

Implementation of quality management tools to reduce operating costs in the company Inversiones Postes Sánchez S.A.C. 2021

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Davis Anderson Chávez-Lázaro, estudiante Ingeniería Industrial¹, Jeyson Wilder Vargas-Flores, estudiante Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, davisandersonchavezlazaro@gmail.com, jeysonwilder@gmail.com

Abstract– The present work aims to develop an improvement proposal to reduce the operating costs of the company Inversiones Postes Sánchez S.A.C. The various factors and causes that affect it were analyzed; Also, the economic impact it causes on the company was recognized. Among the main factors and causes evaluated that generate large losses we have: a bad production work methods, personnel not trained in the production of CAC poles, there is no control and planning of maintenance of equipment and machines in the area of production of poles and poor control of their environment and work environment.

The engineering methodologies proposed in this research are: QFD quality house, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Six Sigma process improvement. These will allow us to: improve the operating process. Using a group of matrices that organize the knowledge of a company regarding customer requirements and product characteristics, evaluate all current and potential failures found in the production process of the company Postes Sánchez S.A.C. assigning them an RPN from the multiplication of the occurrence, severity and detection; and identify the variability of the data collected from the variables and attributes of the diagnosed causes.

The results of the proposed engineering methodologies are: improvement of the current production work method, personnel development, control of materials in production and production planning. Likewise, the economic / financial evaluation of the proposal for improvement in maintenance management in the production process in the company Inversiones Postes Sánchez S.A.C. resulting in a positive Van equal to S / .1417.70, with an IRR of 22.17%, recovering the total investment in 8.7 years.

Keywords: QFD, AMFE, Management, Quality, Six Sigma, Costs.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.400>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Implementación de herramientas de gestión de la calidad para la reducción de costos operativos en la empresa Inversiones Postes Sánchez S.A.C. 2021

Implementation of quality management tools to reduce operating costs in the company Inversiones Postes Sánchez S.A.C. 2021

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Davis Anderson Chávez-Lázaro, estudiante Ingeniería Industrial¹, Jeyson Wilder Vargas-Flores, estudiante Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, davisandersonchavezlazaro@gmail.com, jeysonwilder@gmail.com

Resumen– El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar una propuesta de mejora para reducir los costos operativos de la empresa Inversiones Postes Sánchez S.A.C. Se analizaron los diversos factores y causas que la afectan; también, se reconoció el impacto económico que ocasiona en la empresa. Entre los principales factores y causas evaluadas que generan grandes pérdidas tenemos: un mal métodos de trabajo de producción, personal no entrenado en producción de postes C.A.C., no se cuenta con un control y planeamiento de mantenimiento de equipos y máquinas en el área de producción de postes y un mal control de su entorno y ambiente laboral.

Las metodologías de ingeniería propuestas en la presente investigación son: Casa de calidad QFD, Análisis de Modo de Fallos y Efectos (AMFE), Mejora de procesos Six Sigma. Estos nos permitirán: mejorar el proceso de operación. Usando un grupo de matrices que organizan el conocimiento de una empresa respecto a las exigencias de los clientes y características del producto, evaluar todos aquellos fallos actuales y potenciales que se encuentran en el proceso productivo de la empresa Postes Sánchez S.A.C. asignándoles un NPR a partir de la multiplicación de la ocurrencia, gravedad y detección; e identificar la variabilidad de los datos recolectados de las variables y atributos de las causas diagnosticadas.

Los resultados de las metodologías de ingeniería propuestas son: mejora del actual método de trabajo de producción, desarrollo de personal, control de materiales en producción y planificación de producción. Así mismo, se hizo la evaluación económica / financiera de la propuesta de mejora en gestión de mantenimiento en el proceso productivo en la empresa Inversiones Postes Sánchez S.A.C. dando como resultado un Van positivo igual a S/.1417.70, con un TIR del 22.17%, recuperándose el total de la inversión en 8.7 años.

Palabras clave: QFD, AMFE, Gestión, Calidad, Six Sigma, Costos.

Abstract– The present work aims to develop an improvement proposal to reduce the operating costs of the company Inversiones Postes Sánchez S.A.C. The various factors and causes that affect it were analyzed; Also, the economic impact it causes on the company was recognized. Among the main factors and causes evaluated that generate large losses we have: a bad production work methods, personnel not trained in the production of CAC poles, there is no control and planning of maintenance of equipment and machines in the area of production of poles and poor control of their environment and work environment.

The engineering methodologies proposed in this research are: QFD quality house, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Six Sigma process improvement. These will allow us to: improve the operating process. Using a group of matrices that organize the

knowledge of a company regarding customer requirements and product characteristics, evaluate all current and potential failures found in the production process of the company Postes Sánchez S.A.C. assigning them an RPN from the multiplication of the occurrence, severity and detection; and identify the variability of the data collected from the variables and attributes of the diagnosed causes.

The results of the proposed engineering methodologies are: improvement of the current production work method, personnel development, control of materials in production and production planning. Likewise, the economic / financial evaluation of the proposal for improvement in maintenance management in the production process in the company Inversiones Postes Sánchez S.A.C. resulting in a positive Van equal to S/.1417.70, with an IRR of 22.17%, recovering the total investment in 8.7 years.

Keywords: QFD, AMFE, Management, Quality, Six Sigma, Costs.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es realizado con el objetivo de determinar la influencia de un sistema de gestión de calidad en la reducción de los costos operativos de la empresa Inversiones Postes Sánchez SAC. Para ello, se elabora un plan de mejora en el control de calidad, así como una evaluación de las causas que generan pérdidas económicas. La empresa investigada, también es conocida con el nombre de Posan y cuenta con más de 20 años de experiencia en el mercado peruano, especializándose en la fabricación de artículos de concreto, hormigón, cemento y yeso.

Hablamos muy a menudo sobre calidad, pero cuando preguntamos a empleados potenciales, colaboradores actuales, proveedores o fabricantes, incluso a profesionales del sector, “¿qué es la calidad?” las respuestas son muy variadas y no expresan una idea clara. En un primer nivel, calidad es cumplir con las especificaciones del cliente, desde el punto de vista de marketing y financiero, es asegurarse de que vuelvan los clientes y no devuelvan el producto. Y en un nivel más popular, es hacer las cosas correctamente, con los mejores medios y a través de la práctica de la excelencia. Entonces, la calidad es proporcionar de manera eficiente productos y servicios que cumplan o superen las expectativas del cliente.

Se sabe que la empresa Postes Sánchez trabaja para fabricar y comercializar productos de alta calidad, a un buen precio, tiene una cultura de responsabilidad y seriedad con el cumplimiento de

las Normas Técnicas para postes de concreto. Por ello, usa solamente materia prima de primera clase, logrando así, resistencia y durabilidad garantizada en sus productos. Sin embargo, la falta de control en su proceso productivo ha provocado que estos estándares se dejen de cumplir parcialmente, logrando así altos costos en la mano de obra y compra de materiales.

