



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

PROYECTO DE TESIS

**MODELO PREDICTIVO WEB PARA LA PREVENCIÓN DEL
DESABASTECIMIENTO DE MEDICAMENTOS Y
PRODUCTOS EN UNA FARMACIA DE LIMA
METROPOLITANA**

Autores

CALIXTO RICALDI, Kevin Alonso (ORCID: 0009-0002-0205-7513)
FELIX IBARRA, Jose Marino (ORCID: 0000-0002-2343-8430)
HINOSTROZA BACILIO, Fredy Alonso (ORCID: 0009-0004-1036-1325)

Asesor

PETRLIK AZABACHE, Ivan Carlo (ORCID: 0000-0002-1201-2143)

Línea de investigación del programa

Desarrollo e implementación de Sistemas Inteligentes

Línea de acción RSU

Desarrollo e Innovación Social

LIMA, PERÚ, JULIO DE 2025

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. MÉTODO	3
2.1. Tipo y diseño	3
2.2. Población, muestra y muestreo	3
2.3. Hipótesis	3
2.4. Variables y operacionalización	3
2.5. Instrumentos o materiales	3
2.6. Procedimientos	3
2.7. Análisis de datos	3
2.8. Aspectos éticos	3
3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	3
3.1. Presupuesto y financiamiento	3
3.2. Cronograma de actividades	3
REFERENCIAS	3
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas

6

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el desabastecimiento de medicamentos representa un problema crítico que pone en riesgo la disponibilidad continua de tratamientos esenciales, afectando directamente la atención sanitaria de las poblaciones más vulnerables.

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que aproximadamente el 50 % de los países de bajos ingresos experimentan interrupciones frecuentes en el suministro de fármacos, lo cual compromete la continuidad terapéutica y contribuye al incremento de enfermedades prevenibles [1].

La pandemia por COVID-19, declarada el 11 de marzo de 2020, agravó significativamente esta problemática, provocando desabastecimientos masivos debido a la disrupción de las cadenas de suministro y el aumento repentino en la demanda mundial de medicamentos esenciales [2]. En dicho contexto, factores como las restricciones comerciales y la escasez de materias primas fueron determinantes. Un análisis en The Lancet evidenció que las limitaciones estructurales, como la baja producción local y la dependencia de importaciones, dificultaron el acceso oportuno a fármacos en diversas regiones [3]. Además, estudios recientes identifican deficiencias logísticas y la falta de mecanismos eficientes de monitoreo como elementos agravantes [4].

A nivel nacional, la situación refleja una realidad similar. El acceso limitado a medicamentos esenciales continúa siendo una preocupación prioritaria en la agenda de salud pública del Perú. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), durante la pandemia, alrededor del 30 % de las farmacias comunitarias reportaron dificultades para mantener sus inventarios mínimos, comprometiendo la atención continua a los pacientes [5].

En el ámbito local, la farmacia FARMEDIC, dedicada a la comercialización de medicamentos y productos farmacéuticos, ha reportado pérdidas semanales promedio de diez pedidos por falta de productos en inventario. Mantener al menos el 70 % del stock es crucial para su operatividad, pero se han experimentado hasta tres eventos de agotamiento mensual, con tiempos promedio de reposición de dos días, los cuales pueden extenderse hasta siete días durante picos de demanda.

Esta situación genera una gestión de inventarios reactiva, evidenciada en la realización frecuente de pedidos de emergencia: uno por semana en condiciones

normales, incrementándose hasta cinco en situaciones críticas. Ello refleja una baja capacidad de previsión y una alta exposición al riesgo de quiebres de stock.

Para profundizar en el diagnóstico del problema, se han definido cuatro indicadores clave que reflejan de forma cuantitativa la situación crítica del sistema de inventario actual en la botica FARMEDIC. En primer lugar, el porcentaje de pedidos insatisfechos alcanza valores de hasta 12.3 %, con un promedio de 7.1 %, lo cual evidencia que una parte significativa de los pedidos realizados por los clientes no puede ser atendida por falta de stock, generando pérdidas económicas y afectando la confianza del usuario (Anexo 6). En segundo lugar, el nivel de cobertura del stock mínimo se encuentra, en promedio, en apenas 43 %, muy por debajo del estándar mínimo recomendado del 70 %, con casos críticos de hasta 6 %, lo que demuestra una alta vulnerabilidad ante el desabastecimiento (Anexo 7).

En tercer lugar, el índice de ocurrencia de desabastecimiento registra un valor promedio de 0.07, equivalente a 2 días con quiebre de stock por mes, interrumpiendo la continuidad del servicio farmacéutico (Anexo 8). Finalmente, el tiempo medio de reabastecimiento se sitúa en 2.3 días, pero puede extenderse hasta 7 días en contextos de alta demanda, lo que compromete la capacidad de respuesta operativa (Anexo 9). En conjunto, estos indicadores muestran que la farmacia enfrenta un escenario logístico claramente desfavorable, con altos riesgos de ruptura de inventario, ineficiencia en la atención al cliente y una baja capacidad de anticipación ante la demanda.

