

Analysis and Warehouse Area Management Proposal Based on Monte Carlo Simulation to Reduce Cost Overruns in Clinical Laboratory, Trujillo 2023

Cinthia Yohanna Castillo Reyes, Ingeniera Industrial¹, Nilson Bacilio Aguilar, Ingeniero Industrial¹, Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Doctor en Ciencias e Ingeniería²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, cinthiyohannacastilloreyes@gmail.com, nilsonbacilioaguilar@gmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Abstract– The objective of research in the clinical laboratory company in Trujillo was to reduce cost overruns in the diagnosis and prevention of patients' diseases; In recent years, high cost overruns have been determined in the clinical analysis and warehouse processes. Before the proposal, activities that do not add value were observed, such as delays due to equipment stoppages, delays due to lack of stock in the warehouse, delays due to records of inputs that were not updated, delays due to searching for materials and supplies, an extra cost of S/ 52,436 for years. After analyzing and determining the root causes, the management proposal was based on the use of Monte Carlo simulation, TPM, MRP and time study. The proposal was reduced to S/ 27,049 per year. It was concluded that Monte Carlo simulation to predict the probability of different outcomes was useful given the difficulties of other approaches in preventive maintenance.

Keywords-- delays, lack of stock, equipment stoppages, disorder, Monte Carlo Simulation.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Propuesta de Análisis y Gestión del Área de Almacén Basada en Simulación Monte Carlo para Reducir Sobrecostos en Laboratorio Clínico, Trujillo 2023

Cinthia Yohanna Castillo Reyes, Ingeniera Industrial¹, Nilson Bacilio Aguilar, Ingeniero Industrial¹, Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Doctor en Ciencias e Ingeniería²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, cinthiayohannacastilloreyes@gmail.com, nilsonbacilioaguilar@gmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Resumen – El objetivo de la investigación en la empresa laboratorio clínico de Trujillo fue reducir los sobrecostos en el diagnóstico y prevención de las enfermedades de los pacientes; En los últimos años se han determinado altos sobrecostos en los procesos de análisis clínicos y almacén. Antes de la propuesta se observaban actividades que no agregaban valor, como retrasos por paradas de equipos, retrasos por falta de stock en almacén, retrasos por registros de insumos que no estaban actualizados, retrasos por búsqueda de materiales e insumos, un costo extra de S/ 52,436 al año. Luego de analizar y determinar las causas raíz, la propuesta de manejo se basó en el uso de Simulación Monte Carlo, TPM, MRP y estudio de tiempos. La propuesta se redujo a S/ 27 049 anuales. Se concluyó que la Simulación Monte Carlo, para predecir la probabilidad de diferentes resultados era útil dada las dificultades de otros enfoques en el mantenimiento preventivo.

Palabras clave: retrasos, falta de stock, paradas de equipos, desorden, Simulación Monte Carlo.

I. INTRODUCCIÓN

Para la mejora en los procesos de quirófano utilizaron el método Lean donde identificaron y cuantificaron los desperdicios observaron quejas de padres de niños sometidos a cirugía que esperaron un tiempo prolongado en el área preoperatoria que ocasionaron malestar. El equipo de mejora elaboró un diagrama de flujo de las actividades ejecutadas por todos los proveedores desde el punto de recepción hasta el inicio de la anestesia. Determinaron 18 actividades que no agregaron valor, con 21 minutos innecesarios de tiempo de espera [1].

Determinaron el rendimiento de la cadena de suministro de sangre emplearon la simulación de Monte Carlo, donde estudiaron tanto la oferta y demanda de suministro de sangre; con Microsoft Excel calcularon el costo total la disponibilidad mínima, y disponibilidad promedio. finalmente evaluaron el riesgo y la incertidumbre de los sistemas de gestión de banco de sangre [2].

La metodología de mantenimiento productivo total fue aplicada en proceso minero, identificaron la eficacia de los equipos, y calcularon el OEE (Eficacia Global de equipos Productivos) Effectiveness) inicial con un valor de 51%, disponibilidad 67%, rendimiento 80% y calidad 98%; desarrollaron un modelo de mantenimiento correctivo,

preventivo y predictivo a base de Reglas de Asociación en minería de datos (ARM) Es un algoritmo prioritario que generó 30228 reglas, para plantear estrategias de mantenimiento a los equipos de manera automática [3].

En el diagnóstico del proceso productivo y comercialización de pescado y marisco utilizaron la herramienta mapa de flujo de valor (VSM) para trazar el flujo inicial y detectaron un 37.37% de actividades que no generaron valor; emplearon un diagrama de Pareto, análisis de causa y efecto y ejecutaron las herramientas 5S, Jidoka, flujo continuo y Heijunka, los resultados fueron una reducción de espera del 40% en desplazamiento y del 44.2% en los tiempos de desplazamiento del proceso [4].