Por ello, en la ejecución del proyecto se realiza un costeo de pérdidas por problemas en la gestión de calidad y proceso productivo en base a los métodos usados por la Ingeniería industrial, para poder desarrollar una propuesta de mejora que permita reducir costos en la producción. Empleando las herramientas siguientes:

- Diagrama de Ishikawa: En el cual se presentan las fallas y las causas raíces que afectan al área de Producción con respecto al problema de los costos operacionales elevados en el proceso productivo de postes de concreto.

- Encuesta: se realizó una encuesta a los 8 trabajadores del área de Producción, con el objetivo de conocer con exactitud las causas raíces que afectan al área de Producción, ya que ellos están involucrados directamente en el proceso productivo.

- Herramientas estadísticas: se empleó diversos gráficos estadísticos, con la finalidad de visualizar cada una de las causas raíces y poder más adelante monetizar las pérdidas de la empresa.

La gestión de calidad es de suma importancia para toda empresa, esta nos permite brindar a los clientes productos de alta calidad, con una garantía que asegure la confianza y satisfacción de estos, obteniendo elevados índices de productividad, calidad y bajos costos [16]. Este sistema se centra en implementación del ciclo de Deming, el cual es una herramienta de la mejora continua que cuenta con las diversas normas de calidad que se usan en la actualidad [1]. Asimismo, la gestión de calidad ayuda a dirigir, organizar y controlar una empresa con el fin de lograr una plataforma de calidad [5].

Cuando se implementa un sistema de gestión de calidad se recurre a los costos de calidad, que son aquellos costos en los que se invierte para evitar las disconformidades, incumplimientos y reprocesos generados por una tardía detección de errores y un mal control de los procesos [10]. Este término fue utilizado desde principios de la segunda mitad del siglo XX y se clasifican en costos de prevención, costos de evaluación y costos por fallas [8].

La primera herramienta usada es la casa de calidad (QFD), esta surgió a finales de la década de 1960 y lleva su nombre de la traducción al inglés de las palabras japonesas “hinshitsu kino tenkai” [6]. La casa de calidad es un instrumento de perfeccionamiento, diseño y planificación la cual se enfoca en los clientes. Su aplicación es de suma importancia en la producción ajustada y en la ingeniería concurrente. Esta herramienta al ser estructurada y sencilla de usar permite implementar de manera cuantitativa los requerimientos de los consumidores, con el fin de disminuir los costos productivos, incrementar la calidad, asegurar la satisfacción del cliente y reducir el ciclo de desarrollo de los productos [9]. A diferencia de otros métodos de calidad, el QFD ofrece una ventaja significativa al buscar el cumplimiento de metas y mejorar el posicionamiento de la empresa [11]. También ha mostrado ser más efectiva, pues no solo disminuye los errores sino también maximiza el valor [6].

Para solucionar los problemas ocasionados por las máquinas y equipos se utilizó el mantenimiento productivo total. Esta

metodología se basa en 8 pilares, los cuales son mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mantenimiento de calidad, prevención del mantenimiento, actividades de apoyo, formación y adiestramiento y por último la gestión de seguridad y entorno. Con esta herramienta se busca maximizar la eficiencia y la disponibilidad de los equipos y maquinarias haciendo uso de la participación de todas las áreas de la empresa. Los resultados son comprobados a través de indicadores como el OEE el cual es obtenido de la multiplicación de la disponibilidad por el rendimiento y por la calidad [7].

Otra herramienta utilizada fue el análisis modal de fallas y efectos (AMFE), la cual nos ayuda a encontrar las fallas actuales y poder prevenir las futuras, a través de la clasificación y priorización de estas [2]. Este método tiene como objetivo analizar y proporcionar una evaluación de los riesgos que se tiene en los productos o procesos de la empresa. En este se evalúan los factores de gravedad de las consecuencias, la frecuencia de ocurrencia y la probabilidad de detectabilidad, haciendo uso de tablas a través de las cuales se puede asignar una escala del 1 al 10 a cada uno de estos factores, para calcular el riesgo por medio de la fórmula de número de prioridad de riesgo (RPN): $RPN = S * O * D$ [3].

Las herramientas usadas fueron aplicadas en conjunto con la metodología de mejora de procesos six sigma. Esta metodología es ampliamente usada en las industrias por sus buenos resultados, su utilización se enfoca en el cumplimiento de logros específicos como el incremento de la productividad, disminución de costos, satisfacción de los clientes, reducción de fallas y mejora de la calidad a partir de la medición, análisis y transformación organizacional de la empresa, empleando los subprocesos DMAIC y DMADV [17]. Con esta metodología se hace uso de herramientas estadísticas tales como el MSA, la cual es fundamental porque facilita la identificación de componentes importantes en un proceso de medición, validación y comprobación de los datos recopilados [13].

Como primer antecedente tenemos a la Tesis: “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA EMPRESA DE TRANSPORTE DE CARGA CODIGEN S.A.C. TRUJILLO - PERÚ” Elaborada por: Jennifer, Holguín Algarate y Claudia, Medina Mancilla para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte – Perú año 2012. Donde se concluye que: Mediante la implementación del sistema de Mantenimiento Programado propuesto aumentaría la disponibilidad de las unidades de transporte en un 59%.

También tenemos a la Tesis: “PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS OPERACIONALES DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACCESORIOS DE CONCRETO PARA RED ELÉCTRICA DE LA EMPRESA POSTES DEL NORTE S.A.-SUCURSAL MILAGRO 2” Elaborada por: Hanz Kevin, Boy Mendoza para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte – Perú año 2018. Donde se concluye que: La propuesta de mejora reduce los costos operacionales del sistema de producción de accesorios de concreto para red eléctrica de la empresa Postes del Norte S.A.- Sucursal Milagro 2 en un 54%.

Por último, tenemos a la Tesis: “PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA PRODUCTIVO PARA REDUCIR EL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA EL MILAGRO

DE LA EMPRESA POSTES DEL NORTE S.A.” Elaborada por: Lisset Milagros, Br. Rosas Ruiz, para optar el título profesional de Ingeniera Industrial, Universidad Privada del Norte – Perú año 2015. Donde se concluye que: Con la propuesta de mejora se obtendrá como resultado se obtiene un mejor aprovechamiento de los recursos, reflejado en una reducción del costo de producción de S/.6,757.62 al mes y una reducción de recurso humano necesario de 0.37 horas-hombre/poste.

Por lo mencionado anteriormente se recalca la importancia científica de este proyecto en determinar la influencia que se presenta en la implementación de un sistema de gestión de calidad con la reducción de los costos operativos de la empresa Inversiones Postes Sánchez SAC.

II. METODOLOGÍA

El tipo de investigación fue cuantitativa con estudios de alcance correlacional, pues existió una relación recíproca entre la variable dependiente e independiente. Estas fueron influencia de la implementación de un sistema de gestión de calidad y reducción de los costos operativos respectivamente.

Se tiene como muestra y población al área de producción de la empresa Inversiones Postes Sánchez SAC, en donde se recolectaron datos utilizando las técnicas e instrumentos mostrados en la siguiente tabla.