De no corregirse esta problemática, se prevé un incremento en la tasa de pedidos insatisfechos, mayores costos operativos, pérdida de ingresos y deterioro de la imagen institucional. Asimismo, la alta frecuencia de pedidos de emergencia puede impactar negativamente en la eficiencia logística y sostenibilidad del negocio, especialmente ante nuevas emergencias sanitarias.

Frente a este escenario, se propone el desarrollo de un modelo predictivo web orientado a la prevención del desabastecimiento de medicamentos en una farmacia de Lima Metropolitana. Esta solución tecnológica permitirá anticipar las necesidades de stock, optimizar los procesos de adquisición y distribución, y garantizar la disponibilidad continua de medicamentos esenciales, especialmente en contextos de alta demanda.

Dada la situación problemática, se planteó el problema general: (PG) ¿De qué manera influye un Modelo Predictivo Web para la prevención del

desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana?. A partir de esto, se plantean los problemas específicos, los cuales serán los siguientes: (PE1) ¿De qué manera influye el Modelo Predictivo Web para reducir el porcentaje de pedidos insatisfechos en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana?.

(PE2) ¿De qué manera influye el Modelo Predictivo Web para mejorar el nivel de cobertura del stock mínimo en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana?; (PE3) ¿De qué manera influye el Modelo Predictivo Web para disminuir el índice de ocurrencia de desabastecimiento en una farmacia de Lima Metropolitana?; (PE4) ¿De qué manera influye el Modelo Predictivo Web para reducir el tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos en una farmacia de Lima Metropolitana?

Para el presente estudio se planteó el objetivo general: (OG): Determinar la influencia de un Modelo Predictivo Web para la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana. Asimismo, se establecerán los objetivos específicos: (OE1) Determinar de qué manera influye el Modelo Predictivo Web para reducir el porcentaje de pedidos insatisfechos en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana

(OE2) Determinar de qué manera influye el Modelo Predictivo Web para mejorar el nivel de cobertura del stock mínimo en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana; (OE3) Determinar de qué manera influye el Modelo Predictivo Web para disminuir el índice de ocurrencia de desabastecimiento en una farmacia de Lima Metropolitana; (OE4) Determinar de qué manera influye el Modelo Predictivo Web para reducir el tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos en una farmacia de Lima Metropolitana.

La investigación se justifica desde 4 perspectivas (conveniencia, relevancia social, valor teórico y utilidad metodológica). Esta investigación es conveniente porque permitirá a las farmacias locales mejorar su capacidad de respuesta frente a la fluctuación de la demanda de medicamentos, reduciendo los pedidos de emergencia y aumentando la disponibilidad de productos esenciales. Así, se

contribuye a minimizar pérdidas económicas y riesgos para la salud pública, beneficiando tanto a los pacientes como a los propietarios de farmacias.

El proyecto posee una alta relevancia social, ya que su implementación impactará directamente en la continuidad de tratamientos médicos y en el acceso equitativo a medicamentos en Lima Metropolitana, especialmente en sectores vulnerables. Asegurar el abastecimiento regular de medicamentos esenciales contribuirá a mejorar la calidad de vida de los pacientes y a fortalecer la confianza en los servicios farmacéuticos locales.

Desde el punto de vista teórico, esta investigación aporta al cuerpo de conocimiento existente sobre el uso de modelos predictivos en la gestión farmacéutica. Propone un enfoque innovador al integrar técnicas de machine learning y análisis de datos para optimizar el manejo del inventario, ofreciendo bases para futuros estudios relacionados con la gestión predictiva de suministros en el sector salud.

Metodológicamente, la investigación ofrece un modelo aplicable y replicable en otras farmacias, brindando una herramienta concreta para diagnosticar, prevenir y gestionar situaciones de desabastecimiento. La metodología utilizada, basada en la construcción de un modelo predictivo web, servirá como guía práctica para profesionales del sector interesados en aplicar tecnologías inteligentes en la administración de sus inventarios.

Luego de revisar estudios previos relacionados a la investigación se identificó antecedentes nacionales: Según [6], el problema fue la mala planificación de abastecimiento de medicamentos debido a la baja precisión en la estimación de la demanda. El objetivo fue utilizar minería de datos y redes neuronales para pronosticar la demanda en una farmacia. Fue un estudio aplicado, con enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y con diseño no experimental, utilizando la metodología CRISP-DM. Se emplearon métricas R^2 y MAPE. Los resultados mostraron alta precisión (R^2 de 0.9). Se concluyó que el modelo mejora el abastecimiento. El aporte fue una aplicación web para gestionar pronósticos.

Según [7], el hospital enfrentaba dificultades para gestionar el inventario de medicamentos por la falta de predicción en el sistema SIGSALUD. El objetivo fue implementar un modelo de machine learning que estimara los niveles de inventario con mayor precisión. La metodología fue aplicada, de nivel explicativo-causal y diseño preexperimental, empleando datos históricos y la metodología CRISP-DM.

Los resultados mostraron que el modelo XGBoost logró un R^2 del 92%, superando a otros modelos en precisión. Se concluyó que el modelo mejoró la planificación del abastecimiento. El aporte fue integrar inteligencia artificial en la gestión de inventarios farmacéuticos.

