



Aplicación de herramientas de calidad en el proceso de galvanizado en caliente para mejoras de calidad

ALFONSO CARRERAS, Juan Pablo; ARAUJO ALVARENGA, Sonia Elizabeth*;
MORALES OJEDA, Celia Margarita

Departamento de Tecnología de Producción, Universidad Nacional de Asunción

* Autor corresponsal. E-mail: sonia.araujo8481@gmail.com

RESUMEN

El presente artículo tiene por objetivo mejorar la calidad mediante la determinación de los principales problemas en la línea de galvanizado por inmersión en caliente, que ocasionan la ineficiencia del proceso y por ende un aumento de los costos productivos en una empresa que se dedica al galvanizado de materiales de hierro a ser utilizado en distintas aplicaciones. Se efectúa la aplicación de elementos de calidad y producción, siendo estos; Matriz de priorización de problemas, el SIPOC de proceso, además la Matriz de Proceso mediante el método QFD. Mediante los mismos se pudo identificar que el alto consumo de zinc en línea de proceso, la variabilidad de la capa de recubrimiento del material galvanizado y las insatisfacciones de clientes por entregas de productos fuera de especificación son los principales problemas presentados en la organización; además se encuentran las tablas de análisis, flujogramas para un mejor entendimiento del proceso y casos.

Palabras claves: Galvanizado; SIPOC; Eficiencia.

Application of quality tools in the hot-dip galvanizing process for quality improvements

ABSTRACT

This article aims to improve quality by determining the main problems in the hot-dip galvanizing line, which cause process inefficiency and therefore an increase in production costs in a company that is dedicated to the galvanizing of iron materials to be used in different applications. The application of quality and production elements is carried out, these being; Problem prioritization matrix, the process SIPOC, plus the Process Matrix using the QFD method. Through them it was possible to identify that the high consumption of zinc in the process line, the variability of the coating layer of the galvanized material and the dissatisfaction of customers due to deliveries of products out of specification are the main problems presented in the organization; In addition, there are analysis tables, flowcharts for a better understanding of the process and cases.

Keywords: Galvanized; SIPOC; Efficiency.

1 Introducción

El presente trabajo se basa en la aplicación de las herramientas de calidad en el proceso productivo de una empresa paraguaya; buscando optimizar el proceso de galvanización por inmersión en caliente de materiales de hierro a ser utilizado en distintas aplicaciones, con el fin de incrementar la productividad mediante la utilización de la Matriz de priorización de problemas, el SIPOC del proceso, además la Matriz de Proceso mediante el Método QFD.

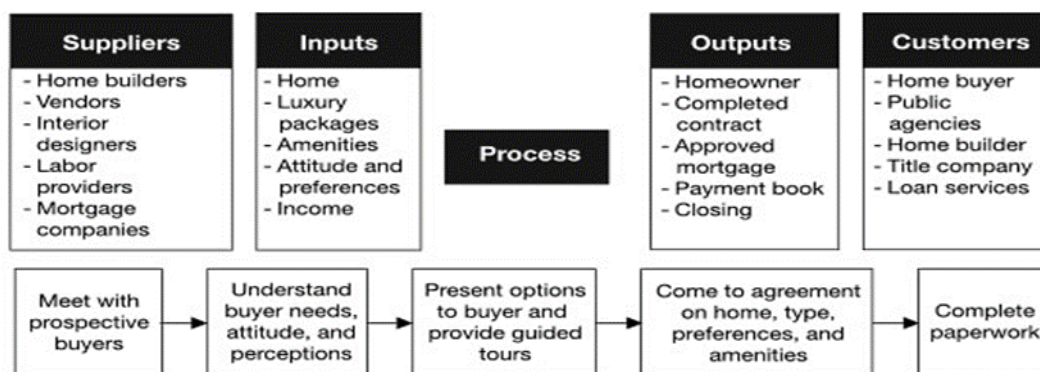
El motivo de la investigación es mejorar la calidad del galvanizado mediante la identificación de los principales problemas en el proceso. Si bien la empresa tiene implementado ISO 9001:2015 en su planta, y se encuentra fuertemente comprometida con la mejora continua. El caso de la implementación de QFD y otras herramientas de calidad es otro ejemplo de este compromiso con la mejora.

2 Marco Teórico

Eckes (2004), define “diagrama de proceso” o “SIPOC”, que involucra los pasos en el proceso que se ha escogido para mejorar.

Se muestra en la Figura 1 el diagrama SIPOC.