TABLA I
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica	Instrumento
Observación	Ficha de observación
Entrevista	Guía de entrevista
Encuesta	Cuestionario
Recopilación documental	Tabulación de datos

A. Diagnóstico de la empresa.

Con los datos recolectados, mediante el diagrama de Ishikawa, se busca determinar las causas raíces que presenta el área de producción de la empresa Inversiones Postes Sánchez SAC, las cuales abarcan criterios de materia prima, maquinaria, mano de obra y ambiente laboral.

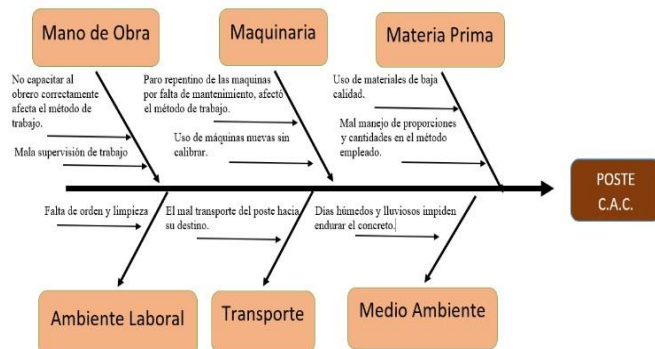


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa

De las causas identificadas, se utilizaron las siguientes: CR1 mal manejo de proporciones y cantidades en el método empleado; CR2 paro repentino de las máquinas y equipos por falta de mantenimiento; CR3 paro o retrasos producido por accidentes

leves y/o permisos laborales; y CR4 falta de orden y limpieza en las instalaciones. A estas causas se les asignó una variable o atributo que permitió monetizar las pérdidas económicas.

Para la causa raíz 1. Se identificaron costos por el uso de materiales empleados para elaborar probetas de concreto tanto en el Área de Mezcla (cemento, agua, arena gruesa, gravilla 1/2) como en el Área de Hidratación (piscina llena de agua), donde se sumergen las probetas hechas para ser hidratadas. Para luego ser enviadas al laboratorio en donde se realizan pruebas de resistencia a la compresión, la cual tiene un costo total de (S/. 120 mensuales), costo necesario para saber si las cantidades que se emplean en la mezcla son las adecuadas. Asimismo, se encuentra el costo perdido por el desperdicio de materiales y mano de obra mencionados anteriormente, producto de reprocesos por no cumplir con el porcentaje de resistencia óptima de 97.5% a más. La siguiente tabla muestra algunas pruebas de resistencia ensayadas en el laboratorio.

TABLA II
PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Nº	Resist. Obtenida (Kg/cm2)	Resist. Diseño (Kg/cm2)	%	Nº de pruebas que no cumplieron el porcentaje requerido
1	271	280	96.79%	1
2	274	280	97.86%	0
3	271	280	96.79%	1
4	273	280	97.50%	0
5	275	280	98.21%	0
6	271	280	96.79%	1
7	273	280	97.50%	0
8	274	280	97.86%	0
9	272	280	97.14%	1
10	273	280	97.50%	0
11	275	280	98.21%	0
12	273	280	97.50%	0
13	257	280	91.79%	1
14	261	280	93.21%	1
15	257	280	91.79%	1
16	254	280	90.71%	1
17	274	280	97.86%	0
18	276	280	98.57%	0
19	274	280	97.86%	0
20	275	280	98.21%	0
21	276	280	98.57%	0
22	259	280	92.50%	1
23	276	280	98.57%	0
24	273	280	97.50%	0
Total				9

TABLA III
COSTO PRUEBA DE RESISTENCIA POR UNIDAD

Ítem	Costo (Soles)
Cemento	3.14
Arena	2.88
Grava	2.94
Electricidad	1.98
Agua	1.43
MO	1.65
Prueba de Resistencia	15
Total	29.01

TABLA IV
COSTOS CR1 POR AÑO

N° de pruebas que no cumplieron el porcentaje requerido	9
Soles/prueba	29.01
Pérdida	261.11
18 Pérdidas en 6 meses	522.23
36 Pérdidas por año	1044.45

En la causa raíz 2, se sabe que, para producir de postes de concreto, se necesitan moldes y maquinarias para ser fabricados; sin embargo, si estas maquinarias no reciben mantenimiento entre cada producción, presentarán un deterioro en su estructura y fallos en su motor y sistema eléctrico, provocando paros repentinos de las máquinas y equipos los cuales causan pérdidas mensuales de S/. 2400. A continuación, se presenta las consecuencias del uso de los moldes, así como también su repercusión económica del uso.

TABLA V
COSTOS CR2 POR AÑO

Maquinaria y equipos	Tiempo de reparación por paradas (h)	N° de paradas por MC (6 meses)	Tiempo total de reparación	Costo de MC*h	Costo Total de MC por 6 meses (S/.)	Costo Total por año (S/.)
Molde de postes	3	5	15	533.33	8000.00	16000.00
Generador de energía	24	1	24	125.00	3000.00	6000.00
Batea mezcladora	24	1	24	20.83	500.00	1000.00
Arco transportador	48	3	144	13.89	2000.00	4000.00
Tecle de Grúa	36	3	108	8.33	900.00	1800.00
Total	135	13	315	701.39	14400.00	28800.00

En el caso de la causa raíz 3. La falta de personal en el área de producción de postes de concreto, afecta el esquema planificado por el jefe de producción y tiene una alta repercusión mensual, debido a que un hombre menos en producción retrasa el ritmo y el tiempo de entrega de postes, y a su vez recarga de trabajo a sus demás compañeros sobre exigiéndoles para poder cubrir su ausencia afectando su rendimiento. Todo esto es necesario para poder cumplir con la cantidad de postes requeridos por el área de logística y ventas. Cabe resaltar que los obreros laboran 6 días a la semana durante 8 horas teniendo un ingreso por hora de S/. 6.59. La siguiente tabla muestra los costos y tiempos de trabajo que causa la falta de personal.

TABLA VI
COSTOS CR3 POR AÑO

Áreas	N° de Accidentes leves y/o permisos laborales	Tiempo adicional (Hrs*Semana)	Tiempo adicional (Hrs*Mes)	Gastos Adicionales (S/.)	Costos total por año (S/.)
Estructuras	1	0.28	1.12	1370.00	2828.57
Armado de estructuras	1	0.36	1.44	750.00	1613.88
Área de mezcla	3	0.55	2.2	350.00	873.98

Área de llenado	2	0.55	2.2	280.00	733.98
Secado	2	1.70	6.8	2740.00	6017.74
Acabados	2	1.50	6	570.00	1614.48
Almacén	3	1	4	300.00	916.32
Total	14.00	5.94	23.76	6360.00	14598.94

Por último, se tiene la Causa raíz 4. La falta de orden y limpieza en el área de producción generado por los obreros y la materia prima, provoca una mala coordinación entre obreros y a que tienen dificultad para desplazarse y trasladarse entre cada área y por ende tienden a realizar malas coordinaciones y extender el tiempo producido en sus respectivas áreas, lo cual se traduce en tiempo muertos o improductivos, dichos tiempos tienen una repercusión mensual. La siguiente tabla muestra los costos y tiempos que generan el desorden en las distintas áreas de producción.