Asimismo en el estudio de [8], el problema fue la deficiente predicción en el abastecimiento de productos en los almacenes de empresas farmacéuticas importadoras del Perú. El objetivo del estudio fue analizar cómo la aplicación de inteligencia artificial influye en la optimización de la cadena logística. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño preexperimental. Se aplicaron encuestas estructuradas a especialistas en logística, combinadas con análisis de datos históricos y técnicas de aprendizaje automático. Los resultados evidenciaron mejoras en los tiempos de entrega y mayor precisión en los niveles de stock. Se concluyó que la inteligencia artificial permite anticiparse a las necesidades de reabastecimiento.

El aporte fue una propuesta de mejora replicable basada en IA para prevenir el desabastecimiento en el sector farmacéutico.

Según [9], se abordó el desabastecimiento de medicamentos oncológicos en hospitales de Lima. El objetivo fue diagnosticar sus causas y proponer mejoras, incluyendo herramientas predictivas. La investigación fue aplicada, con enfoque cuantitativo y cualitativo, nivel explicativo. Se analizaron datos logísticos e indicadores clave. Los resultados revelaron que la falta de stock de seguridad, demoras en reposiciones y ausencia de modelos predictivos fueron las causas principales. Se concluyó que el uso de soluciones analíticas y predictivas mejoraría la gestión. El aporte fue una propuesta con indicadores y bases para desarrollar herramientas BI que anticipen rupturas de stock.

Luego de revisar estudios previos relacionados a la investigación se identificó antecedentes internacionales: Según [10], la problemática fue el desabastecimiento por una baja precisión en la predicción de demanda en una farmacia. El objetivo fue evaluar cómo modelos como series de tiempo y redes neuronales mejoran la gestión de inventarios. La investigación fue cuantitativa, de nivel explicativo, diseño preexperimental y registros históricos de ventas. Se usaron métricas como MSE y EAM. Los resultados muestran mejoras en cobertura de stock y precisión. La conclusión fue que los modelos optimizan la predicción de demanda. El aporte fue una herramienta para mejorar la gestión del inventario.

Según [11], la investigación trató la ineficiencia en la predicción de demanda en una farmacia chilena, lo que causaba desabastecimiento. El objetivo fue determinar cómo modelos como redes neuronales y series de tiempo mejoran la predicción. La investigación fue cuantitativa, de nivel explicativo y diseño preexperimental, usando datos históricos. Se redujo la frecuencia de desabastecimiento y se equilibró el inventario. La conclusión fue que los modelos optimizan la cobertura del stock. El aporte fue una estrategia de predicción que mejora el control del inventario.

Según [12], el problema abordado fue la predicción ineficiente de demanda en una distribuidora farmacéutica en Ecuador, provocando desabastecimiento. El objetivo fue mejorar dicha predicción mediante modelos de datos. La investigación fue cuantitativa, de nivel explicativo y con un diseño no experimental, utilizando ventas históricas y rotación de productos. Se redujo el desabastecimiento en 20 % y el tiempo de reposición en 15 %. La conclusión fue que los modelos mejoran la disponibilidad. El aporte fue un marco metodológico para la gestión eficiente del inventario.

Según [13], la investigación abordó la escasez de medicamentos en farmacias, que afecta a pacientes y al sistema de salud. El objetivo fue construir modelos de aprendizaje automático para predecir distintos niveles de escasez. La metodología fue cuantitativa, de tipo aplicada, nivel explicativo-predictivo y diseño experimental, usando datos de ventas de 22 farmacias y registros históricos. Los modelos clasificaron la escasez en cuatro niveles, logrando un 69 % de precisión general y un 59 % en casos críticos. Se concluyó que permiten prever la escasez con un mes de anticipación. El aporte fue una herramienta que optimiza pedidos e inventarios, reduciendo el impacto en pacientes y operaciones.

Según [14], la investigación abordó la dificultad para predecir la demanda de medicamentos. El objetivo fue utilizar modelos de aprendizaje automático para mejorar la precisión. La investigación fue cuantitativa, de nivel explicativo y diseño experimental, usando datos farmacéuticos en Vietnam. Se aplicaron algoritmos como Random Forest. Se obtuvo un RMSE de 0.95 y R^2 de 0.81. La conclusión fue que los modelos mejoran la predicción. El aporte fue la optimización de inventarios con IA.

Según [15], la problemática fue la gestión ineficiente del inventario, afectando la disponibilidad. El objetivo fue implementar IA para optimizar procesos logísticos.

Se empleó una investigación cuantitativa, de nivel explicativo-predictivo y diseño experimental. Se usaron cuestionarios, datos históricos y simulaciones. Se mejoró la predicción de demanda y se redujeron tareas manuales. La conclusión fue que la IA mejora el control del inventario. El aporte fue un modelo que mejora el stock mínimo y reduce desabastecimientos.

