Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar
Septiembre-Octubre, 2023, Volumen 7, Número 5
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8169

Mejora de Proceso de Cristalización

Jorge Adalberto Hernandez Sanchez[1]
M21260308@matamoros.tecnm.mx.
https://orcid.org/0009-0000-1021-8052
Instituto Tecnologico de Matamoros
México

Mara Grassiel Acosta Gonzalez
dir_matamoros@tecnm.mx
https://orcid.org/0000-0002-2690-8848
Instituto Tecnologico de Matamoros
México

Jose Javier Treviño Uribe
jose.tu@matamoros.tecnm.mx
https://orcid.org/0000-0002-3811-9379
Instituto Tecnologico de Matamoros
México

Claudio Alejandro Alcala Salinas
claudio.as@matamoros.tecnm.mx
https://orcid.org/0000-0001-9441-7971
Instituto Tecnologico de Matamoros
México

RESUMEN

En una planta de producción de Heptaflurotalato de potasio KEMET de México se presenta actualmente un problema de rendimiento por cada lote, ya que este es menor de lo esperado el cual se tiene como uno de las metadas de produccion de la empresa. Por tanto, el objetivo es lograr alcanzar la meta de rendieminto por cada lote. Para esto se opta por utilizar herramientas estadisticas asi como tambien un plan avanzado utilizando herramientas de la metodologia six sigma, recopilando los datos historicos del proceso para su analisis, los cuales estaran enfocados en una parte del proceso llamado Cristalización. Dicho parte del proceso es donde se logra observar a detalle el decremento del rendieminto por cada lote, de esta manera utilizando la informacion recopilada se definen cuales son las principales variables que se pueden controlar y/o lo que se requiere para que estas variables entren dentro de los rangos de control; mejorando el rendimiento por cada lote de producción.

Palabras clave: *Seis sigma; Estadística; Control; Cristalización; Automatización.*

[1] Autor principal
Correspondencia: M21260308@matamoros.tecnm.mx.

Improvement of the Crystallization Process

ABSTRACT

In a KEMET potassium heptaflurothalate production plant in Mexico, there is currently a yield problem for each batch, as it is lower than expected, which is one of the company's production goals. Therefore, the goal is to achieve the performance target for each batch. For this, it was decided to use statistical tools as well as an advanced plan using six sigma methodology tools, collecting historical data of the process for analysis, which will be focused on a part of the process called Crystallization. This part of the process is where the decrease in performance of each batch can be observed in detail. In this way, based on the information collected, the main variables that can be controlled and/or what is required for said variables to be included are defined in control ranges; improving the performance of each production batch.

Keywords**:** *six sigma; statistics; control; crystallization; automation.*

Artículo recibido 10 septiembre 2023
Aceptado para publicación: 19 octubre 2023

INTRODUCCIÓN

La planta de KBMT produce por cada lote 320 kg lo cual es igual a un rendimiento del 91.1%, siendo esto aceptable para la planta y sus métricos de producción. En los procesos de Transformación a empaque, desde el mes de abril del año 2020 en el 58% de los 661 lotes producidos en el periodo de abrir 2020 a noviembre 2021 se tienen problemas para mantener un rendimiento controlado de cada lote en la planta de KBMT. Entonces se tiene que el 58% de los 661 lotes producidos en ese periodo, equivale a 383.38 lotes los cuales tienen un promedio de 2.8% por debajo de la meta establecida que es de 91.1%, teniendo este rendimiento de 88.3%; por tanto, de los 320 kg por lote esperados, se obtienen realmente 310.16 kg por lote. De acuerdo con lo anterior se estima que se pierden 9.84 kg por lote, teniendo en cuenta que cada kilogramo de K2 tiene un precio de $2500.00; se estima que, si un mes de producción tiene 46 lotes producidos, 26.51 de estos lotes tienen una deficiencia de 9.84 kg; Se tiene una perdida mensual de 260.85 kg de K2 lo que es igual a $652,146.00. Debido a este problema se tiene mayor consumo de material (95 kilos al mes), así también retraso en la planeación de fechas de entrega de material (5 días por cada 960 kilos faltantes) donde interfieren factores como lo es la temperatura del medio ambiente, la mano de obra, equipos.