TABLA VII
COSTOS CR4 POR AÑO

Áreas	N° de retrasos por falta de orden y limpieza	Tiempo perdido promedio (minutos * día)	Tiempo perdido promedio (minutos*s emana)	Tiempo perdido promedio (minutos*mes)	Costo total por año (S/.)
Armado de Estructuras	2	5	30	120	158.16
Área de Mezcla	2	5	30	120	158.16
Área de Llenado	4	10	60	240	316.32
Acabados	3	12	72	288	379.58
Almacén	4	15	90	360	474.48
Total	15	47	282	1128	1486.70

Una vez monetizadas, con ayuda del diagrama de Pareto se jerarquizó los costos de mayor a menor para determinar aquellas causas que son de mayor prioridad a la hora de brindar una solución.

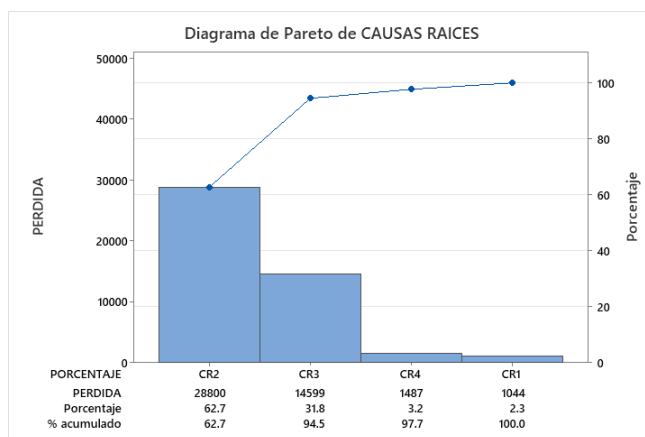


Fig. 2 Diagrama de Pareto

Seguidamente se halló la matriz de operacionalización de indicadores.

TABLA VIII
MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE INDICADORES

CR	Descripción	Indicador %	Fórmula	VA %	Pérdida (\$/AÑO)
Cr1	Mal manejo de proporciones y cantidades en el método empleado	% de pruebas con resistencia mayor al 97.5%	$\frac{\text{Pruebas resistencia mayor a 97.5\%}}{\text{Total de pruebas de resistencia}} \times 100\%$	63%	1,044.45
Cr2	Paro repentino de las máquinas y equipos por falta de mantenimiento	% de disponibilidad de máquinas y equipos	$\frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Tiempo teórico de operación}} \times 100\%$	75%	28,800.00
Cr3	Paro o retrasos producido por accidentes leves y/o permisos laborales	% de tiempo útil en producción	$\frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Tiempo teórico de operación}} \times 100\%$	89%	14,598.94
Cr4	Falta de orden y limpieza	% de tiempo útil en áreas de producción	$\frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Tiempo teórico de operación}} \times 100\%$	91%	1,486.70

B. Solución propuesta

Se aplicó la herramienta de calidad QFD. Con la aplicación de esta herramienta se pudo mejorar el proceso de operación. Usando un grupo de matrices que organizan el conocimiento de una empresa respecto a las exigencias de los clientes y características del producto. Para ello, se identificó las necesidades y requerimientos de los clientes, tanto externos como internos. Se prioriza la satisfacción de estas expectativas en función de su importancia, focalizando todos los recursos humanos y materiales, en la satisfacción de dichas expectativas.

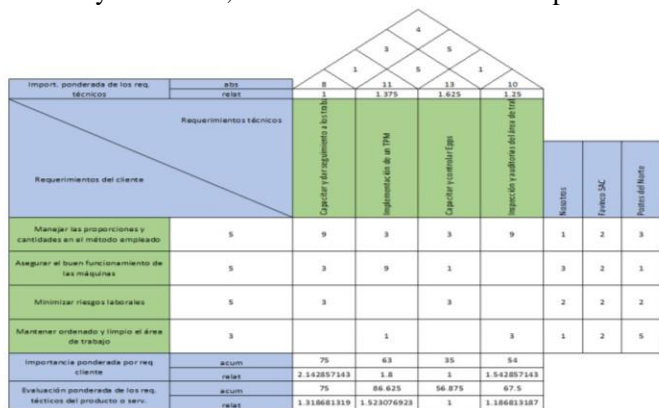


Fig. 3 Casa de Calidad (QFD)

En la implementación del análisis de modo de falla y efecto (AMFE), se evaluó todos aquellos fallos actuales y potenciales que se encuentran en el proceso productivo de la empresa a Postes Sánchez S.A.C. asignándoles un NPR a partir de la multiplicación de la ocurrencia, gravedad y detección identificando a aquellos que son muy relevantes y los que no tanto, para poder eliminarlos o reducirlos a través de acciones recomendadas con la finalidad de mejorar la calidad de los procesos, la satisfacción de los clientes y la disminución de los costos productivos. Las operaciones con el NPR más elevado y por ende las de prioridad más alta fueron las de despacho y mantenimiento, la cual fue la primera a la que se le buscó una mejora para luego seguir con las demás.

TABLA IX
ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO (AMFE)

Operación o función	Nº	Modos de Fallo	Efectos	Causas	Medidas de control actuales	Ocurrida	Gravedad	Detección	Nº Prioridad de Riesgo
Ensayo de probetas	1	Medidas incorrectas de materiales de mezcla	Reprocesos, material poco resistente, calidad del poste	Falta de capacitación es adecuadas	Prueba de compresión	5	6	2	60
Transporte	2.1	Entrega de	Horas extra,	Falta	Hablar con	2	7	2	28

de materiales dentro de las instalacione s		productos en áreas incorrectas	incidentes.	comunicado n con el proveedor	anticipación con el proveedor				
	2.2	Maquinaria mal ubicada	Horas extra	Falta de auditorías internas	Ninguno.	2	4	2	16
Despacho	3.1	Accidentes durante el despacho	Desperfo en productos y maquinarias, retraso en la entrega	Carencia de instalacione s apropiada s	Ninguno.	7	7	8	392
	3.2	Accidentes durante el despacho	Desperfo en productos y maquinarias, retraso en la entrega	Mal clima	Ninguno.	7	7	7	343
Mantenimie nto de máquinas	4	Mala calibración de máquinas	Paro en las máquinas y equipos	Falta de control de mantenimie nto	Ninguno.	4	8	7	224
Producción	5	Caso omiso a las indicacione s del jefe de planta	Accidentes laborales, horas extra	Mala capacitación	Capacitacio nes	2	2	5	20

La mejora de procesos Six Sigma, permitió identificar la variabilidad de los datos recolectados de las variables y atributos de las causas diagnosticadas, entre los límites de especificación tanto a largo como a corto plazo. Asimismo, determinar el nivel Z en los que se encuentran los procesos para poder analizar las mejoras necesarias que permitan alcanzar un nivel Six Sigma a través del ciclo de DMAIC. Se realizó este proceso a cada uno de las 4 causas raíces.