Según [16], la investigación abordó la demora en las proyecciones de consumo de medicamentos genéricos en el distrito de salud 06D05 Guano–Penipe. El objetivo fue desarrollar un sistema inteligente usando regresión lineal múltiple. La metodología fue cuantitativa, de tipo aplicada, nivel explicativo-predictivo y diseño preexperimental, utilizando CRISP-ML y gestionado con SCRUM. El modelo obtuvo un R^2 de 0.78 y mejoró el tiempo del proceso en un 35.48 %. Se concluyó que el sistema optimiza la eficiencia operativa. El aporte fue una herramienta automatizada para la gestión de demanda de medicamentos.

Según [17], la investigación abordó la necesidad de pronosticar la demanda de medicamentos esenciales en Ruanda, a fin de prevenir el desabastecimiento. El objetivo fue aplicar aprendizaje automático a datos históricos de consumo para anticipar necesidades futuras. La metodología fue cuantitativa, de tipo aplicada, nivel explicativo-predictivo y diseño experimental, utilizando datos de consumo de 2015 a 2019. Se aplicaron modelos como regresión lineal, red neuronal y bosque aleatorio, siendo este último el de mejor rendimiento, con una precisión del 88% en entrenamiento y 76% en prueba. Se concluyó que el modelo permite anticipar con éxito la demanda de medicamentos. El aporte fue un sistema de pronóstico que puede guiar la planificación operativa de la cadena de suministro en salud.

Según [18], la investigación abordó la necesidad de anticipar la demanda de productos farmacéuticos para optimizar la gestión de inventario en mayoristas-distribuidores. El objetivo fue comparar modelos de aprendizaje automático para predecir las ventas de cuatro moléculas específicas. La metodología fue cuantitativa, de tipo aplicada, nivel predictivo y diseño experimental, utilizando datos de ventas de un distribuidor francés. Se evaluaron diversos modelos de predicción, comparando su rendimiento en función de la precisión al anticipar los pedidos. Se concluyó que estas herramientas permiten mejorar la eficiencia de la cadena de suministro. El aporte fue la validación de técnicas de machine learning como apoyo a la planificación logística en el sector farmacéutico.

Según [19], la investigación abordó la escasez de medicamentos e insumos médicos durante la pandemia de COVID-19, evidenciando la falta de herramientas predictivas en el sistema de salud de Panamá. El objetivo fue diseñar un modelo matemático adaptativo para prever necesidades sanitarias a partir de la demanda registrada en bases de datos oficiales. La metodología fue de tipo aplicada, con nivel explicativo-causal y diseño preexperimental, utilizando técnicas de simulación, machine learning y Six Sigma. Los resultados mostraron que el modelo permitía anticipar la escasez y mejorar la distribución de recursos. Se concluyó que la herramienta facilita decisiones en situaciones críticas. El aporte fue un sistema predictivo útil para la gestión de medicamentos en emergencias sanitarias.

Finalmente, según [20] la investigación abordó el desabastecimiento de medicamentos en el sistema de salud colombiano. El objetivo fue diseñar un modelo predictivo basado en machine learning y big data. La metodología fue aplicada, de nivel explicativo-causal y diseño preexperimental, utilizando datos del SISMED (2022–2023) y modelos como random forest, XGBoost y redes neuronales. Los resultados indicaron que random forest alcanzó un accuracy de 1, y que las redes neuronales mejoraron al agrupar los datos por trimestre. Se concluyó que los modelos predictivos son efectivos para anticipar el desabastecimiento. El aporte fue un prototipo funcional con visualización en Power BI para apoyar la toma de decisiones en inventario.

Además, es necesario considerar las bases teóricas que servirán de fundamento para las variables y de respaldo para la presente investigación.

Se consideró como variable independiente el modelo predictivo web que es una herramienta tecnológica que utiliza algoritmos de aprendizaje automático y técnicas estadísticas para proporcionar un comportamiento futuro basado en datos históricos. Según [13], los modelos predictivos en la Web permiten realizar análisis de tiempo real, mejorando la toma de decisiones y proporcionando necesidades sin infraestructura complicada. Esto muestra cómo la aplicación de modelos web predecibles en la gestión de los refuerzos farmacéuticos optimiza la precisión en los pronósticos, facilita la toma de decisiones y permite el control proactivo y, por lo tanto, mejora la eficiencia operativa y la calidad del servicio.

La integración de la inteligencia artificial en la gestión de inventarios ha transformado significativamente la forma en que las empresas cumplen con la optimización de los pronósticos y recursos de demanda. El uso de algoritmos de

aprendizaje automático le permite analizar una gran cantidad de datos históricos y en la identificación real de modelos y tendencias que facilitan la toma de decisiones informadas. Según [21], la introducción de modelos predecibles basados en la inteligencia artificial ha mostrado una mejora significativa en los pronósticos de demanda y la optimización del nivel de stock en la industria farmacéutica. Este progreso no solo contribuye a una gestión de recursos más eficiente, sino que también le permite responder más flexible a las condiciones del mercado y las necesidades del consumidor.

