones de ácido, extracción de electrolito, adiciones de agua)?		
15. ¿Indique como confirma que la solución del electrolito de cobre alcanzó pH 8, condición necesaria para la determinación de la concentración de sulfato de cobre? _____		
16. En los procedimientos de titulación, usted procede a detener la adición de solución titulante cuando (marque una opción): Inmediatamente que observa el cambio de color _____ Cuando el cambio de color se produce y el tono del color es intenso _____ Antes de que se produzca el cambio de color _____		
17. Al detectar que alguna de las variables evaluadas sale de los límites establecidos en la especificación usted solicita el ajuste del baño de la siguiente manera (marque una opción): Realiza el ajuste según la experiencia _____ Realiza el ajuste basándose en cálculos _____ Realiza ajustes consultando al personal operario _____		
18. Indique los defectos que pueden estar presente en los cilindros cobrizados en un baño fuera de control _____ _____		
En caso de tener algunas observaciones adicionales, por favor indíquelas en la parte posterior de la hoja, es de suma importancia tu opinión .		

Anexo C. Resultados por participante durante la ejecución del ejercicio intralaboratorio

ENSAYO	PARTICIPANTES			
	1	2	3	4
Concentración de sulfato de cobre (g/ml)	254,59	234,53	242,02	227,05
	257,08	234,53	239,52	227,05
	252,09	237,02	237,03	229,54
Concentración de ácido sulfúrico (g/ml)	54,39	56,35	56,84	54,88
	53,90	57,33	56,35	55,37
	54,88	55,86	56,35	54,88

Anexo D. Datos de concentraciones finales de ácido sulfúrico y sulfato de cobre

Análisis	Concentración de Sulfato de cobre (g/L)	Concentración de ácido sulfúrico (g/L)
1	210	64,68
2	210,3	63,7
3	208,6	62
4	216,5	66,19
5	217,6	63,21
6	209,66	62,25
7	224,05	62,72
8	219,65	66,64
9	222,14	66,15
10	208,14	65,17
11	214,64	68,09
12	217,15	67
13	222,14	62,9
14	224,64	66,15
15	207,58	63,17
16	207	62,25
17	212,56	62,01
18	216,44	68,26
19	216,8	67,04
20	220,5	66,5
21	220	65,17
22	215	61,25
23	213,2	67,62
24	219,15	67,13
25	215	66,15
26	207,18	65,66
27	208	64,68
28	210	63,70
29	210	62,23
30	217,46	62,00
31	216,60	67,13
32	217,15	64,19
33	222,14	63,21
34	213,15	62,93

**Anexo D. Datos de concentraciones finales de ácido sulfúrico y sulfato de cobre
(continuación)**

Análisis	Concentración de Sulfato de cobre (g/L)	Concentración de ácido sulfúrico (g/L)
35	214,65	62,76
36	216,89	66,15
37	209,67	63,70
38	212,16	68,11
39	222,14	64,19
40	225,63	66,15
41	220,00	63,70
42	215,00	64,19
43	212,00	64,45
44	208,00	62,23
45	224,14	65,11
46	222,13	65,15
47	222,63	63,70
48	209,66	64,50