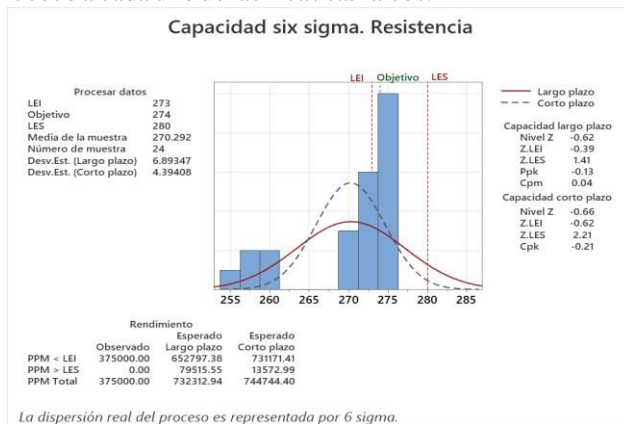


Fig. 4 Capacidad Six Sigma. CR1 Resistencia

Como se muestra en la figura, el proceso presentado tiene por objetivo una resistencia 274 kg/cm², posee un nivel Z a largo plazo de -0.62 y a corto plazo de -0.66, lo que nos indica que aún se encuentra muy lejos de la capacidad Six Sigma, encontrando un total de 732312.94 errores por millón a largo plazo y 744744.40 errores por millón a corto plazo.

TABLA X
METODOLOGÍA DMAIC CR1

Metodología DMAIC	
Etapas	Procedimientos
D (Definir)	<p>Con ayuda del Diagrama de Ishikawa se identificó un problema en el proceso de ensayo de probetas tomando como variable a la resistencia obtenida, buscando obtener una resistencia que logre cumplir con el cliente.</p> <p>Se identificaron, analizaron los requerimientos técnicos del cliente con la ayuda de la herramienta QFD.</p>
M (Medir)	<p>Se realizó un Diagrama de flujo del proceso de ensayo de probetas.</p> <p>Se elaboró un histograma de las resistencias.</p> <p>Se realizaron gráficos de control (X-R) utilizando datos trimestrales, encontrando causas especiales fuera de los límites en el gráfico R, lo cual nos indicó que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.</p>

	Se determinó el límite de especificación inferior y superior de resistencia, siendo estos de 275 y 280.
	Se encontró la capacidad actual del proceso, obteniendo un cpk inferior de 0.47 y superior de -0.131, lo cual nos indica que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones superiores, pero no con las inferiores.
	Se halló la capacidad Six Sigma del proceso de ensayo de probetas, hallando que posee un nivel Z a largo plazo de -0.62 y a corto plazo de -0.66.
A (Analizar)	Con la ayuda de la herramienta AMFE, se encontró que el fallo se produjo por un mal control de cantidad de materia prima para la mezcla, producto de una capacitación inadecuada.
	Se ajustó y evaluó la capacidad del proceso.
I (Mejorar)	Se generó una solución, la cual fue asignar un jefe a cargo del área, el cual se encargará de controlar, dar seguimiento y capacitar a los trabajadores.
	Se verificó la capacidad final del proceso.
C (Controlar)	Se desarrolló un plan de control y monitoreo.
	Se estandarizó el proceso de ensayo de probetas.

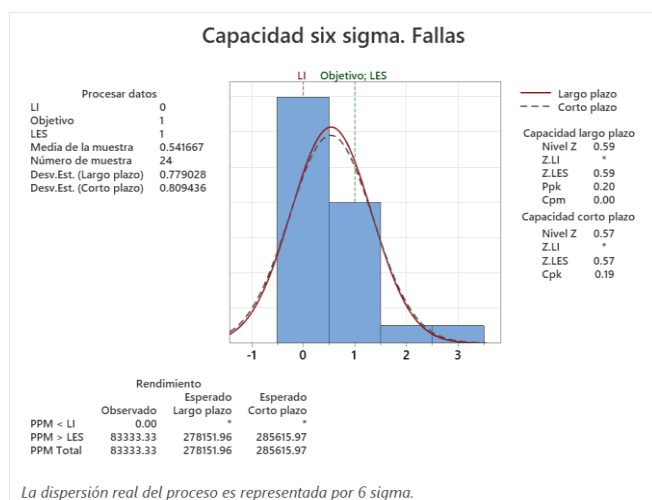


Fig. 5 Capacidad Six Sigma. CR2 Fallas

Como se muestra en la figura, el proceso presentado tiene por objetivo lograr que solo se produzca 1 falla por semana posee un nivel Z a largo plazo de 0.59 y a corto plazo de 0.57, lo que nos indica que aún se encuentra muy lejos de la capacidad Six Sigma, encontrando un total de 278151.96 errores por millón a largo plazo y 285615.97 errores por millón a corto plazo.

TABLA XI
METODOLOGÍA DMAIC CR2

Metodología DMAIC	
Etapas	Procedimientos
D (Definir)	Con ayuda del Diagrama de Ishikawa se identificó un problema en el proceso de mantenimiento a las máquinas y equipos, tomando como atributo al N° de fallas ocurridas.
	Se identificaron, analizaron los requerimientos técnicos del cliente con la ayuda de la herramienta QFD.
M (Medir)	Se realizó un Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento de máquinas y equipos.

	Se elaboró un histograma de las fallas.
	Se realizaron gráficos de control NP utilizando los datos de 6 meses, encontrando causas especiales fuera de los límites, lo cual nos indicó que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.
	Se determinó el límite inferior y límite de especificación superior de las fallas, siendo estas de 0 y 1.
	Se encontró la capacidad actual del proceso, obteniendo un cpk superior de -0.005, lo cual nos indica que el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones superiores.
	Se halló la capacidad Six Sigma de los fallos producidos por una mala calibración de las máquinas y equipos, hallando que posee un nivel Z a largo plazo de 0.59 y a corto plazo de 0.57.
A (Analizar)	Con la ayuda de la herramienta AMFE, se encontró que el fallo se produjo por una mala calibración de las máquinas y equipos, producto de una falta de control en el mantenimiento.
	Se ajustó y evaluó la capacidad del proceso.
I (Mejorar)	Se generó una solución, la cual fue asignar a un técnico especialista y un equipo encargado de la implementación del TPM.
	Se verificó la capacidad final del proceso.
C (Controlar)	Se desarrolló un plan de control y monitoreo.
	Se estandarizó el proceso de mantenimiento.