Respecto a la variable dependiente: desabastecimiento de medicamentos se define como la falta de disponibilidad oportuna de bienes farmacéuticos necesarios para atender la demanda del mercado. Según [22], el desabastecimiento ocurre cuando existen interrupciones en la cadena de suministro, afectando el acceso continuo a medicamentos esenciales y poniendo en riesgo la salud pública. Estas situaciones pueden ser provocadas por deficiencias en la gestión logística, problemas en la producción o distribución, o por una inadecuada planificación de inventarios.

La teoría de gestión logística en salud, planteada por [10], sostiene que una correcta administración de inventarios, abastecimiento y distribución es fundamental para prevenir el desabastecimiento. Asimismo, [23] enfatiza que los tiempos de reabastecimiento y la disponibilidad de inventarios son factores clave para asegurar la continuidad del servicio en farmacias y centros de salud.

Para esta variable se consideraron 4 dimensiones. La primera dimensión se denomina: [24] eficiencia del inventario, la cual hace referencia a la capacidad de la farmacia para cumplir con los pedidos de medicamentos sin presentar faltantes en stock. A partir de esta dimensión, se seleccionó el indicador porcentaje de pedidos insatisfechos, como se evidencia en la fórmula (1):

$$PPI = \frac{PI}{TP} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

- PPI = Porcentaje de pedidos insatisfechos
- PI = Pedidos insatisfechos (no atendidos por falta de stock)
- TP = Total de pedidos realizados

La segunda dimensión corresponde al: [24] tiempo de respuesta logística, que mide el lapso entre la solicitud de reposición y la recepción efectiva de los productos. El indicador seleccionado es tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos, representado en la fórmula (2):

$$TMR = \frac{TR}{N} \quad (2)$$

Donde:

- TMR = Tiempo medio de reabastecimiento
- TR = Tiempo de reabastecimiento de cada pedido
- N = Número de pedidos evaluados

La tercera dimensión se llama: [24] disponibilidad del inventario, que hace referencia al tiempo en que un producto se encuentra disponible en la farmacia para su venta o distribución. El indicador seleccionado es nivel de cobertura del stock mínimo, como se representa en la fórmula (3):

$$NCSM = \frac{SE}{SM} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

- NCSM = Nivel de cobertura del stock mínimo
- SE = Stock existente
- SM = Stock mínimo requerido

La cuarta dimensión corresponde a: [24] continuidad del abastecimiento, entendida como la frecuencia con la que ocurren quiebres de inventario. Se eligió el indicador índice de ocurrencia de desabastecimiento, expresado en la fórmula (4):

$$IOD = \frac{ND}{TD} \quad (4)$$

Donde:

- IOD = Índice de ocurrencia de desabastecimiento
- ND = Número de días con desabastecimiento
- TD = Total de días evaluados

2. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño

Esta investigación es de tipo aplicada, dado que se enfoca en resolver un problema específico relacionado con el desabastecimiento de medicamentos en una farmacia de Lima Metropolitana, utilizando conocimientos previos y técnicas modernas de análisis de datos. El enfoque es cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar el comportamiento del inventario antes y después de la aplicación del modelo predictivo [25].

Asimismo, el nivel de investigación es explicativo-causal, pues busca identificar y analizar el efecto del modelo predictivo web en la gestión del inventario de medicamentos y productos. El diseño de la investigación es pre-experimental, al emplearse un solo grupo de análisis (una farmacia) sin grupo de control, permitiendo observar los cambios generados por la implementación del modelo mediante mediciones previas y posteriores a su aplicación [26].

2.2. Población, muestra y muestreo

La población de esta investigación está constituida por todas las farmacias ubicadas en Lima Metropolitana que presentan dificultades logísticas asociadas al desabastecimiento de medicamentos. Esta condición se caracteriza por interrupciones frecuentes en la disponibilidad de productos esenciales, bajos niveles de cobertura del inventario mínimo y alta dependencia de pedidos de emergencia para mantener la continuidad operativa. Dicha población representa un conjunto de establecimientos con características comunes, ubicados en un mismo contexto geográfico, que comparten la necesidad de optimizar sus procesos de gestión de stock.

La muestra del estudio corresponde a la botica FARMEDIC, seleccionada mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, debido a su accesibilidad, disponibilidad de datos históricos relevantes y disposición para participar activamente en la investigación. Este tipo de muestreo es ampliamente utilizado en investigaciones aplicadas con diseño preexperimental, donde se requiere trabajar con casos específicos para evaluar los efectos de una intervención tecnológica en un entorno real [27].

La unidad de análisis está compuesta por los registros históricos de ventas, inventario y reposiciones de productos farmacéuticos recopilados durante el año 2023. Esta información incluye variables clave como fechas de venta, cantidades de

productos despachados, stock existente, nivel de stock mínimo, tiempo medio de reabastecimiento, frecuencia de pedidos de emergencia y número de pedidos insatisfechos. La muestra se enfocará en medicamentos de alta y media rotación que hayan presentado al menos un evento de quiebre de stock, lo que permitirá alimentar y validar el modelo predictivo propuesto en condiciones reales.