Lean Manufacturing tiene como objetivo primordial eliminar el desperdicio, reduciendo o minimizando simultáneamente la variabilidad interna, del proveedor y del cliente [5]. El sobrecosto se establece cuando el proyecto excede el costo presupuestado o planificado, las causas fueron por poca experiencia en equipo, falta de supervisión y retrasos entre áreas [6]. El sobrecosto también se define como la cantidad en la que el costo real excede al costo estimado [7].

Mantenimiento productivo total (TPM) es una estrategia de mantenimiento integral para mejorar la confiabilidad del equipo, reducir el tiempo de inactividad y aumentar la productividad [8]. La implementación TPM implica calcular el indicador OEE que es la eficiencia general del equipo [9]. TPM requiere la participación de todos los empleados, desde la gerencia hasta producción, el propósito es extender la vida útil y el funcionamiento continuo de equipos [10].

Planificación de requerimiento de materiales (MRP), es un tipo de planificación de la producción a mediano plazo, en base a los requisitos del artículo final del programa maestro [11]. Las estrategias modernas de planificación de la producción pueden tener cientos de parámetros de diferente tipo, esto crea enormes espacios de búsqueda para el algoritmo de optimización [12]. La planificación se basa en la demanda y en gran medida de pronósticos, lo que podría ocasionar desabastecimientos a futuro [13].

$$\text{Stock seguridad} = (\text{Plazo máximo entrega} - \text{plazo normal de entrega}) \times \text{demanda media} \quad (1)$$

Los métodos de Simulación Monte Carlo se basan en el muestreo repetido de valores aleatorios de una determinada

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

II. METODOLOGÍA

distribución [14]. Los modelos de simulación de Monte Carlo están sujetos a una variedad de incertidumbre en todos los niveles de fase de decisión [15]. La incertidumbre probabilística o aleatoria se produce debido a fluctuaciones aleatorias de propiedades o condiciones que conducen a la variabilidad del resultado final [16].

El análisis de Pareto es útil para identificar lo más importante y eliminar las causas que están impactando [17]. El diagrama de causa y efecto una herramienta que ayuda a identificar las características de gestión de rendimiento de la calidad, diagrama de Ishikawa [18]. El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es una técnica de detección de fallos presentes y de prevención de fallos futuros que relaciona cada fallo detectado con sus consecuencias [19].

Tiempo estándar Valor en unidades de tiempo para realizar una tarea, determinado con la aplicación correcta de las técnicas de medición del trabajo por personal calificado. [20]. Tiempo observado es el tiempo elemental de un ciclo que se obtiene de una directa o resta de observaciones. [20]. Tiempo normal que se requiere para que un operario estándar realice una operación cuando trabaja a paso estándar, sin demoras por razones personales o por circunstancias inevitables. [20].

$$T. \text{ Estándar} = \text{Tiempo normal} \times (1 + \text{holgura}) \quad (2)$$

$$T. \text{ observado} = (\text{Tiempo total}) / (\text{Producción total}) \times (N^\circ \text{ ocurrencias}) / (\text{Numero observaciones}) \quad (3)$$

A. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de gestión área de análisis y almacén en base a Simulación Monte Carlo en los sobrecostos en Laboratorio Clínico, Trujillo 2023?

B. Objetivo general

Determinar cuál es el impacto de la propuesta de gestión área de análisis y almacén en base a Simulación Monte Carlo en los sobrecostos en Laboratorio Clínico, Trujillo 2023.

C. Objetivos específicos

Determinar los sobrecostos por cada causa raíz antes de la propuesta.

Desarrollar la propuesta de gestión.

Comparar resultados antes y después de la propuesta.

Evaluar económicamente la propuesta en los procesos de análisis y almacén.

D. Hipótesis

La propuesta de gestión área de análisis y almacén en base de Simulación Monte Carlo reduce significativamente los sobrecostos en laboratorio clínico, Trujillo 2023.

E. Justificación

La presente investigación tuvo justificación práctica porque ayudó a resolver un problema que se presenta en forma similar en el sector de laboratorios clínicos. También tuvo parte metodológica, porque contribuyó al conocimiento del sector a través de la propuesta [21].

El tipo de investigación fue pre-experimental, diseño de un solo grupo cuyo grado de control fue mínimo. Generalmente útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad, se calcularon los sobrecostos en los procesos de análisis y almacén un antes y después de la propuesta.

A. Población

Fueron los procesos de análisis clínicos y de almacén en laboratorios clínicos, datos pertenecientes al año 2022.

B. Muestra

La muestra fue censal, para los procesos de análisis clínicos, fueron todas las actividades: recolección de muestra, recepción de la muestra, registro de la muestra, procesamiento, realización de la prueba analítica y registro de análisis. Para los procesos de almacén todas las actividades: recepción de los insumos, registro, almacenamiento, control inventario, preparación de pedidos y distribución.

C. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

1) Observación directa

Para la observación tuvieron que ser muy minuciosos en todos los procesos, desde el muestreo hasta el registro del resultado y en almacén desde la recepción hasta el almacenamiento.

2) Bitácora de datos

Se realizó una revisión y análisis de documentos de datos proporcionados por los analistas de laboratorio; lista de paradas de equipo, costos de mantenimiento, reporte de stock de insumos químicos y materiales, entre u otros.

3) Tratamiento de datos

La información y datos recolectados se analizaron con técnicas estadísticas descriptivas en el programa Excel, para una interpretación más clara de la situación antes y después de la propuesta de gestión.

D. Procedimiento de la investigación

1) Determinar los sobrecostos por cada causa raíz antes de la propuesta.

La investigación se inició con la recolección de datos por observación directa y análisis documental, se identificó las actividades que no agregan valor, luego para identificar la causa raíz se aplicó los cinco porqués.

Aplicación de los cinco porqués para el tiempo de demora en búsqueda de materiales en área de análisis:

¿Por qué se demoran en búsqueda de materiales? porque los materiales no están en un solo lugar; ¿Por qué los materiales no están en un solo lugar? porque falta orden, limpieza y estandarización del área, así se identificó la causa raíz.

Para determinar los sobrecostos de cada causa raíz por año se tomó en cuenta el tiempo de demora, el costo de energía eléctrica el número de analistas y su costo del área analizada.

En la Fig.1 y Fig.2 el diagrama de Ishikawa se utilizó para representar las actividades que no agregan valor y su causa raíz.

2) *Desarrollar la propuesta de Gestión.*

Para la causa raíz falta de un plan de mantenimiento en las demoras por paradas de equipos (Analizador de pruebas inmunología Automatizado COBASC E411, Analizador de pruebas bioquímica Automatizada Cobas C 311) se aplicó la simulación de Monte Carlo en base al número de paradas, el tiempo entre paradas de los equipos en el año 2022, el costo de mantenimiento correctivo por parada en cambio del brazo de equipo (falla del equipo) y el servicio de mantenimiento, se determinaron las probabilidades de los eventos en una corrida de 100 estados o escenarios, el algoritmo muestra diferentes resultados en cada escenario, se determinó el costo promedio por día, luego el costo correctivo.

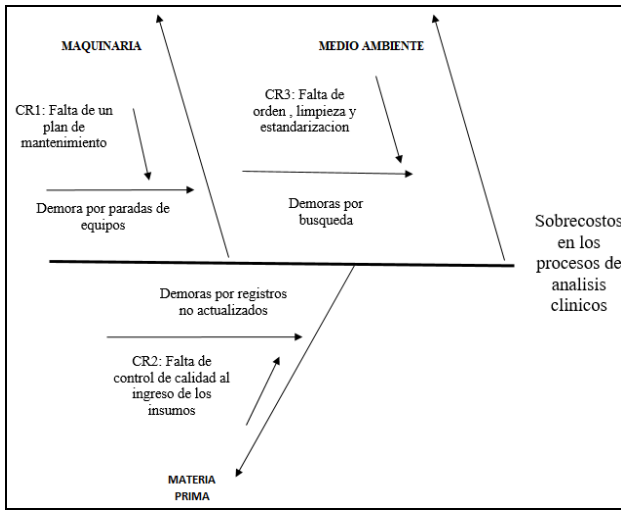


Fig.1 Diagrama de Ishikawa del proceso de análisis clínico

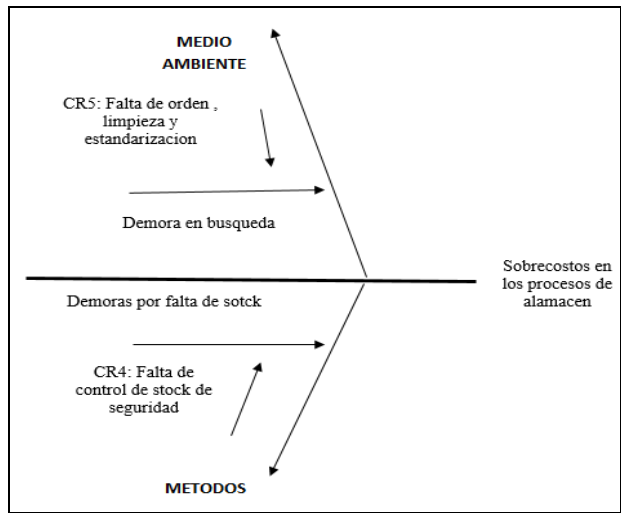


Fig.2 Diagrama de Ishikawa del proceso de almacén

Con este modelo se aplicó al mantenimiento preventivo, considerando el tiempo entre paradas, el costo de inspección y mantenimiento, en la Fig.3 los resultados del número de escenarios según los intervalos probabilísticos para el costo

diario, con el modelo de simulación de Monte Carlo en mantenimiento correctivo.