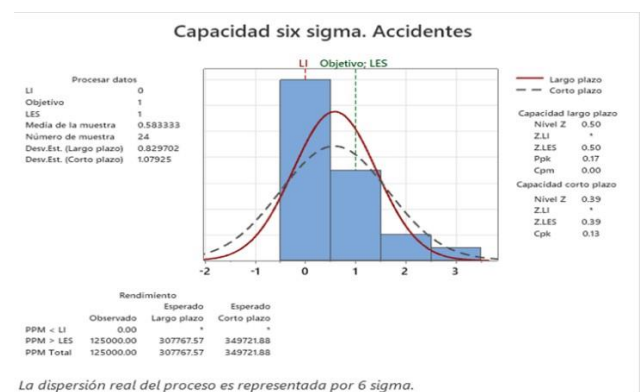


Fig. 6 Capacidad Six Sigma. CR3 Accidentes

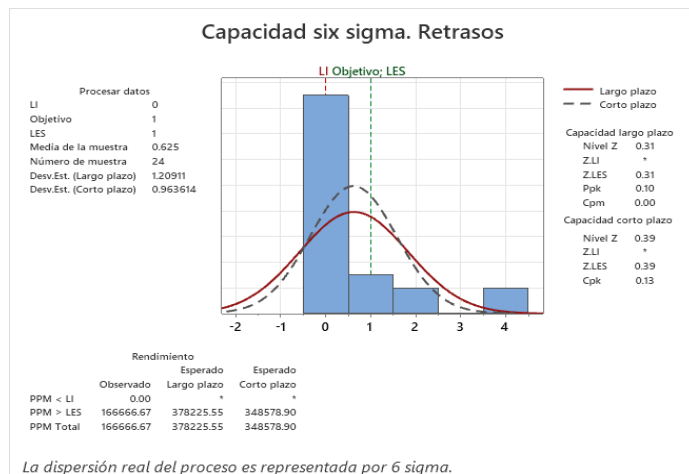
Como se muestra en la figura, el proceso presentado tiene por objetivo lograr que solo se produzca 1 accidente por semana posee un nivel Z a largo plazo de 0.50 y a corto plazo de 0.39, lo que nos indica que aún se encuentra muy lejos de la capacidad Six Sigma, encontrando un total de 307767.57 errores por millón a largo plazo y 349721.88 errores por millón a corto plazo.

TABLA XII
METODOLOGÍA DMAIC CR3

Metodología DMAIC	
Etapas	Procedimiento
D (Definir)	Con ayuda del Diagrama de Ishikawa se identificó el número de retrasos en producción ligados directamente con el personal.
	Se identificaron, el número de retrasos con la ayuda de la herramienta QFD.

M (Medir)	Se realizó un Diagrama de flujo del número de retrasos en producción.
	Se elaboró un histograma de accidentes.
	Se realizaron gráficos de control NP utilizando los datos de 6 meses, encontrando causas especiales fuera de los límites, lo cual nos indicó que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.
	Se determinó el límite inferior y límite de especificación superior de las fallas, siendo estas de 0 y 1.
	Se encontró la capacidad actual del proceso, obteniendo un cpk superior de 0.167, lo cual nos indica que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones superiores.
	Se halló la capacidad Six Sigma del número de retrasos en producción ligados directamente con el personal, hallando que posee un nivel Z a largo plazo de 0.50 y a corto plazo de 0.39.
A (Analizar)	Con la ayuda de la herramienta AMFE, se encontró que el fallo se produjo por las inasistencias de algunos trabajadores a las capacitaciones, producto de la falta de interés del personal y una mala capacitación.
	Se ajustó y evaluó la capacidad del proceso.
I (Mejorar)	Se generó una solución, la cual fue asignar a un técnico especialista en resolver los conflictos personales y laborales de los trabajadores.
	Se rectificó la falta del uso de EPP y compañerismo del personal.
C (Controlar)	Se desarrolló un plan de control y monitoreo.
	Se actualizó y reforzó las charlas y capacitaciones al personal.

M (Medir)	Se realizó un Diagrama de flujo de los retrasos en producción por falta de orden y limpieza.
	Se elaboró un histograma de los retrasos.
	Se realizaron gráficos de control NP utilizando los datos de 6 meses, encontrando causas especiales fuera de los límites, lo cual nos indicó que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.
	Se determinó el límite inferior y límite de especificación superior de las fallas, siendo estas de 0 y 1.
	Se encontró la capacidad actual del proceso, obteniendo un cpk superior de 0.379, lo cual nos indica que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones superiores.
	Se halló la capacidad Six Sigma del número de retrasos en producción por la falta de orden y limpieza, hallando que posee un nivel Z a largo plazo de 0.31 y a corto plazo de 0.39.
A (Analizar)	Con la ayuda de la herramienta AMFE, se encontró que el fallo se produjo por la falta de orden en las áreas de producción, producto de una mala distribución de las áreas y también la falta de orden y limpieza del personal en producción.
	Se ajustó y evaluó la capacidad del proceso.
I (Mejorar)	Se generó una solución, la cual fue implementar las 5S y reajustar las infraestructuras de producción.
	Se modificó las infraestructuras de algunas áreas en producción.
C (Controlar)	Se desarrolló un plan de control y monitoreo.
	Se estandarizó las áreas de producción.



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Fig. 7 Capacidad Six Sigma. CR4 Retrasos

Como se muestra en la figura, el proceso presentado tiene por objetivo lograr que solo se produzca 1 retraso por semana posee un nivel Z a largo plazo de 0.31 y a corto plazo de 0.39, lo que nos indica que aún se encuentra muy lejos de la capacidad Six Sigma, encontrando un total de 378225.55 errores por millón a largo plazo y 348578.90. errores por millón a corto plazo.

TABLA XIII
METODOLOGÍA DMAIC CR4

Metodología DMAIC	
Etapas	Procedimiento
D (Definir)	Con ayuda del Diagrama de Ishikawa se identificó el número de retrasos en producción por la falta de orden y limpieza.
	Se identificaron, la carencia de orden y limpieza en las áreas de producción con la ayuda de la herramienta QFD.

C. Evaluación económica

Una vez establecida la solución propuesta, se elaboró la inversión total al que se debería incurrir para implementar las herramientas de solución de las 4 causas raíces expuestas a lo largo de la investigación.

TABLA XIV
INVERSION TOTAL DEL PROYECTO

TOTAL INVERSIONES	TOTAL (S./AÑO)
P1: Plan de Capacitación del personal	300.00
P2: Implementación de la filosofía TPM	2,768.00
P3: Implementación de la herramienta 5'S	3,282.20
P4: Herramientas de Calidad	2,768.00
TOTAL (S./)	S/ 9,118.20
COSTOS OPERATIVOS	S/ 37,000.00
DEPRECIACIÓN	S/ 1,450.71
Reinversión (1 AÑOS)	S/ 164.00
Reinversión (3 AÑOS)	S/ 292.00
Reinversión (5 AÑOS)	S/ 4,800.00
Reinversión (8 AÑOS)	S/ 1,835.00

Teniendo en cuenta que la inversión total fue de S/.9118.20, que hay existencias de reinversiones a 1, 3, 5 y 8 años; y que el costo de oportunidad (COK) fue del 18%, se procedió a realizar la evaluación económica, obteniendo los indicadores financieros.