Dentro de las hipotesis planteadas se analiza que la temperatura del agua de enfriamiento y los tiempos entre cada cambio de agua en las piletas de cristalización afectan de manera directa el rendimiento de cada lote de producción, el mejoramiento con automatización en alguno de los procesos de Transformación a Empaque y la instalación de equipos de más eficientes, optimizara las condiciones del proceso siendo estas mejor controladas. Debido a también a que los equipos empleados no tienen la capacidad de mantener una temperatura deseada no se logra la adición correctamente de cambios de agua lo cual es un factor de suma importancia para que se dé un correcto proceso de cristalización.

Se tiene como objetivo principal que los lotes de producción tengan un rendimiento por lote de 91.1% de acuerdo con los métricos fijados, para el primer cuarto del año fiscal, con no más de 3.4 lotes por millón debajo de la meta.

El objetivo principal es el anterior lo cual se ve reflejado monetariamente lo que se evita perder por cada lote de producción que esta dentro de meta. Con esto se busca poner en practica las herramientas de las metodología Six Sigma nos ayuda a comprender como se debe aplicar de una manera correcta las

herramientas para los diversos casos o problemas que se pudieran presentar a futuro.

METODOLOGÍA

Six sigma es una metodología de proyecto que consiste en mejorar la calidad de un proceso. Esta metodología se basa en estadísticas para medir los defectos o errores presentes en un proceso y reducirlo hasta que este lo más cerca posible de cero.

Metodología DMAIC: Define, Mide, Analiza, Implementa, Control.

Esta submetodología se usa para aquellos procesos o productos ya existentes dentro de la empresa. DMAIC estudia los productos o procesos y, como indican sus siglas trata de:

- Definir el proceso mapeando el proceso, identificar los problemas que pueda tener y establecer el objetivo final y los requisitos para conseguirlo.
- Medir el desempeño del proceso registrando las actividades realizadas durante el proceso, a la vez que se comprueba si la empresa tiene la capacidad de cumplir con los requisitos de los procesos.
- Analizar el proceso actual para ver cuáles son los motivos por los que el proceso sufre una variación o tiene un desempeño bajo. Es decir, identificar los pasos defectuosos del proceso
- Optimizar el desempeño del proceso eliminando los motivos que causan los fallos en el proceso. Para ello, hace falta testear diferentes variantes para encontrar la forma óptima de llevar a cabo el proceso.
- Controlar el nuevo proceso y su desempeño (control) para evitar que se vuelva a caer en previas formas defectuosas de trabajar. Este proceso suele realizarse con poka-yoke, la cual es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un sistema.

Aplicación de la Metodologia Six Sigma

Medir

1. Aquí se revisa el alcance utilizando una herramienta SIPOC.
2. Se visualiza la informacion en el diagrama de flujo para tener una mejor vision de las areas impactadas en el proceso.
3. En un digrama de flujo de alto valor centrado en las areas involucradas en el proceso, que se detectaron desde el SIPOC.
4. Se utiliza la herramienta digrama de Ishikawa con todas las posibles M que se hayan detectado.

5. Se implementa una matriz ordenada por prioridad, indicando con color las variables de mayor prioridad.
6. Se desglosa la infromacion en un diagrama de pareto para causas priorizadas.
7. Se revisan las posibleas causas con mayor porcentaje acumulativo.
8. Sugen las acciones recomendadas propuestas por las fallas poteniales con un NPR mayor a 100. Se miden las posibles fallas potenciale.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los datos obtenidos a traves de la comprobacion de las hipotesis despues de descartar primero los analisis de medicion del sistema de la planta ya sea por equipo o personal utilizando las herramientas estadisticas como lo es R&R, linealidad y sesgo utilizando el software Minitab, se encuentro que una de las posibles causas potenciales; La cual se ataco implementado una modificacion en el equipo del sistema de enfriamiento con lo que se logro apreciar un mejor control en la temperatura de los cambios de agua disminuyendo de manera notable la variacion de temperatura comparando el antes y despues de la aplicación de esta modificación de este equipo.