Figura 1 – Diagrama de proceso SIPOC



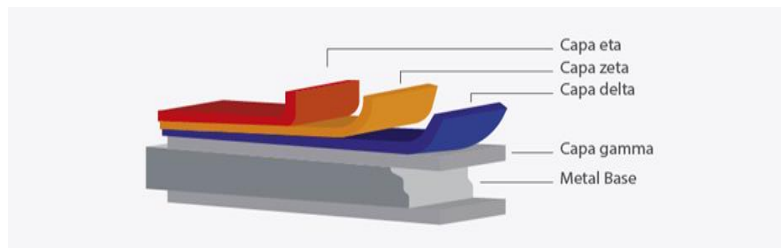
Fuente: Taylor (2009)

Molteni (2008) manifiesta QFD como un análisis que utiliza la información de clientes provenientes de encuestas, focus group y otros. Dispone de una disciplina para que esos requerimientos estén presentes en el diseño y fabricación de un producto, y posteriormente, en el proceso mismo.

Eckes (2004), define proceso como unos pasos de actividades coordinadas que se realizan bajo ciertas circunstancias para generar productos o servicios. Dos características esenciales de todo proceso son: Variabilidad del proceso; Repetitividad del proceso.

El proceso de galvanizado, bien efectuado, crea en la superficie de la pieza tres capas de aleaciones de hierro-zinc, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2 - Capas de aleación



Fuente: Eckes (2004)

El espesor final del recubrimiento dependerá del espesor y calidad del acero base que se tome de partida. La norma NTC 3320 (ASTM A-123 recubrimientos de zinc galvanizados por inmersión en Caliente en Productos de Hierro y Acero), establece los espesores mínimos de recubrimiento que se observa en la Tabla 1.

Tabla 1 – Espesores mínimos de recubrimiento de Zinc

Espesor de la pieza	Valor local (mínimo)		Valor medio (mínimo)	
	g/m ²	µm	g/m ²	µm
Acero > 6 mm	505	70	610	85
Acero > 3 mm hasta < 6 mm	395	55	505	70
Acero > 1,5 mm hasta < 3 mm	325	45	395	55
Acero < 1,5 mm	250	35	325	45
Piezas moldeadas >6 mm	505	70	575	80
Piezas moldeadas < 6 mm	430	60	505	70

Fuente: Norma NTC 3320 (ASTM A-123)

En un diagrama de flujo o mapa de proceso se visualizan las secuencias de actividades o flujo de materiales e información en un proceso. (EVANS *et al.*, 2015).

3 Fase de análisis y evaluación

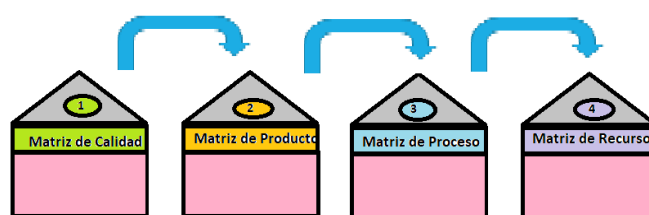
En esta fase se analizarán y se evaluarán las causas raíces que influyen en la variable principal mediante el análisis del proceso y análisis de datos. El análisis está enfocado en la línea de galvanizado al considerarse un área crítica. Esta parte de la investigación se desarrollará en el estudio de caso.

4 Metodología

La metodología utilizada en este estudio se describió junto con la presentación del estudio de caso. Mediante la identificación de los principales problemas presentados en la organización se determina la escala de los criterios para priorizar los problemas.

Con el SIPOC del proceso se determina los pasos actuales del proceso que se ha escogido para mejorar. Mediante el método QFD se plantea las distintas áreas que participan en cada una de las etapas del proceso como se muestra en la Figura 3.

Figura 3 – Modelo de QFD utilizado en el estudio de caso de galvanizado en caliente



Fuente: Molteni (2008)

En este estudio se analizó la forma de obtener la fase 3 a través del desarrollo de la matriz QFD.