- Paso de aplicación de Montecarlo:

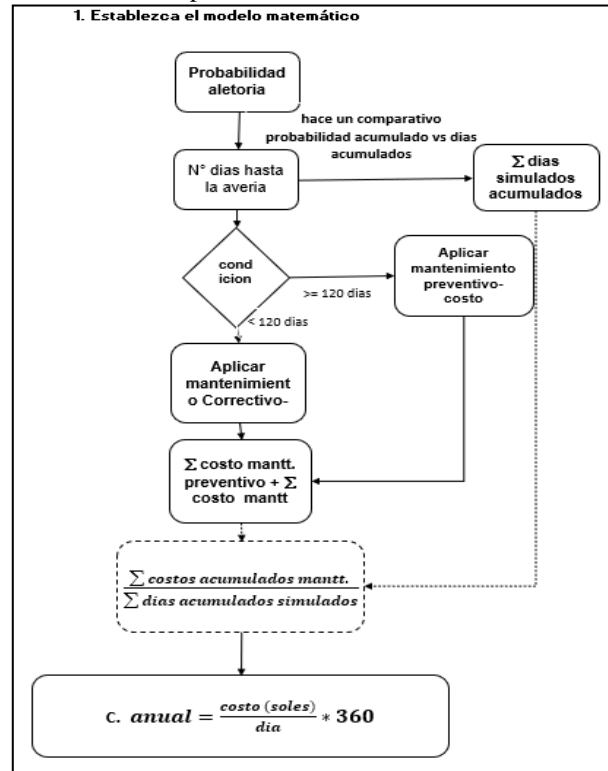


Fig.3 Procedimiento de Simulación Montecarlo

- Identificación de la ecuación:

La probabilidad calculada indica la frecuencia esperada de ocurrencia de paradas en un año.

$$Probabilidad = \frac{N^{\circ} \text{ dias entre paradas}}{N^{\circ} \text{ dias total efectivas al año}}$$

-Definir los parámetros de entrada:

Historial de averías de los brazos mecánicos de los equipos. Paradas del brazo mecánico del año 2023. Comenzó en enero el equipo de inmunología paro 2 veces, abril el equipo bioquímica paro 3 veces, junio el equipo hematológico paro en 2 veces, julio el equipo bioquímica paro 2 veces, agosto el equipo inmunología y bioquímica paro 5 veces y finalmente octubre el equipo bioquímica paro 3 veces.

Los costos del mantenimiento correctivo ascienden por perdida de parada S/.240.00, el cambio de brazo S/5,000.00, los servicios del mantenimiento S/2,000.00 siendo un monto total de S/7,240.00.

Costos de mantenimiento preventivo ascienden por perdida de parada S/0.00, por inspección y mantenimiento S/850.00 siendo un total de S/850.00.

-Resultados:

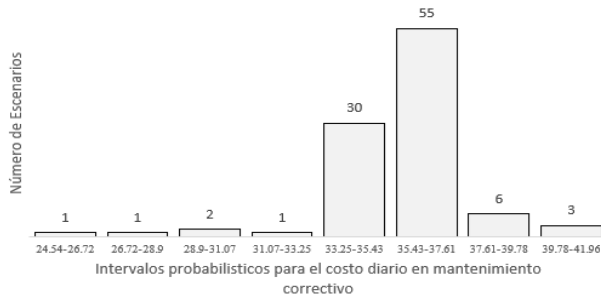


Fig.4 Frecuencia de costo diario según simulación Montecarlo.

En la Fig.4 los resultados del modelo de simulación de Monte Carlo en sobrecostos del mantenimiento correctivo (antes de propuesta) y del mantenimiento preventivo TPM (después de la propuesta)

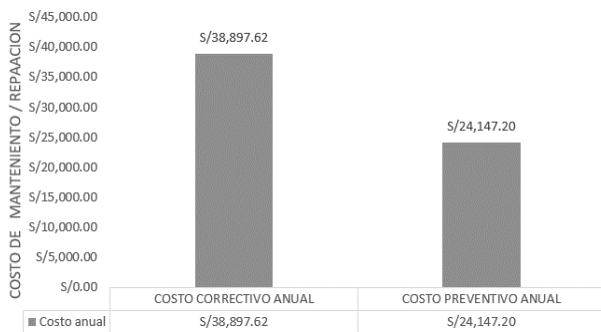


Fig.5 Resultados del modelo de simulación de Monte Carlo

En la causa raíz falta de control de stock de seguridad se aplicó el MRP y se determinó el stock de seguridad.