Se establecieron criterios de inclusión para asegurar la pertinencia y validez de los datos analizados. Entre ellos, se incluyen únicamente aquellos registros que estén completos, correctamente estructurados y relacionados con productos incluidos en el cuadro básico de medicamentos de la farmacia. A su vez, se excluyeron productos de higiene personal o cosméticos, así como medicamentos discontinuados y registros con inconsistencias en los datos. Esta selección rigurosa busca garantizar que los resultados obtenidos reflejen con precisión la situación operativa de la farmacia y faciliten la replicabilidad del modelo en otras realidades similares.

Tal como señalan autores reconocidos en metodología cuantitativa, la correcta delimitación de la población y la muestra, así como la aplicación de criterios de inclusión y exclusión bien definidos, son fundamentales para asegurar la validez interna del estudio y la aplicabilidad de sus hallazgos [28], [29].

2.3. Hipótesis

Hipótesis general (HG):

La implementación de un modelo predictivo web influye positivamente en la prevención del abastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana.

Hipótesis Específicas (HE):

- HE1: La implementación de un Modelo Predictivo Web reducirá el porcentaje de pedidos insatisfechos en una farmacia de Lima Metropolitana.
- HE2: La implementación de un Modelo Predictivo Web mejorará el nivel de cobertura del stock mínimo en una farmacia de Lima Metropolitana.
- HE3: La implementación de un Modelo Predictivo Web disminuirá el índice de ocurrencia de desabastecimiento en una farmacia de Lima Metropolitana.

- HE4: La implementación de un Modelo Predictivo Web reducirá el tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos en una farmacia de Lima Metropolitana (ver anexo 4).

2.4. Variables y operacionalización

La presente investigación contempla dos variables principales: el Modelo Predictivo Web y el Desabastecimiento de Medicamentos. Para analizar su relación, se ha elaborado una matriz de operacionalización que permite definir claramente cada variable desde los enfoques conceptual, operacional y dimensional. Además, se establecen los indicadores, fórmulas de cálculo, escalas de medición e instrumentos que se utilizarán para recopilar y analizar los datos. Esta matriz, se puede observar en el (Anexo 5), facilita una medición objetiva y sistemática de los fenómenos estudiados, permitiendo evaluar el impacto del uso de herramientas predictivas en la gestión del inventario y la disponibilidad de medicamentos en los servicios de salud.

2.5. Instrumentos o materiales

Técnica:

La técnica empleada para esta investigación es el fichaje, debido a que permite extraer y organizar la información de forma sistemática para su análisis posterior. Esta técnica resulta pertinente para el estudio, ya que se trabaja con información cuantitativa existente relacionada con el inventario y la gestión de productos en la farmacia, lo cual contribuye a sistematizar datos dispersos y obtener un mayor control sobre la información recopilada [30].

Instrumento:

El instrumento utilizado en la presente investigación es la ficha de registro estructurada por indicador, diseñada específicamente para medir las variables cuantitativas involucradas en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos. Este instrumento permite recolectar los datos de manera organizada y estandarizada, garantizando la uniformidad de la información, lo que facilita su posterior procesamiento y análisis mediante fórmulas específicas [30] (Ver más detalle de los instrumentos en el anexo 6, anexo 7, anexo 8 y anexo 9).

Validez de contenido:

La validez de contenido se realizará aplicando el juicio de expertos, el cual consiste en someter los ítems del instrumento a la evaluación de un panel de especialistas en gestión farmacéutica y desarrollo de modelos predictivos. El

objetivo de esta validación es identificar vacíos conceptuales, ambigüedades semánticas o elementos no pertinentes, asegurando así que cada ítem sea representativo y relevante respecto a los objetivos del estudio [31]. (ir al anexo 12)

Confiabilidad:

Finalmente, la confiabilidad del instrumento se establecerá mediante la prueba de test-retest, la cual consiste en aplicar el mismo instrumento en dos momentos distintos a un mismo grupo de análisis, bajo condiciones similares. Esto permitirá evaluar la estabilidad y consistencia de los resultados obtenidos, garantizando así la fiabilidad de los datos para su interpretación [32].

2.6.Procedimientos

El procedimiento de esta investigación se desarrollará en etapas sucesivas. Primero, se recopilarán los datos históricos de ventas e inventario de la botica FARMEDIC correspondientes al año 2023, los cuales serán organizados y depurados en Excel para asegurar su calidad. Esta información incluye registros sobre el comportamiento del stock, pedidos realizados, eventos de desabastecimiento y tiempos de reposición.

Posteriormente, se implementará el modelo predictivo web utilizando algoritmos de machine learning entrenados con los datos históricos. Una vez aplicado, se procederá a su evaluación mediante la comparación de indicadores clave antes y después de su uso. Para ello, se emplearán fichas de registro diseñadas para recolectar información en las fases pre y post intervención.

Finalmente, los datos obtenidos serán analizados con métodos estadísticos utilizando Python y Excel, con el fin de determinar la efectividad del modelo en la prevención del desabastecimiento de medicamentos.

2.7.Análisis de datos

Para el análisis de los datos obtenidos en esta investigación se aplicarán métodos estadísticos de tipo descriptivo e inferencial. El análisis descriptivo permitirá resumir las características generales de las variables a través de medidas como frecuencias, porcentajes, promedios y dispersión, brindando una visión comparativa entre la situación antes y después de la implementación del modelo predictivo. Por su parte, el análisis inferencial se emplea para determinar si las diferencias observadas en los indicadores pre y post intervención son estadísticamente significativas.