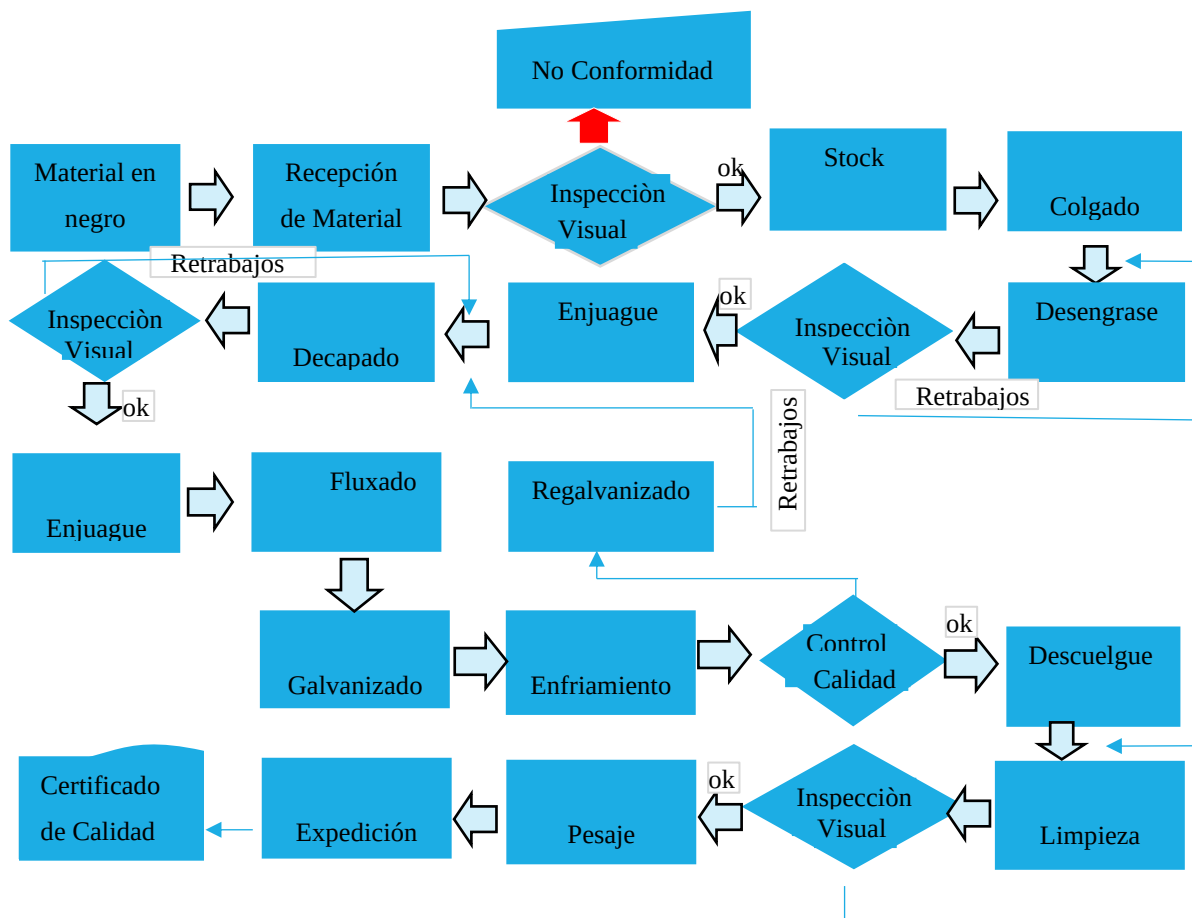
Se toman como base las metas de la empresa, quejas del cliente, discusiones de los ejecutivos, discusiones sobre los trabajos realizados en la empresa. En la matriz QFD; en función a los requerimientos del cliente se cuantifica la importancia de la relación de cada requerimiento contra cada proceso para la fabricación del producto solicitado por el cliente.

Es por ello, que el principal objetivo estará enfocado en el proceso de galvanizado.

5 Estudio de caso

El estudio de caso se realizó en una empresa del rubro metalúrgico cuyo fin principal es el acabado de los productos, los problemas que normalmente se presentan son de calidad y consumo de zinc, por lo cual el estudio está enfocado en mejorar la calidad disminuyendo el consumo de zinc. Se trata de una empresa mediana, ya tiene Certificación ISO 9001:2015. El estudio, se realizó en la línea de producción evaluando la distinta etapa, con el objetivo de la mejora del proceso productivo. La Matriz de priorización de problemas, el SIPOC del proceso, además, la Matriz de Proceso QFD. Fueron identificados como las metodologías apropiadas para lograr los objetivos listados. El proceso productivo desde la entrada de producto hasta que está listo para enviar a cliente se resume en el siguiente diagrama de flujo en la Figura 4.

Figura 4 – Flujograma de proceso



Fuente: Autoría propia.