De acuerdo con los resultados del DOE, los parametros ideales para obtener un rendimiento deseado por cada lote son los siguientes:

- Utilizar Temperatura de Agua de Enfriamiento Baja (<15.99)
- Asegurar un Tiempo de Cristalización para cada lote de al menos 72 horas.
- Estandarizar el Nivel de Agua de Enfriamiento a no más de 10 cm del drum sin sumergir.
- Utilizar el Factor de KCl A (35% de exceso).

Como parte del procedimiento interno de Kemet, es necesario realizar mínimo 30 corridas para evaluar los resultados obtenidos con el DOE, antes de modificar, implementar y estandarizar los puntos mencionados anteriormente.

Lotes de confirmación:

Con los nuevos parámetros establecidos en el proceso se empiezan a correr lotes y observar los resultados con resultados favorables logrando centrar la población se hace una comparación estadística al obtener resultados de 30 lotes.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Medir: Se revisa el alcance utilizando una herramienta llamada SIPOC

Table 1
Serie del tiempo de rendimiento por batch antes y despues de las mejoras.

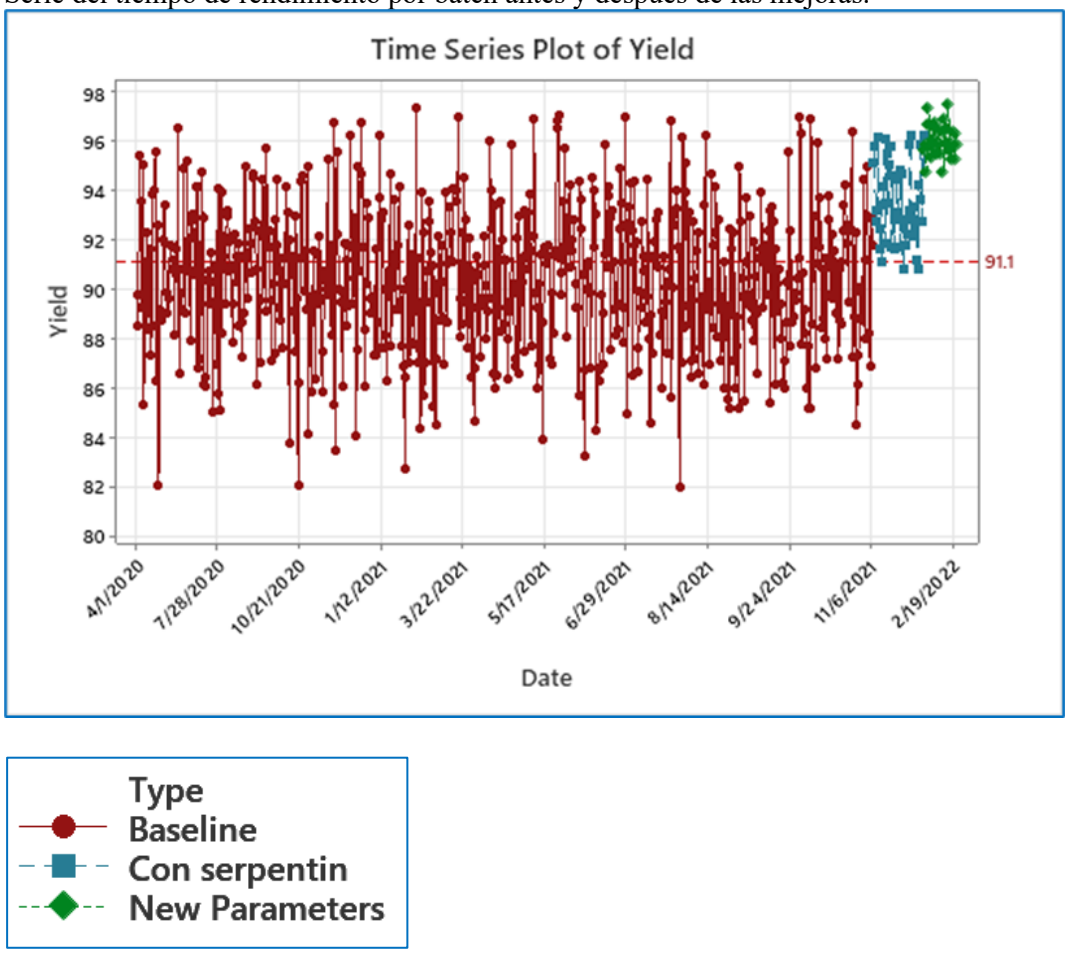


Table 2
SIPOC aplicada en el flujo del proceso.