TABLA XV
INDICADORES FINANCIEROS (VAN, TIR Y PRI)

VAN	S/ 1,417.70
TIR	22.17%
PRI	8.7 años

Como muestran los indicadores financieros, se obtendrá un Van positivo igual a S/.1417.70, con un TIR del 22.17%, recuperándose el total de la inversión en 8.7 años. Este proyecto muestra ser rentable, pues a pesar de tener una utilidad no tan considerable a comparación de lo invertido, los beneficios que conlleva aumentar la calidad los compensa.

III. RESULTADOS

Se hallaron los nuevos costos resultantes de las implementaciones de las propuestas de solución y se compararon con los costos del diagnóstico para medir en cuanto porcentaje se redujeron los costos.

TABLA XVI
COSTOS DIAGNOSTICOS, PROPUESTAS Y BENEFICIOS

Causa Raíz	Costos Anuales Diagnóstico	Costos Anuales Propuesta	Beneficio	% de Reducción
C1	S/ 1,044.45	S/ 116.05	S/ 928.40	88.89%
C2	S/ 28,800.00	S/ 75.00	S/ 28,725.00	99.74%
C3	S/ 12,720.00	S/ 820.00	S/ 11,900.00	93.55%
C4	S/ 1,486.70	S/ 363.77	S/ 1,122.94	75.53%

En base a las propuestas establecidas se observó los nuevos gráficos de las capacidades resultantes.

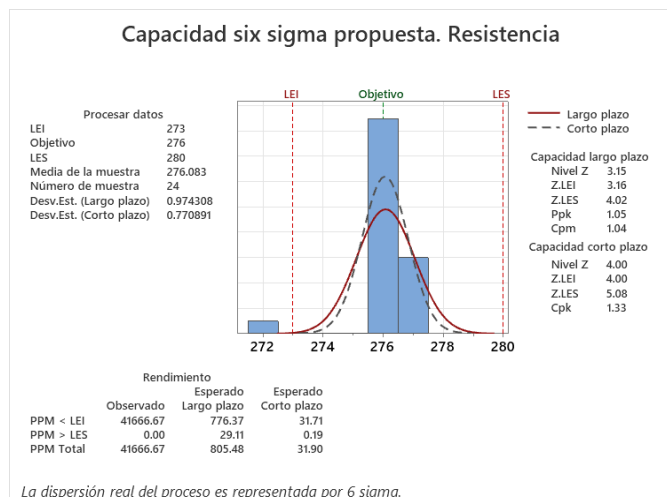


Fig. 8 Capacidad Six Sigma Propuesta. CR1 Resistencia

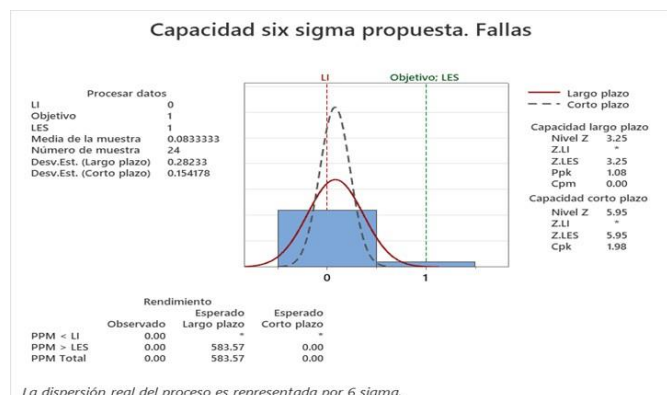


Fig. 9 Capacidad Six Sigma Propuesta. CR2 Fallas

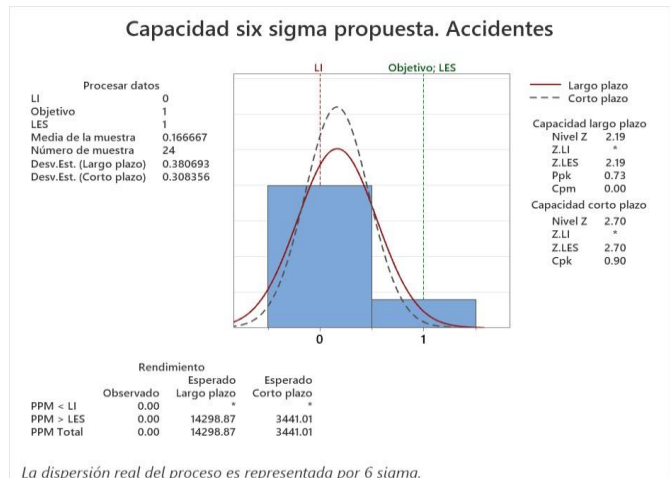


Fig. 10 Capacidad Six Sigma Propuesta. CR3 Accidentes

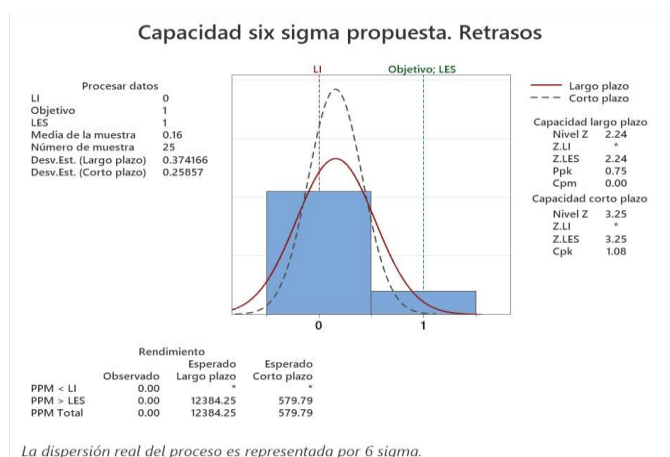


Fig. 11 Capacidad Six Sigma Propuesta. CR4 Retrasos

Por último, se volvió a implementar la herramienta AMFE con las mejoras realizadas.

TABLA XVII
ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO (AMFE)

Acciones recomendadas	Responsable	Acción emprendida	Ocurrencia	Gravedad	Detección	Nº Prioridad de Riesgo (NPR)
Asignación de jefe a cargo	Ingeniero	Se asignó a un jefe de planta	3	3	2	18
Forjar mejor la relación entre el cliente y el proveedor	Logística	Se organizó una reunión con los proveedores	1	3	2	6
Implementación de la metodología 5'S	Ingeniero	Se realizó una capacitación y se puso en práctica lo enseñado	2	2	1	4
Mejora de instalaciones	Ingeniero	Se reforzó las maquinarias con fundas aislantes	4	5	5	100

Mejora de instalaciones	Ingeniero	Se construyó un techo para el área de producción	3	3	2	18
Asignación de un técnico especialista de equipos y un equipo que implemente un TPM.	Ingeniero	Se asignó a un técnico que lleve un control del mantenimiento y se aplicó el TPM	2	5	4	40
Capacitar al personal del área de producción	Recursos Humanos	Se capacitó al personal de producción	2	2	3	12

IV. DISCUSIONES

En un principio se planteó aplicar un programa de mantenimiento ya que es sencillo y la empresa cuenta con los recursos necesarios a un 80% actualmente y solo requeriría de una inversión moderada. Sin embargo, esto sólo solucionaría la mitad del problema, ya que la parte mecánica de la planta, representa la mitad de las pérdidas económicas.