En la Tabla 2 se muestra la Secuencia de actividades de galvanizado

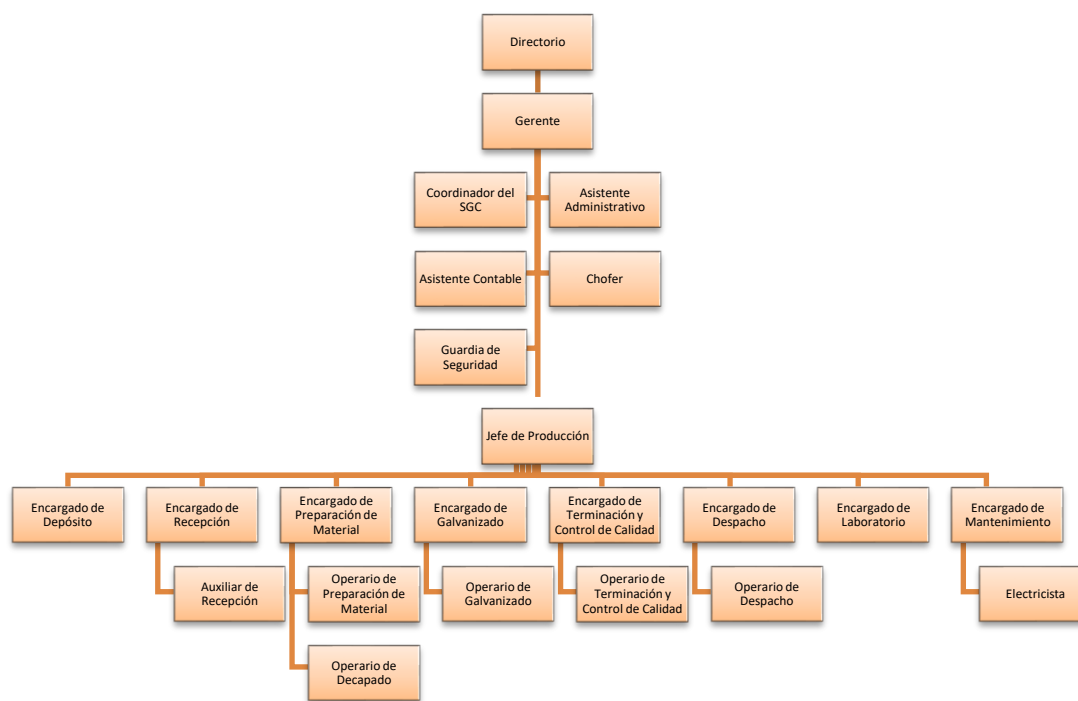
Tabla 2 – Secuencia de galvanizado

Paso	Actividad
1. Material en negro	• El cliente consulta la posibilidad de recepción de su material
2. Recepción de Material	• El encargado de recepción recibe el material en negro
3. Inspección Visual	• Verifica que los materiales se encuentren adecuado.
4. No conformidad Recepción	• En caso de que no se encuentre adecuado se rechaza el material y se avisa al cliente.
5. Stock	• Materiales conforme se recepciona en un lugar para darle entrada en el proceso.
6. Colgado	• Cuelga las piezas en las perchas.
7. Desengrase	• Sumerge las piezas en el baño de desengrase, el tiempo depende de la limpieza de la pieza.
8. Inspección Visual	• Verifica que los materiales se encuentren adecuado para el siguiente proceso.
9. Enjuague	• Realiza el enjuague de las piezas, de modo a neutralizar el material del proceso anterior.
10. Decapado	• Sumerge las piezas al baño del decapado.
11. Inspección Visual	• Verifica la pieza para no dejarla más tiempo de lo requerido.
12. Enjuague	• Realiza el enjuague de las piezas para neutralizar.
13. Fluxado	• Sumerge las piezas en el baño de Sal Flux, entre 3 a 5 minutos.
14. Galvanizado	• Traslada las piezas sobre el Crisol para precalentarlas y luego sumergirlas al baño de zinc
15. Enfriamiento	• Se enfría con agua las piezas.
16. Control de Calidad	• Realiza la medición del espesor de capa.
17. Descuelgue	• Descuelga el material para luego dar inicio al siguiente proceso
18. Limpieza de piezas	• Realiza la limpieza de las piezas, retirando los excesos de zinc.
19. Inspección Visual	• Verifica el material galvanizado.
20. Tratamiento de Producto No Conforme	• se reprocesa los que no cumplan con las especificaciones de calidad.
21. Pesaje	• en una báscula se pesa el material
22. Expedición:	• Los materiales conformes se envían a expedición
23. Certificado de Calidad:	• Genera el certificado de Calidad para entregar al cliente y archiva una copia

Fuente: Autoría propia.