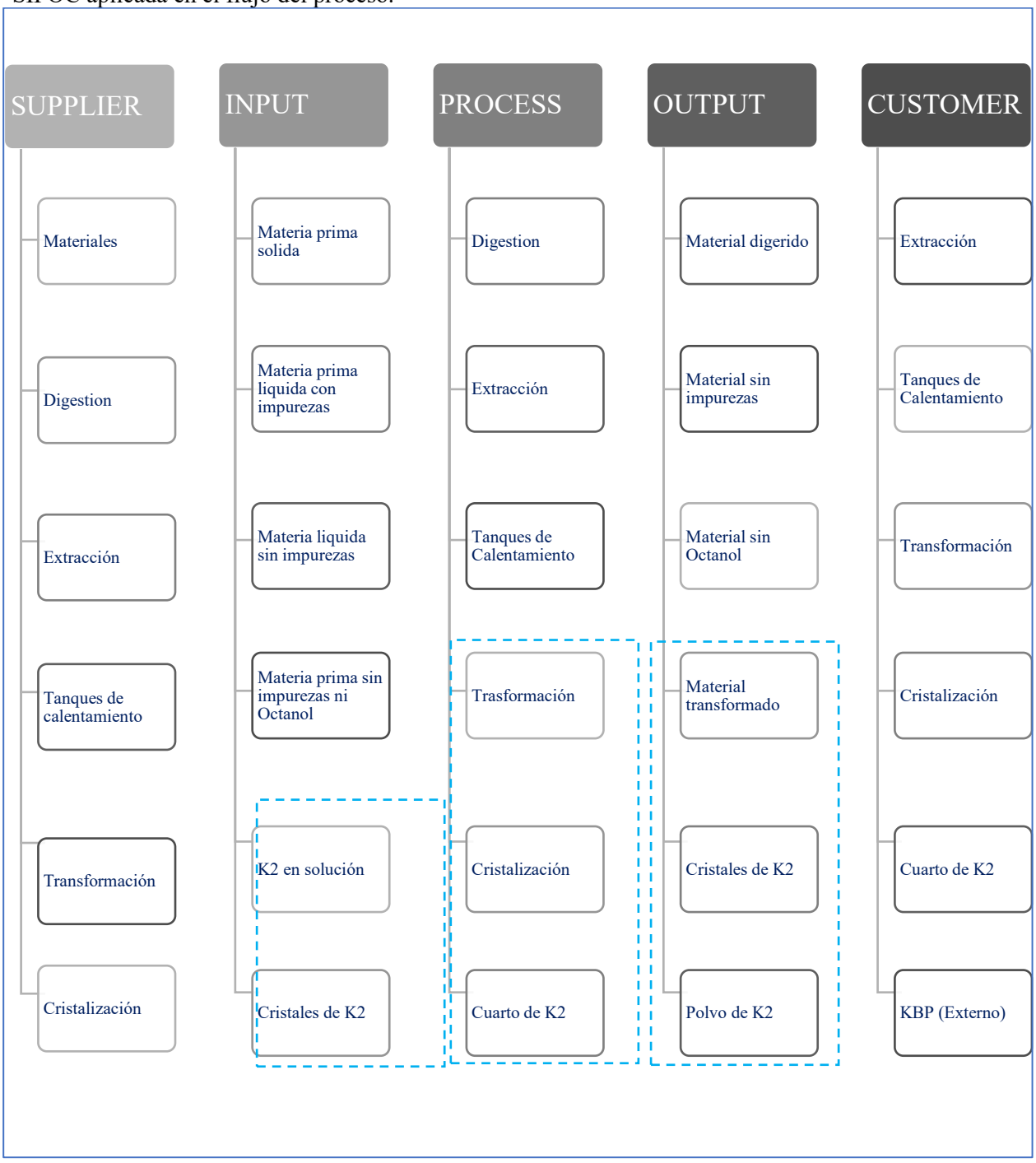
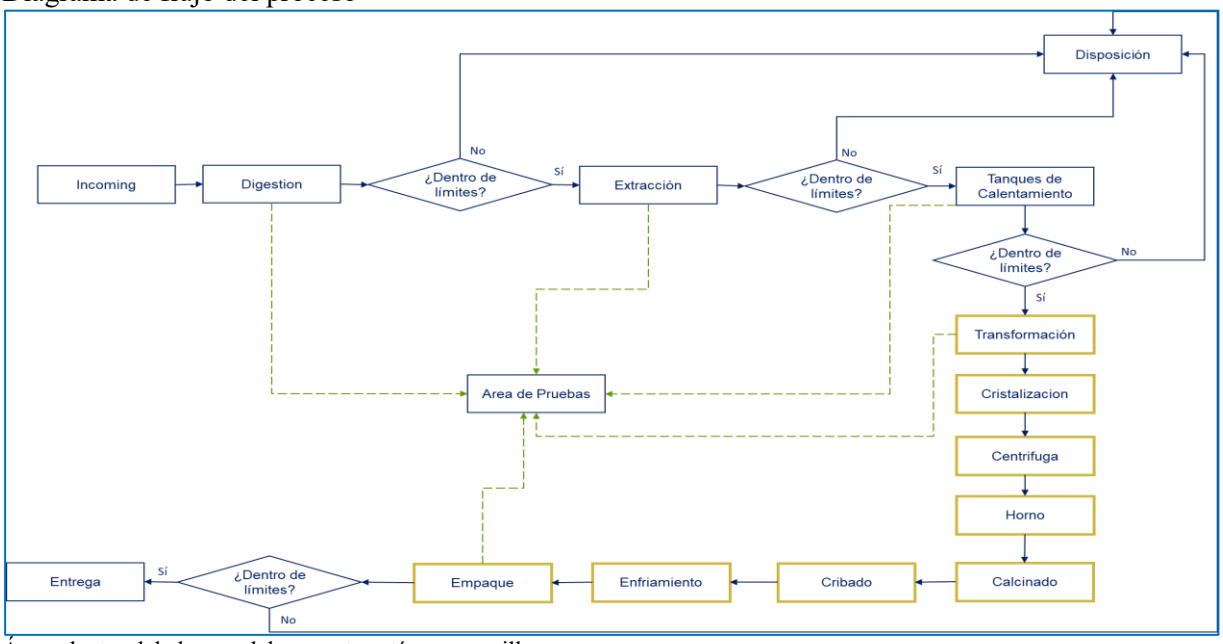