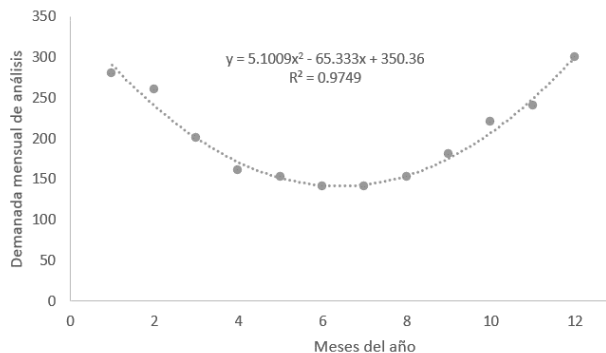


Fig.6 Pronóstico de la demanda mensual

En la Fig.6 el pronóstico de la demanda mensual en base al análisis documental.

Para la causa raíz falta de control de calidad al ingreso de los insumos en las demoras por registros no actualizados, la propuesta fue concientizar al personal, que tiempo de caducidad de los reactivos nuevos deber ser mayor de 3 años desde que llegan a la empresa. No se cumple, se devuelve el insumo al proveedor mencionándole el reclamo, si el caso es recurrente por el mismo proveedor se retira de la lista de

cartera. Esta capacitación estará a cargo del mismo proveedor como parte inicial.

Para la causa raíz por Falta de orden, limpieza y estandarización en las demoras por búsqueda de materiales e insumos, se consideraron las siguientes Actividades del Proceso: recepción de muestra, clasificación de muestras, distribución de muestra por área, procesamiento de la muestra, verificación y validación de resultados, emitir el informe de resultados. En base a la observación directa se realizaron mediciones y se estandarizaron los tiempos como propuesta.

3) Comparar resultados antes y después de la propuesta.

En base a las metodologías utilizadas para cada causa raíz se procedió a determinar los sobrecostos después de la propuesta.

4) Evaluar económicamente la propuesta en los procesos de análisis y almacén

En la inversión requerida para la ejecución de la propuesta, se consideró un practicante de Ingeniería Industrial a costo cero, las capacitaciones para las diversas actividades requeridas según las causas raíz se propusieron a los proveedores de equipos e insumos a costo cero. Este compromiso se logró para fidelizar a los proveedores.

III. RESULTADOS

A. Determinar los sobrecostos por cada causa raíz antes de la propuesta.

En la Tabla I, la identificación de las actividades que no agregan valor y el tiempo de las demoras por año, como base para la monetización de las causas raíz.

TABLA I
LISTA DE DEMORAS EN ÁREA DE ANÁLISIS Y ALMACÉN

| Demoras | Causas | h/año | Herramienta de ingeniería |
|--|---|-------|---------------------------|
| Demora por paradas de equipos | Falta de un plan de mantenimiento | 69 | TPM, SMC |
| Demoras por registros no actualizados | Falta de control de calidad al ingreso de los insumos | 419 | MRP |
| Demoras por búsqueda en área de análisis | Falta de orden, limpieza y estandarización | 486 | Capacitación |
| Demoras por falta de stock | Falta de control de stock de seguridad | 400 | Estudio de tiempos, 5S |
| Demora por búsqueda en almacén | Falta de orden, limpieza y estandarización | 360 | Estudio de tiempos, 5S |

los resultados de los sobrecostos que generaron las causas raíz y la herramienta propuesta para la solución. Para el cálculo se tomó en cuenta el tiempo de la demora por año, costo de energía eléctrica, cantidad de analista y su

remuneración, para el mantenimiento correctivo el costo de cada servicio del año 2023.

B. Desarrollar la propuesta de Gestión.

Se diagnosticó con la metodología AMFE, la falla en brazo mecánico, cuya causa potencial fue la obstrucción de la ajuga del brazo mecánico y la falta de lubricación en brazo.

En Tabla II, las probabilidades para generar los diferentes escenarios en la simulación de Monte Carlo, como solución de la causa raíz falta de un plan de mantenimiento

TABLA II
PROBABILIDADES PARA SIMULACIÓN DE MONTECARLO

| Fecha de Parada | Días entre paradas | Probabilidad | Acumulativo porcentaje |
|-----------------|--------------------|--------------|------------------------|
| 1-Ene | 113 | 0.31 | 0 |
| 24-Abr | 44 | 0.12 | 0.31 |
| 7-Jun | 41 | 0.11 | 0.44 |
| 18-Jul | 32 | 0.09 | 0.55 |
| 19-Ago | 48 | 0.13 | 0.64 |
| 6-Oct | 82 | 0.23 | 0.77 |

Aplicaron actividades y rutas en el seguimiento de los equipos donde detallaron:

- Rutas diarias: registrar las temperaturas ambientales donde está expuesto el equipo, visualizar y limpiar cualquier posible derrame de condensados en los compartimientos del equipo y limpieza de la pipeta y el reactivo.
- Rutas semanales: limpieza de la pipeta de aspiración, Limpieza de la incubadora y la estación de aspiración.
- Rutas quincenales: Limpieza de las estaciones de lavado e Inspección de lubricación del equipo.