En la Figura 5 se muestra el organigrama funcional de la empresa; los departamentos con su respectivo responsable a cargo y cómo se relaciona cada área entre sí.

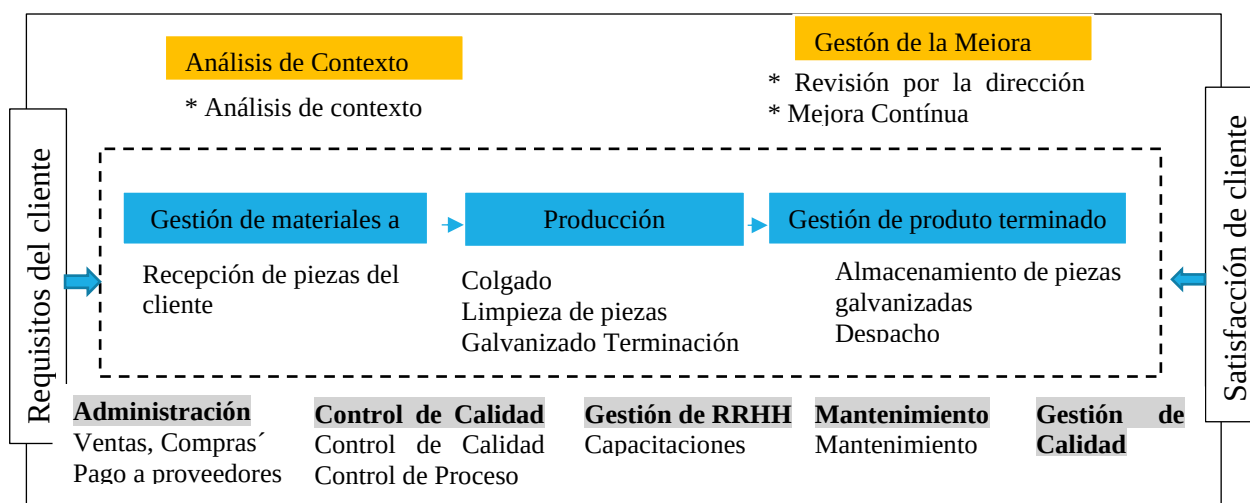
Figura 5 – Organigrama funcional



Fuente: Autoría propia.

Los procesos que comparten un objetivo común fueron agrupados según como muestra en la Figura 6, diagrama de macro procesos.

Figura 6 – Macro procesos



Fuente: Autoría propia.

5.1 Identificación de los problemas a analizar

Se identificó y se describió los principales problemas presentados en la organización, los cuales se muestran a continuación:

- Insatisfacciones de clientes por entregas de productos fuera de especificación: Son productos devueltos por los clientes por no cumplir con las especificaciones (capa de zinc (g/m^2)).
- Entrega de producto posterior al tiempo acordado: Por mala programación, falta de materia prima.
- Consumo elevado del zinc: Genera elevado costo de producción, que implica altas temperaturas y alta cantidad de zinc.
- Elevado consumo de ácido: Presenta un consumo de 25 kg / Tn producida, sería ideal el consumo de 20 kg / Tn.
- Quiebre de stock de materia prima: Por bajo stock de materia prima
- Alto índice de rotura de alambre perdida del material: Sufre fatiga por causa de los tratamientos sometidos en las etapas.

Mediante la identificación de los principales problemas presentados en la organización se determina la escala de los criterios como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3 – Escala de Criterios de la Matriz de Priorización de Problema

Ítem	Criterio	Explicación	Descripción	Puntaje
1	Duración del trabajo para la solución del problema	Es el tiempo que tomará en solucionar el problema	De 0 a 6 meses	55
			De 6 a 12 meses	15
			Más de 12 meses	10
2	Implicancia del problema al lugar de trabajo y a los clientes	Grado en que el problema afecta al lugar de trabajo y a los clientes internos y externos	Afecta solo al área	20
			Afecta al área y a los clientes internos	50
			Afecta al área, clientes internos y externos.	80
3	Inversión para implementar la solución del problema	Monto que se tiene que invertir para implementar la solución del problema	Baja Inversión: Gastos mínimos para solucionar el problema.	180
			Mediana inversión: Gastos moderadas en que se invertirán para solucionar el problema	110
			Inversión alta para solucionar el problema.	40
4	Resultados esperados	Son los efectos tangibles e intangibles de las mejoras a realizar	Impacto económico Bajo o efectos intangibles.	40
			Alto impacto económico	200

Fuente: Autoría propia.