Table 3

Diagrama de flujo del proceso

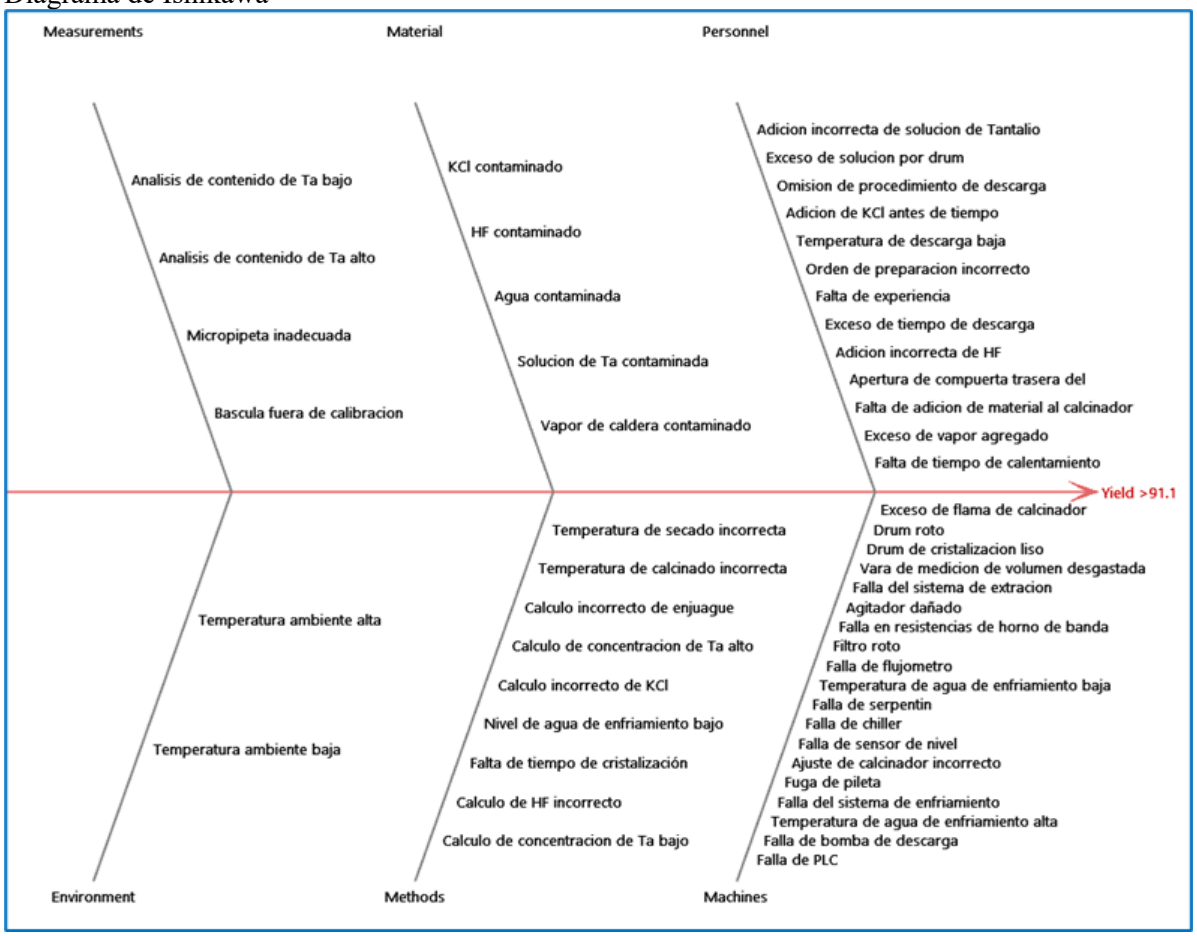


Áreas dentro del alcance del proyecto están en amarillo.

Diagrama de Causa-Efecto

Table 4.

Diagrama de Ishikawa



Se identifican las posibles causas según el factor y se establece una ponderacion en base a la historia del proceso.