Se programó lista de actividades de inspección y mantenimiento preventivo en cronograma del TPM, para reducir las paradas por el cambio del brazo mecánico de Analizador de pruebas inmunología Automatizado Cobas E 411. Similar metodología se realizó para el equipo Analizador de pruebas bioquímica Automatizada Cobas C 311.

En la Tabla III, los resultados para el Stock de seguridad semestral de acuerdo con la propuesta para los reactivos utilizados en los análisis de bioquímica, determinados en base al MRP, considerando los Porcentajes en la demanda mensual, Requerimiento bruto, Recepciones programadas, Proyección de disponibilidad.

El detalle de los reactivos: GGT (Gamma-glutamyltransferasa) Gen.2, 400 Tests, Cobas C, Integra; LDHI (Lactato - deshidrogenasa) Gen.2 acc. HBAC (Hemoglobina-glicosilada), 300 T, Cobas C, Int.; HAPT (Haptoglobina) Gen.2, 100 Tests, Cobas C, Integra; AAT (Alfa-lantitripsina) Gen.2, 100 Tests, Cobas C, Integra; TRSF (Tranferrina) Gen.2, 100 Tests, Cobas C, Integra; HDL-C (Colesterol) Gen.3, 200 Tests, Cobas C, Integra; GLUC HK (Glucosa) Gen.3, 800 Tests, Cobas C, Int.; UREAL (Urea), 500 Tests, Cobas C, Integra; ALB-T TQ (Albúna - total) Gen.2, 100

Tests, Cobas C, Int.; ASLO TQ (Anticuerpos-antistreptolisina), 150 Tests, Cobas C.

Se aplicó metodología similar para los reactivos utilizados en Inmunología y Hematología obteniéndose los Stocks de seguridad semestral.

Para la causa raíz falta de control de calidad al ingreso de los insumos en las demoras por registros no actualizados, se programó una capacitación por única vez cuya ejecución estuvo a cargo de los proveedores y sin costo alguno, como parte de la fidelización de proveedores.

En la tabla IV, el tiempo estándar calculado del equipo COBASC E411 mediante las actividades diaria, semanales y mensuales.

TABLA III
LISTA DE SEMESTRAL PARA REACTIVOS DE BIOQUÍMICA

| Descripción | Porcentaje en la demanda | Disponibilidad | Tamaño del lote | Stock seguridad |
|-------------|--------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| GGT | 10% | 50 U. | 400 U. | 101 U. |
| LDHI | 16% | 80 U. | 300 U. | 194 U. |
| HAPT | 8% | 100 U. | 100 U. | 80 U. |
| AAT | 8% | 100 U. | 100 U. | 97 U. |
| TRSF | 10% | 150 U. | 100 U. | 101 U. |
| HDL- | 10% | 30 U. | 200 U. | 121 U. |
| GLUC | 20% | 150 U. | 200 U. | 202 U. |
| UREA | 6% | 80 U. | 250 U. | 48 U. |
| ALB- | 6% | 50 U. | 100 U. | 73 U. |
| ASLO | 6% | 80 U. | 150 U. | 60 U. |
| Total | 100% | | | |

TABLA IV
TIEMPO ESTÁNDAR DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO ANALIZADOR DE PRUEBAS INMUNOLOGÍA AUTOMATIZADO COBASC E411

| Frecuencia | FC | Actividad | TP | TN | TE |
|------------|------|--|-------|-------|-------|
| Diaria | 1.31 | Limpieza de pipeta de muestra y reactivo | 73 s | 73 s | 85 s |
| Diaria | 1.25 | Verificación de posible condensados en los compartimientos | 300 s | 300 s | 348 s |
| semanal | 1.21 | Limpieza de pipeta de aspiración | 64 s | 64 s | 74 s |
| Semanal | 1.30 | Limpieza del incubador y la estación de aspiración | 298 s | 283 s | 328 s |
| Mensual | 1.25 | Limpieza de las estaciones de lavado | 420 s | 420 s | 487 s |

En la Tabla V, los resultados del estudio de tiempos antes y después de la propuesta para la causa raíz por Falta de orden, limpieza y estandarización en las demoras por búsqueda de materiales e insumos.