Los principales problemas señalados en el ítem anterior se analizarán utilizando los criterios especificados en la Tabla 3 para determinar la Matriz de Priorización de Problemas que se expresa en la Tabla 4.

Tabla 4 – Matriz de Priorización de Problemas

Problemas	Duración del trabajo para la solución del problema	Implicancia del problema al lugar de trabajo/clientes	Inversión para implementar la solución el problema	Resultados esperados	Puntaje Total
Insatisfacciones de clientes por entregas de productos fuera de especificación	55	80	110	200	445
Entrega de producto posterior al tiempo acordado	10	80	110	40	240
Consumo elevado del zinc.	15	80	180	200	475
Elevado consumo de ácido.	15	20	40	40	115
Quiebre de stock de materia prima	15	50	40	200	305
Alto índice de rotura de alambre en el proceso y pérdida del material	10	20	110	200	340

Fuente: Autoría propia.

Según esta matriz el alto consumo de zinc en líneas de proceso y las insatisfacciones de clientes por entregas de productos fuera de especificación son los principales problemas que hay en la empresa. Por ende, el problema elegido a analizar será el “alto consumo de zinc en líneas de proceso”.

5.2 Cuadro de resumen del Proyecto

Se Planificó el proyecto desde el inicio de operaciones y la fase de estudio hasta el cierre del proyecto donde se resume en la Tabla 5.

Tabla 5 – Cuadro de proyecto

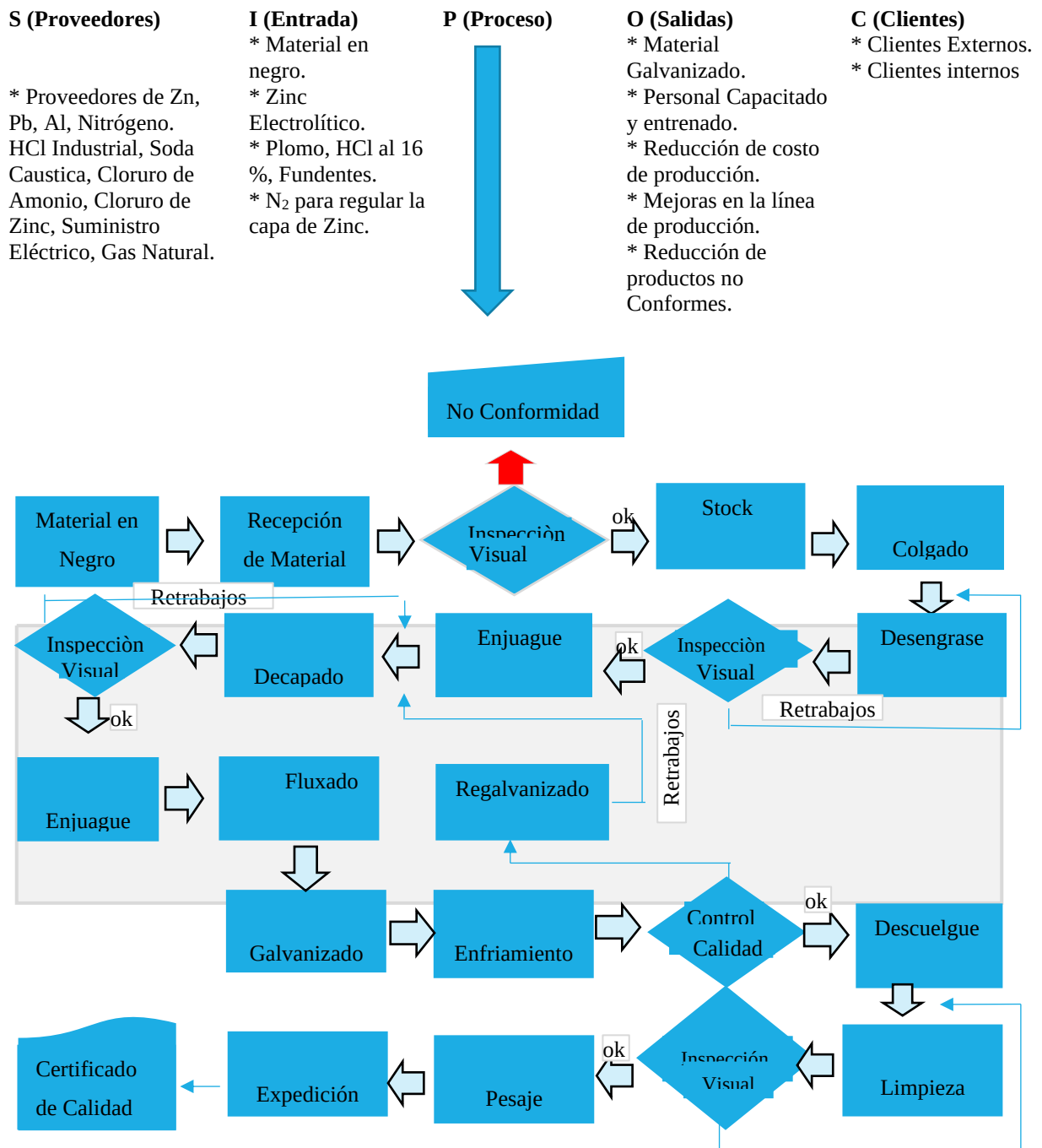
Proyecto	Reducción de la variabilidad del consumo de zinc en los materiales galvanizados producidos por el proceso de inmersión en caliente.
Definición	Según datos estadísticos el consumo de zinc para la línea de galvanizado fue de 46 kgZn/Tn producido en un año; este exceso de 5 kgZn/Tn producidas representa un 10% de pérdida aproximadamente al año.
Objetivo	Reducir el consumo de zinc y eliminar los desperdicios y defectos, los cuales se reflejan en las insatisfacciones del cliente y los sobrecostos de producción.
Metas	Reducir el promedio de capa de recubrimiento de 315 a 276 g/m2.
Responsable a implementar	Gerente General
Equipo de Trabajo	Jefe de Producción, Encargado de Calidad y Encargado de Galvanizado
Alcance	El proyecto abarca desde la recepción de material negro hasta el recubrimiento del material con el zinc.