En cuanto a las herramientas, se utilizará Excel para la organización inicial de los datos, incluyendo su limpieza, validación y procesamiento preliminar. Posteriormente, se emplea Python como lenguaje de programación para realizar análisis más avanzados, aplicar pruebas estadísticas y generar visualizaciones que faciliten la interpretación de los resultados.

2.8.Aspectos éticos

La presente investigación fue desarrollada cumpliendo con los principios éticos fundamentales de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia, garantizando la protección de los derechos de los participantes y la integridad del proceso. Antes de la recopilación de datos, se aseguró el consentimiento informado de los involucrados, quienes fueron debidamente informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio. La confidencialidad de los datos recolectados fue preservada mediante su almacenamiento en plataformas seguras, garantizando su uso para fines académicos y así evitar cualquier divulgación no autorizada. Finalmente, no se identificaron conflictos de interés que pudieran comprometer con los resultados del estudio.

3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

La gestión eficiente del presente proyecto requiere una planificación clara de los aspectos administrativos, incluyendo la identificación de los recursos humanos y técnicos requeridos, el presupuesto estimado, las fuentes de financiamiento y un cronograma detallado de actividades. Este apartado busca garantizar la viabilidad del desarrollo e implementación del modelo predictivo web dentro del marco de tiempo y presupuesto definidos.

3.1. Presupuesto y financiamiento

Tabla 1

Recursos humanos:

N°	Personal Técnico	Cantidad	Costo Mensual	Meses	Total S/
1	Especialista en Ciencia de Datos	1	S/ 2,300	2	S/ 4,600
2	Desarrollador Web Fullstack	1	S/ 2,000	3	S/ 6,000
3	Tester Funcional	1	S/ 1,500	2	S/ 1,500
Total Recursos Humanos					S/ 12,100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Software y Herramientas:

N°	Software	Licencia	Costo Unitario	Meses/Años	Total S/
1	Microsoft Windows 11	Licencia OEM	S/ 150	1 año	S/ 150
2	Microsoft 365 Personal	Suscripción	S/ 310	1 año	S/ 310
3	Visual Studio Code	Gratuito	S/ 0	-	S/ 0
4	Google Colab	Gratuito	S/ 0	-	S/ 0
Total Software					S/ 460

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

Hardware:

N°	Equipo	Cantidad	Costo Unitario	Total S/
1	Laptop HP Pavilion Ryzen 5 5500U	1	S/ 2,400	S/ 2,400
2	Laptop adicional para pruebas	1	S/ 1,800	S/ 1,800
Total Hardware				S/ 4,200

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Servicios Básicos:

N°	Servicio	Costo Mensual	Meses	Total S/
1	Energía eléctrica	S/ 90	6	S/ 540
2	Internet fibra óptica	S/ 120	6	S/ 720
Total Servicios				S/ 1,260

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Resumen del Presupuesto:

Categoría	Monto Total (S/)
Recursos Humanos	S/ 12,100
Software	S/ 460
Hardware	S/ 4,200
Servicios Básicos	S/ 1,260
Total General	S/ 18,020

Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS

- [1] A. Olaniran et al., «Stock-Outs of Essential Medicines Among Community Health Workers (CHWs) In Low- And Middle-Income Countries (LMICs): A Systematic Literature Review of The Extent, Reasons, And Consequences», 13 de julio de 2021, Research Square. doi: 10.21203/rs.3.rs-692874/v1.
- [2] «(PDF) The knock-on effects of COVID-19 pandemic on the supply and availability of generic medicines in Ethiopia: mixed methods study», ResearchGate, jul. 2025, doi: 10.1186/s12913-023-09535-z.
- [3] F. Biedermann, «Seeking solutions to global drugs shortages», The Lancet, vol. 401, n.o 10378, pp. 720-721, mar. 2023, doi: 10.1016/S0140-6736(23)00437-3.
- [4] «Tackling medicine shortages during and after the COVID-19 pandemic: Compilation of governmental policy measures and developments in 38 countries», Health Policy, vol. 143, p. 105030, may 2024, doi: 10.1016/j.healthpol.2024.105030.
- [5] A. T. E. Pairazaman et al., «Impacto de la COVID-19 en el consumo de medicamentos y dispositivos médicos en una farmacia satelital», jun. 2022, doi: 10.5281/zenodo.6625289.
- [6] J. C. Vilchez Villegas, «Aplicación web de minería de datos para pronosticar la demanda de medicamentos en la farmacia de un establecimiento de salud», 2023, Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5917>
- [7] D. S. Manrique Rodriguez, «Machine learning para la gestión de inventarios de medicamentos en el Hospital José Agurto Tello de Chosica», Repos. Inst. - UTP, 2025, Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/11476>
- [8] C. P. Zavala Roque y J. Sanchez Armas, «Aplicación de la inteligencia artificial y su relación con la optimización de la cadena logística en almacenes de