TABLA V
ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE TOMA DE MUESTRAS

| Actividades del Proceso | Antes (s) | Después (s) | Unidad |
|---|-----------|-------------|-------------|
| Recepción de muestra | 240 | 240 | s / muestra |
| Clasificación de muestras | 120 | 19 | s / muestra |
| Distribución de muestra por área | 180 | 4 | S/ muestra |
| Procesamiento de la muestra | 1800 | 1560 | S / muestra |
| Verificación y validación de resultados | 300 | 300 | S / muestra |
| Emitir el informe de resultados | 180 | 180 | S / muestra |

TABLA VI
DEMORAS ANTES Y DESPUÉS

| Demoras | Antes | Después | Unidades |
|--|-------|---------|----------|
| Demora por paradas de equipos | 69 | 23 | h/año |
| Demoras por registros no actualizados | 419 | 0 | h/año |
| Demoras por búsqueda en área de análisis | 486 | 146 | h/año |
| Demoras por falta de stock | 400 | 120 | h/año |
| Demora por búsqueda en almacén | 360 | 108 | h/año |

TABLA VII
SOBRECOSTOS ANTES Y DESPUÉS DE LA PROPUESTA

| Descripción | Antes | Después | Ahorro |
|---|----------|----------|----------|
| Falta de un plan de mantenimiento | S/41,437 | S/24,862 | S/16,575 |
| Falta de control de stock de seguridad | S/3,709 | S/0 | S/3,709 |
| Falta de control de calidad al ingreso de los insumos | S/3,624 | S/1,087 | S/2,537 |
| Falta de orden, limpieza y estandarización | S/2,106 | S/632 | S/1,474 |
| Falta de orden, limpieza y estandarización | S/1,560 | S/468 | S/1,092 |
| Total, de pérdida | S/52,436 | S/27,049 | S/25,387 |

D. Evaluar económicamente la propuesta en los procesos de análisis y almacén

La ejecución de la propuesta requirió un practicante de Ingeniería Industrial a costo cero por convenio con Universidad local, las capacitaciones para las diversas actividades requeridas según las causas raíz se ejecuta por los proveedores de equipos e insumos a costo cero. La inversión fue nula, con un ahorro de S/25,387 por año.

IV. DISCUSIÓN

Las pérdidas económicas de cada causa raíz en los procesos de análisis y almacén del laboratorio clínico antes de la propuesta, arrojó un total de S/52,436 por año, la causa raíz más impactante fue la falta de un plan de mantenimiento y falta de control de stock de seguridad; Ivana Tita en su investigación en la industria de alimentos, calculó una pérdida de 4,099 piezas por minuto, por avería en equipos, perdía

12,055 piezas y por sobrecalentamiento en los equipos perdía 3,617 piezas, resulta importante identificar las causas raíz tanto en actividades de servicio como de manufactura [22].

La propuesta de gestión se desarrolló para eliminar actividades que no agregan valor con la aplicación de MPT y estudio de tiempo a los equipos críticos, simulación de Monte Carlo de las paradas del brazo mecánico de los equipos de laboratorio y MRP a los materiales para determinar el stock de seguridad en almacén; generó una reducción significativa de 6 paradas por año a 3 paradas por año debido al cambio de brazo mecánico; demoras por registros no actualizados de 1950 horas/año a 0 horas/año.

Los sobrecostos antes y después de la propuesta fueron S/52,436 y S/27,049 por año respectivamente, un ahorro de S/25,387 por año, una diferencia significativa no requiere mayor análisis estadístico.

La propuesta de gestión en las áreas de análisis y almacén la diferencia en los sobrecostos antes y después tuvo un cambio significativo luego de la aplicación de la propuesta de gestión, Javier Pascual en su investigación determinó unas diferencias de 8,3 y 9,5 puntos sobre 100 en el dolor y en la función en pacientes con pie cavo que usan plantillas a medida comparado con plantillas tipo placebo, en este caso utilizaron el valor $p = 0,022$ para el dolor y de $p = 0,005$ concluyendo que la hipótesis nula no es cierta, las medias son diferentes [23].

V. CONCLUSIONES

El impacto de la propuesta de gestión área de análisis y almacén en base a las teorías de Simulación Monte Carlo, TPM, MRP y Estudio de Tiempos en los sobrecostos en Laboratorio Clínico, Trujillo, fue significativa.

Para Determinar y cuantificar las pérdidas económicas de cada causa raíz en el área de análisis y almacén antes de la propuesta se utilizaron metodologías como los cinco porqués, AMFE, el diagrama de Ishikawa identificando las causas raíz y con Pareto se determinaron lo más relevante que fue la falta de un plan de mantenimiento en procesos y falta de control stock de seguridad en almacén, se concluye que las metodologías para el diagnóstico fueron importantes.

En la propuesta de gestión se aplicaron el TPM, estudio de tiempo, simulación de Monte Carlo y MRP. El TPM para mejorar las actividades de mantenimiento diario y estandarizando dichas actividades de manera preventiva a los equipos críticos de laboratorio. Simulación de Monte Carlo con las averías del brazo mecánico de los equipos para simular 100 eventos probables referentes a los costos del mantenimiento preventivo. MRP en base a pronósticos de la demanda de análisis y planificación de insumos y materiales críticos especialmente el stock de seguridad se concluye que fueron herramientas muy significativas para el logro del objetivo general.

En la comparación de resultados antes y después de la implementación de la propuesta se observó una diferencia

muy significativa. Por lo tanto, se concluye que no requiere un análisis estadístico adicional.