Fuente: Autoría propia.

5.3 SIPOC del proceso

En la Figura 7 se realizó mediante un diagrama de proceso o una representación gráfica los pasos actuales del proceso que se ha escogido para mejorar.

Figura 7 – SIPOC del proceso de galvanizado



Fuente: Autoría propia.

Mediante el diagrama SIPOC se pudo observar la relación directa entre lo que piden los clientes, lo que se obtiene de los proveedores y la forma de unir ambas etapas en el proceso, sirvió para identificar que el proceso de galvanizado sería el problema donde el área del proceso debe mejorarse.

5.4 Matriz QFD

La importancia de los procesos revela los procesos más importantes y críticos para la calidad, se utiliza para evaluar cuánto contribuye cada proceso en el cumplimiento de los requisitos de los clientes, se estableció la relación entre los procesos y los requerimientos del cliente (Ponderación: P), utilizando la escala de 0 a 5.

Esta relación sirve para priorizar los procesos (IPP) que son más importantes y que, por lo tanto, deben ser monitoreados. La siguiente Ecuación (1) se utilizó para determinar la importancia de cada etapa del proceso del producto (IPP*) con relación a los requerimientos del cliente:

$$IPP = \sum P \times IPP^* \quad (1)$$

Donde

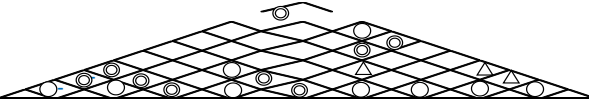
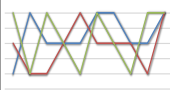
P: Ponderación

IPP: Prioridad del proceso

IPP*: Importancia del proceso producto

En esta etapa, también se evaluó la relación entre la empresa en cuestión, las competencias y el requerimiento de los clientes. Utilizando la escala para la evaluación comparativa; 5: Mejor, 3: Mas o menos y 1: Peor.

Figura 8 – Matriz de procesos para el estudio de caso de galvanizaos por inmersión en caliente