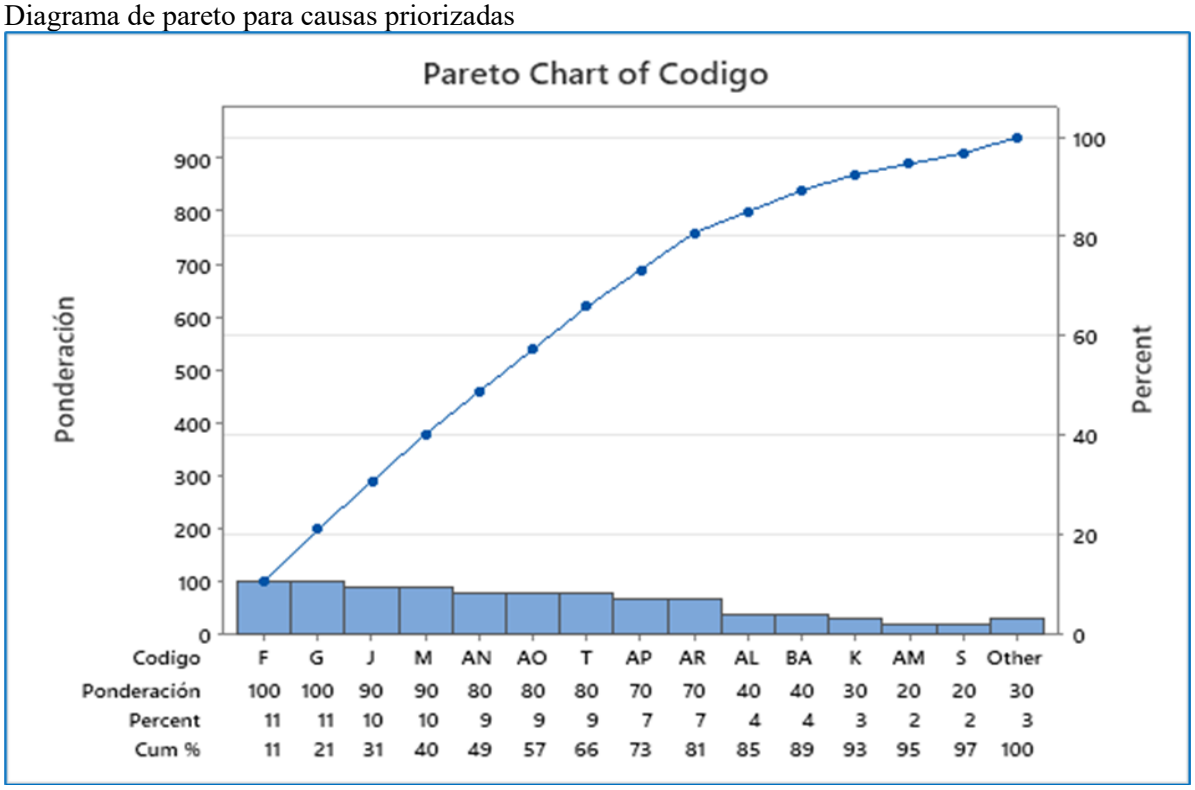
Table 5

Matriz ordenada por prioridad

Código	Factor	Procesos Input	Ponderación
F	Manos de Obra	adición incorrecta de solución de Tantalio	100
G	Manos de Obra	Exceso de solución por drum	100
J	Manos de Obra	Temperatura de descarga baja	90
M	Manos de Obra	Exceso de tiempo de descarga	90
T	Maquinaria	Temperatura de agua de enfriamiento alta	80
AN	Métodos	Falta de tiempo de cristalización	80
AO	Métodos	Nivel de agua de enfriamiento bajo	80
AP	Métodos	Calculo incorrecto de KCl	70
AR	Métodos	Cálculo de concentración de Ta alto	70
AL	Métodos	Cálculo de concentración de Ta bajo	40
BA	Medio Ambiente	Temperatura ambiente alta	40
K	Manos de Obra	Orden de preparación incorrecto	30
S	Maquinaria	Falla de bomba de descarga	20
AM	Métodos	Cálculo de HF incorrecto	20
L	Manos de Obra	Falta de experiencia	10
AB	Maquinaria	Temperatura de agua de enfriamiento baja	10
AJ	Maquinaria	Drum roto	10

Diagrama de Pareto

Table 6
Diagrama de pareto para causas priorizadas



Porcentaje acumulativo con 9 posibles causas:

Table 7
Porcentaje acumulativo de las causas priorizadas.

Código	Factor	Procesos Input	%
F	Manos de Obra	Adición incorrecta de solución de Tantalio	11
G	Manos de Obra	Exceso de solución por drum	11
J	Manos de Obra	Temperatura de descarga baja	10
M	Manos de Obra	Exceso de tiempo de descarga	10
AN	Métodos	Falta de tiempo de cristalización	9
AO	Métodos	Nivel de agua de enfriamiento bajo	9
AP	Métodos	Cálculo incorrecto de KCl	9
AR	Métodos	Cálculo de concentración de Ta alto	7
T	Maquinaria	Temperatura de agua de enfriamiento alta	7