En la evaluación económica la propuesta de gestión con una inversión nula se concluye que en fases iniciales la mejora de gestión de procesos no requiere de mucha inversión, pero en la mejora continua la inversión si se incrementa progresivamente.

A trabajo futuro implementar programas de capacitación para el personal sobre las metodologías aplicadas, asegurando que se mantenga el conocimiento y aplicación de estas.

Realizar estudios periódicos sobre el impacto económico de las mejoras implementadas y su evolución a largo plazo, para futura inversiones.

REFERENCIAS

- [1] Lynn D. Martin. Mejora de procesos en el quirófano utilizando método Toyota (Lean). <https://doi.org/10.1016/j.rcae.2014.05.006>. 2014, pp. 4.
- [2] Nirmeen Elsayed. Medición del rendimiento de la cadena de suministro de sangre mediante la simulación Monte-Carlo. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.003>. 2022, pp. 2013.
- [3] Taufik Djatna. Una aplicación de la minería de reglas de asociación en la estrategia de mantenimiento productivo total: un análisis y modelado en la industria manufacturera de puerta de madera. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.049>. 2015, pp. 336-343.
- [4] Genett Jiménez. Mejora de la productividad y calidad en la cadena de valor mediante Lean Manufacturing; un estudio de caso. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.011>. 2019, pp. 885-886
- [5] Gavin Lai, Comprender las complejidades de la intención de aprendizaje en lean capacitación en fabricación para la innovación en la planta de producción. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030110>. 2022, pp. 1.
- [6] Osama Daoud, investigación de factores críticos que afectan los sobrecostos y retrasos en megaproyectos de construcción egipcios. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.052>. 2023, pp. 327.
- [7] Taher Ammar, Factores de riesgos que provocan sobrecostos en las redes viales. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101720>. 2022.
- [8] Noel Shannon, Un marco de confiabilidad y mantenimiento productivo total para una planta de ingredientes farmacéuticos activos que utiliza el diseño lean seis sigmas. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20516>. 2023, pp. 3.
- [9] Musthopa, Modelo de mantenimiento de distribución de energía eléctrica para clientes industriales: mantenimiento productivo total (TPM), mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y enfoque de ejecución de cuatro disciplinas (4DX). <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.09.129>. 2023, pp. 2.
- [10] Luz Tortorella. Integración de tecnologías de industria 4.0 en las prácticas de mantenimiento productivo total. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>. 2021, pp. 1.
- [11] Bin Zhu. Decisiones de tamaño de lote para la planificación de requisitos de materiales con incertidumbres híbridas en una fábrica inteligente. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101527>. 2022, pp. 1.
- [12] Bernhard Werth. Optimización basada en simulación de los parámetros de planificación de requisitos de materiales. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.310>. 2023, pp. 1.
- [13] Youssef Lahrichi. Un primer intento de mejorar la planificación de requisitos de materiales basada en la demanda mediante el aprendizaje por refuerzo. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.1892>. 2023.
- [14] Mateusz Oszczyla. Analisis de confiabilidad y optimización de redundancia de sistemas k-de-n con variable aleatoria k usando cadena de Markov de tiempo continuo y Simulación de monte Carlo. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109780>. 2024, pp. 7.
- [15] O. Ozkan. Una simulación de Monte Carlo para la estimación de la confiabilidad de las redes de logística y cadena de suministro. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.512>. 2019, pp. 1.
- [16] Dwi Wicaksono. Método integrativo Norm-dist Monte-Carlo para la mejora de difusos procesos de jerarquía analítica. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03607>. 2020, pp. 2.
- [17] Rafiqur Rashida. Un modelo difuso multicriterio con análisis de Pareto para priorizar barreras sostenibles en la cadena de suministro en la industria textil: evidencia de una economía emergente. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2023.11.002>. 2024, pp. 29-40.
- [18] Manoj Agrawal. Impacto de Ishikawa en el análisis de datos en industrias mecánicas. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.376>. 2023, pp. 1.
- [19] Arenas Jiménez. Estrategias para aumentar la seguridad del paciente en hemodiálisis: aplicación del sistema de análisis modal de fallos y efectos (sistema AMEF). <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2017.04.007>. 2017, pp. 610.
- [20] Benjamin w. Niebel. Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño de trabajo. 2010, pp. 30.
- [21] Kym Bills. Metodologías de investigación de accidentes de aviación importantes utilizadas por miembros de la ITSA. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106315>. 2023, pp. 3.
- [22] Ivana Tita. La implementación del enfoque Lean Six Sigma para el desperdicio en una industria de fabricación de alimentos. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.01.022>. 2024, pp. 2.
- [23] Javier Pascual. Inferencia estadística y aproximación al valor p. parte. <https://doi.org/10.1016/j.repod.2016.04.002>. 2016, pp. 42-44