																
		¿CÓMO?	Ponderación	Recepción del Material	Decapado	Fluxado	Galvanizado	Limpieza de piezas	Pesaje	Descuelgue	Control de Calidad	Enfriamiento	Expedición	Evaluación Comparativa		
Fuerte=● Media=○ Débil=△ ¿QUÉ?		5 = mejor														
		3 = medio														
		1 = peor														
Requerimientos de los clientes		NOSOTROS	COMPETENCIA 1	COMPETENCIA 2												
1	Peso	5	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	1	3	5	
2	Brilloso	3	0	0	3	5	0	0	0	1	0	0	5	1	1	
3	Presentación final del producto	3	1	1	3	0	3	0	0	1	3	3	3	1	5	
4	Sin manchas Negras	4	0	0	3	5	0	0	0	0	0	1	3	3	3	
5	Sin manchas blancas	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	3	3	5	1	
6	Micronaje	5	0	0	3	5	0	0	0	5	0	0	5	3	5	
7	Entrega de pedidos solicitados	4	3	3	0	0	1	3	3	0	0	1	5	3	3	
8	Entrega a Tiempo	3	1	1	0	1	1	5	3	0	0	1	3	3	1	
9	No se descacare el Zinc	5	3	0	5	5	1	0	0	0	0	0	3	1	5	
10	Durabilidad	5	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	
Evaluación de importancia		Absoluta	48	18	70	128	21	52	21	36	9	29	EVALUACIÓN DE COMPETENCIA			
		Relativa (%)	11	4	16	30	5	12	5	8	2	7	COMPETENCIA VS NOSOTROS			
Objetivos			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J				

Fuente: Autoría propia.

5.5 Plan de mejora de los procesos de galvanizado por inmersión en caliente

A continuación, en la Tabla 6, se presentará el plan de mejora teniendo en cuenta los resultados de las matrices presentadas.

Tabla 6 – Plan de mejora de los procesos de galvanizado por inmersión en caliente

¿QUÉ?	Optimizar los procesos de recepción de material, fluxado, galvanizado y pesaje.
¿COMO?	Aplicación de Control Estadístico de Procesos, principalmente en los procesos de recepción de material, fluxado, galvanizado y pesaje. Aplicar Diseño experimental para la optimización de procesos.
¿POR QUE?	Asegurar la optimización de las características de calidad y de procesos para disminuir la variabilidad en la capa de recubrimiento del material galvanizado, reducir el consumo de zinc, disminuir los desperdicios, defectos y disminuir el costo de producción.
¿DÓNDE?	Producción
¿QUIÉN?	Jefe de Producción, Encargado de Control de Calidad.
¿CUÁNDO?	Dentro de 3 meses

Fuente: Autoría propia.

6 Conclusión

Mediante la aplicación de elementos de calidad y producción, siendo estos; la utilización de la Matriz de priorización de problemas, el SIPOC del proceso, además la Matriz de Proceso QFD. Se pudo identificar que el alto consumo de zinc en líneas de proceso, la variabilidad de la capa de recubrimiento del material galvanizado y las insatisfacciones de clientes por entregas de productos fuera de especificación son los principales problemas presentados en la organización.

Lo mencionado en el párrafo anterior sería mejorado mediante la aplicación de control estadístico de procesos, asegurando la optimización de características de calidad y procesos (micronaje, tipo de piezas y fluxado), además de disminuir los desperdicios, defectos y disminuir el costo de producción.

Agradecimientos

A la Doctora Veruschka Vieira Franca por la enseñanza brindada en la materia de Análisis funcional y la oportunidad de utilizar lo aprendido en el desarrollo de este artículo.

Referencias bibliográficas

ECKES, G. **El six sigma para todos**. Bogotá, 2004. Disponible en: [http://books.google.com.co/books?id=wcPl_I47fk4C&pg=PA97&lp=PA97&dq=Árbol+Crítico+para+la+Calidad+\(CPC\)&source=bl&ots=NLzPNqCQY&sig=skLOn5bRI2XHiS7x7P0iPfiGfc&hl=en&sa=X&ei=TyHTUZ6Eden4AONx4HQDg&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com.co/books?id=wcPl_I47fk4C&pg=PA97&lp=PA97&dq=Árbol+Crítico+para+la+Calidad+(CPC)&source=bl&ots=NLzPNqCQY&sig=skLOn5bRI2XHiS7x7P0iPfiGfc&hl=en&sa=X&ei=TyHTUZ6Eden4AONx4HQDg&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q&f=true). Acceso en: 29 jun. 2023.

EVANS, J.; LINDSAY, W. **Administración y control de la calidad**. México. 7. ed. D.F: Cengage Learning Editores, 2015.

ICONTEC, **Recubrimientos de zinc (galvanizado por inmersión en caliente) en productos de hierro y acero**, Norma Técnica Colombiana 3320 homologada de la ASTM A 123, Bogotá, 2008.

MOLTENI, R., CECCHI, O. **El liderazgo del Lean Six Sigma: para entender cómo se implementa, paso por paso**. Buenos Aires, Macchi Grupo Editorial, 2005.

TAYLOR, G. **Lean Six Sigma Service Excellence**. 1. ed. editorial J. Ross 2009.