CONCLUSIONES

Para la aplicación de esta y otros tipos de metologia se debe de tener una experiencia previa con el proceso o los procesos donde se busca aplicar por que asi sera mas sencillo comprender los datos que se estaran analizando, en su defecto cuando se establezca el grupo de trabajo para desarrollar esta clase de proyectos. Las herramientas que presenta esta metodologia como lo pueden ser otras son de gran ayuda para identificar los problemas que causan una baja calidad; asi como darle el enforque correcto y encontrar la raiz de estos problemas atraves del desarrollo de hipotesis y el descarte de las mismas utilizando software de estadistica, los cuales proporcionan las herramientas para descartar o no si son causas potenciales que afectan a nuestro proceso.

En el caso de los procesos de cristalizacion los datos en los cuales se basen el estudio seran de suma importancia ya que al analizarlos se podran ver las tendencias, por lo tanto que estos sean confiables ya que podrian producir errores de calculo dando un enforque erroneo a la resolucion de los problemas del proceso. Con el fin de evaluar todo el proceso se engloba todas las partes del proceso de esta manera sera mas facil apreciar otras areas de oportunidad que pudieran mejorarse en el desarrollo de mas proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez, D. O. (15 de Julio de 2021). Cambio quimico. Obtenido de Concepto: https://concepto.de/cambio-quimico/

Barrera, S., & Gomez, R. A. (s.f.). Seis sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. unilasallista, 223-242.