Por ello, también fue necesario invertir en el capital humano, ya que ellos son la base de toda la empresa.

Es por eso, que también se pensó contratar a dos especialistas, para cambiar la dinámica de las charlas y capacitaciones de tal manera que logren reducir el estrés de los trabajadores mientras laboran. Además, complementar con un programa de calidad, las 5 S's las cuales contribuirían positivamente ya que cambiaría la actitud del trabajador hacia la empresa y sus compañeros de trabajo.

V. CONCLUSIONES

Se hizo la evaluación económica / financiera de la propuesta de mejora en gestión de mantenimiento en el proceso productivo en la empresa Inversiones Postes Sanchez S.A.C. dando como resultado un Van positivo igual a S/.1417.70, con un TIR del 22.17%, recuperándose el total de la inversión en 8.7 años.

Se evaluó y diagnosticó que la empresa carece de personal profesional que instruya valores. Por lo tanto, es necesario contratar a dos especialistas para que dicten charlas y capaciten al personal, lo cual reduciría en 93.6% al año los costos de la causa raíz 3, mientras que los costos de la causa raíz 4 se reducirían en un 75.57% al año.

Este proyecto muestra ser rentable, puesto que, a pesar de no generar una utilidad considerable a comparación de todo lo que se invertirá, los beneficios que conlleva, aumentarían la calidad de sus productos, recuperando todo lo invertido en un promedio de 9 años.

REFERENCES

- [1] Ambrústolo, M. B., Di Iorio, A. H., Cistoldi, P., Greco, F., Trigo, S., Migueles, M., . . . Giordano Lerena, R. (2020). Implementation methodology of a quality management system in a digital forensic laboratory. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, doi:10.18687/LACCEI2020.1.1.645 Retrieved from www.scopus.com
- [2] Arenas Jiménez, M. D., Ferre, G., & Álvarez-Ude, F. (2017). Strategies to increase patient safety in hemodialysis: Application of the modal analysis system of errors and effects (FEMA system). [Estrategias para aumentar la seguridad del paciente en hemodiálisis: Aplicación del sistema de análisis modal de fallos y efectos (sistema AMFE)] Nefrología, 37(6), 608-621. doi:10.1016/j.nefro.2017.11.011
- [3] Bognár, F., & Benedek, P. (2021). Case study on a potential application of failure mode and effects analysis in assessing compliance risks. Risks, 9(9) doi:10.3390/risks9090164
- [4] Cuggia-Jiménez, C., Orozco-Acosta, E., & Mendoza-Galvis, D. (2020). Lean manufacturing: A systematic review in the food industry. [Manufatura esbelta: Una revisión sistemática en la industria de alimentos] Informacion Tecnologica, 21(5), 163-172. doi:10.4067/S0718-07642020000500163
- [5] Díaz, L., De Oliveira, M., Pucharelli, P., & Pinzón, J. (2019). Integration between the last planner system and the quality management system applied in the civil construction sector. [Integración entre el sistema last planner y el sistema de gestión de calidad aplicados en el sector de la construcción civil] Revista Ingeniería De Construccion, 34(2), 146-158. doi:10.4067/S0718-50732019000200146
- [6] Gunduz, M. A., Demir, S., & Paksoy, T. (2021). Matching functions of supply chain management with smart and sustainable tools: A novel hybrid BWM-QFD based method. Computers and Industrial Engineering, 162 doi:10.1016/j.cie.2021.107676
- [7] Hardt, F., Kotyrba, M., Volna, E., & Jarusek, R. (2021). Innovative approach to preventive maintenance of production equipment based on a modified tpm methodology for industry 4.0. Applied Sciences (Switzerland), 11(15) doi:10.3390/app11156953
- [8] Herrera Cárdenas, Pedro Luis, & López Rodríguez, Miriam. (2021). El turismo: la gestión de la calidad y sus costos. Cofin Habana, 15(2), e09. Epub 28 de julio de 2021. Recuperado en 08 de octubre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612021000200009&lng=es&tlng=es.
- [9] Liu, H. -, Shi, H., Li, Z., & Duan, C. -. (2022). An integrated behavior decision-making approach for large group quality function deployment. Information Sciences, 582, 334-348. doi:10.1016/j.ins.2021.09.020
- [10] Marín Díaz, Aymara, Trujillo Casañola, Yaimí, & Buedo Hidalgo, Denys. (2019). Apuntes para gestionar actividades de calidad en proyectos de desarrollo de software para disminuir los costos de corrección de defectos. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 27(2), 319-327. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000200319>
- [11] Nan, X., Lin, H., Di, G., Zhenhao, L., & Yikuan, L. (2021). Demand analysis of quadcopter based on QFD. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1043(4) doi:10.1088/1757-899X/1043/4/042044 Retrieved from www.scopus.com
- [12] Orlov, E. V., Rogulenko, T. M., Smolyakov, O. A., Oshovskaya, N. V., Zvorykina, T. I., Rostanets, V. G., & Dyundik, E. P. (2021). Comparative analysis of the use of kanban and scrum methodologies in it projects. Universal Journal of Accounting and Finance, 9(4), 693-700. doi:10.13189/ujaf.2021.090415
- [13] Ozturkoglu, Y., Kazancoglu, Y., Sagnak, M., & Garza-Reyes, J. A. (2021). Quality assurance for operating room illumination through lean six sigma. International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 6(3), 752-770. doi:10.33889/ijmms.2021.6.3.045
- [14] Pérez-Domínguez, L., Cruz-Hernández, M. A., Luviano-Cruz, D., & Rodríguez-Picón, L. A. (2021). Aplicación AMEF con MOORA para la evaluación de un caso. Mundo FESC, 11(21), 26-36. Recuperado a partir de <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/627>
- [15] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.4 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [2021].
- [16] Santelices, C., Herrera, R., & Muñoz, F. (2019). Problems in quality management and technical inspection of work: A study applied to the chilean context. [Problemas en la gestión de calidad e inspección técnica de obra: Un estudio aplicado al contexto chileno] Revista Ingeniería De Construccion, 34(3), 242-251. doi:10.4067/S0718-50732019000300242
- [17] Sarpiri, M. N., & Gandomani, T. J. (2021). A case study of using the hybrid model of scrum and six sigma in software development. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 11(6), 5342-5350. doi:10.11591/ijece.v11i6.pp5342-5350
- [18] Shima, K., Yamaguchi, M., Yoshida, T., & Otsuka, T. (2021). Status

estimation and in-process connection of kanbans using ble beacons and lpwa network to implement intra-traceability for the kanban system. Sensors, 21(15) doi:10.3390/s21155038