Burgasí Dayanara, C. D. (julio de 2021). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACION: UNA REVISION DE LOS ULTIMOS 7 AÑOS. Revista electronica TAMBARA, 19.

Carrillo, M. S., Peralta, J. T., Severiche, C. A., Ortega, V. P., & Vargas, L. E. (Diciembre de 2021). Reducción de ruido industrial en un proceso productivo metalmecánico: Aplicación de la metodología DMAIC de Lean Seis Sigma. Obtenido de Entre Ciencia e Ingeniería: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672021000200041

Cristalizacion y precipitación. (s.f.). Obtenido de Mettler Toledo:

https://www.mt.com/mx/es/home/applications/L1_AutoChem_Applications/L2_Crystallization.html

Empresa, M. (s.f.). KAIZEN Cambio para mejorar. Obtenido de Mas Empresa: https://www.itescam.edu.mx/principal/docentes/formatos/1782_55.pdf

Esan, C. (30 de Julio de 2015). Kaizen, la filosofía japonesa de la mejora continua. Obtenido de Esan: https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/kaizen-filosofia-japonesa-mejora-continua

GARCIA, M. (03 de 10 de 2019). Herramientas del Lean Six Sigma: la metodlogía para la excelencia operacional. Obtenido de apd: https://www.apd.es/herramientas-del-lean-six-sigma/

Gardey, J. P. (18 de marzo de 2022). Definicion. Obtenido de Cambio Quimico: https://definicion.de/cambio-quimico/

Guzman, R. (28 de enero de 2023). Importancia de la recoleccion y codificacion de datos. Obtenido de Proceso de recolección y codificación de datos: https://ricardo1022.blogspot.com/2023/01/importancia-de-la-recoleccion-y.html

Hernández, J. B., Lopera, L. M., & Carreño, J. C. (12 de Enero de 2016). Six Sigma como Herramienta de Mejoramiento Continuo: Caso de Estudio. Obtenido de Revista ESPACIOS: https://www.revistaespacios.com/a16v37n09/16370909.html

Laoyan, S. (30 de Septiembre de 2022). asana. Obtenido de Metodologías de mejora de procesos y cómo hacer una propuesta: https://asana.com/es/resources/process-improvement-methodologies

Martínez, A., & Morales, J. (2022). Lean Seis Sigma para la mejora de procesos. Universidad Miguel Hernández de Elche.

Martinez, J. A., Lopez, O. I., Resendiz, J. E., & Sanchez, A. (s.f.). Cristalizacion. Obtenido de Couse Hero: https://www.coursehero.com/file/194015519/Cristalizaci%C3%B3n/

Ortega, C. (s.f.). Question Pro. Obtenido de Análisis estadístico: Qué es, usos y cómo realizarlo: https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-estadistico/#:~:text=Sabemos%20que%20el%20an%C3%A1lisis%20de,estructura%20e%20interpretar%20su%20funcionamiento.

Pérez, E., & García, M. (Julio de 2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el

envasado de licores en Fanal. Tecnología en Marcha, págs. 88-106.

Ribas, E. (8 de Agosto de 2022). Qué es el Six Sigma: la metodología para mejorar los procesos de una empresa. Obtenido de iebs: https://www.iebschool.com/blog/metodologia-six-sigma-mejorar-procesos-empresa-tecnologia/

Rivera, G. (29 de June de 2020). SIX SIGMA a través de 7 Herramientas de Control de Calidad. Obtenido de SPC consulting group: https://spcgroup.com.mx/six-sigma-a-traves-de-las-7-herramientas-de-calidad/

Silvia, L., Liliana, G., & Fernanda, V. (2014). SIX SIGMA: FACTORES Y CONCEPTOS CLAVES. INVESTIGACION OPERATIVA, 107-120.

Technology, E. K. (20 de octubre de 2023). glosario-tic. Obtenido de ticportal: https://www.ticportal.es/glosario-tic/six-sigma