- empresas farmacéuticas importadoras durante los años 2018-2021», Univ. Peru. Cienc. Apl. UPC, ene. 2023, doi: 10.19083/tesis/667281.
- [9] R. V. Chamorro Rojas, V. M. Alvarado Cotrina, y Á. D. Sánchez Querevalú, «La cadena de suministro y el desabastecimiento de medicamentos oncológicos en los hospitales de Lima (SIS y EsSalud) durante el 2021 y 2022», Univ. Peru. Cienc. Apl. UPC, ago. 2023, Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671502>
- [10] D. R. Albarran, S. A. Aguirre, y M. F. Badillo, «Un modelo para predecir la demanda en farmacias», Redmarka Rev. Mark. Apl., vol. 26, n.o 1, Art. n.o 1, jun. 2022, doi: 10.17979/redma.2022.26.1.9007.
- [11] F. G. Varnero Rain, «Análisis y pronóstico de venta de productos para la gestión de inventario de la Farmacia Comunal San Miguel», 2021, Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/183951>
- [12] L. M. Guerrero-Mieles y M. C. Escobar-García, «Efectos sociales del desabastecimiento de medicinas en el hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de la ciudad de Portoviejo en el año 2020», 593 Digit. Publ. CEIT, vol. 7, n.o 4-1, Art. n.o 4-1, ago. 2022, doi: 10.33386/593dp.2022.4-1.1235.
- [13] R. Pall, Y. Gauthier, S. Auer, y W. Mowaswes, «Predicting drug shortages using pharmacy data and machine learning», Health Care Manag. Sci., vol. 26, n.o 3, pp. 395-411, sep. 2023, doi: 10.1007/s10729-022-09627-y.
- [14] L. D. Lam, B. P. Le Luong, H. T. Mai Linh, y P. M. Hung, «Application of Machine Learning in Predicting the Amount of Pharmaceutical Drugs Ordered for the Manufacturer», en 2023 1st International Conference on Health Science and Technology (ICHST), dic. 2023, pp. 1-6. doi: 10.1109/ICHST59286.2023.10565367.

- [15] «(PDF) Estrategias basadas en inteligencia artificial para la gestión de inventarios en la cadena de suministro», ResearchGate, ene. 2025, doi: 10.18845/tm.v37i6.7271.
- [16] «Desarrollo de un sistema inteligente para predecir los consumos de medicamentos genéricos de mayor demanda en el distrito de salud 06d05 guano-penipe, aplicando técnicas de regresión de machine learning.» Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/ca039011-0057-4b4b-9e69-f34666c4efde>
- [17] F. Mbonyinshuti, J. Nkurunziza, J. Niyobuhungiro, y E. Kayitare, «The Prediction of Essential Medicines Demand: A Machine Learning Approach Using Consumption Data in Rwanda», *Processes*, vol. 10, n.o 1, Art. n.o 1, ene. 2022, doi: 10.3390/pr10010026.
- [18] «(PDF) A Comparative Stud of Predictive Models for Pharmaceutical Sales Data», en ResearchGate, doi: 10.1109/ICCCR54399.2022.9790232.
- [19] I. Chang, H. R. Álvarez, O. Aguilar, A. García, V. L. Cabrera, y J. M. Castillo, «DATASISMO: A model for the forecast of health needs via analysis of the demand for supplies and medicines», en 2023 VI Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil (AmiTIC), oct. 2023, pp. 1-8. doi: 10.1109/AmiTIC60194.2023.10366371.
- [20] V. Vera y A. Felipe, «Diseño de un modelo con uso de machine learning y big data para predecir el desabastecimiento de medicamentos», jun. 2025, Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/70412>
- [21] «Review and analysis of artificial intelligence methods for demand forecasting in supply chain management», *Procedia CIRP*, vol. 107, pp. 1126-1131, ene. 2022, doi: 10.1016/j.procir.2022.05.119.
- [22] S. Shukar et al., «Drug Shortage: Causes, Impact, and Mitigation Strategies», *Front. Pharmacol.*, vol. 12, jul. 2021, doi: 10.3389/fphar.2021.693426.

- [23] «Pharmaceutical supply chain reliability and effects on drug shortages», *Comput. Ind. Eng.*, vol. 169, p. 108258, jul. 2022, doi: 10.1016/j.cie.2022.108258.
- [24] M. B. Demessie, B. D. Workneh, S. A. Mohammed, y A. D. Hailu, «<p>Availability of Tracer Drugs and Implementation of Their Logistic Management Information System in Public Health Facilities of Dessie, North-East Ethiopia</p>», *Integr. Pharm. Res. Pract.*, vol. 9, pp. 83-92, ago. 2020, doi: 10.2147/IPRP.S262266.
- [25] A. A. V. Ramírez, L. M. G. Orellana, R. C. Tapia, R. V. Teves, y J. H. Tisoc, *Métodos de investigación científica. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*, 2023. doi: 10.35622/inudi.b.094.
- [26] C. Ramos-Galarza, «Editorial: Diseños de investigación experimental», *CienciAmérica*, vol. 10, n.o 1, pp. 1-7, feb. 2021, doi: 10.33210/ca.v10i1.356.
- [27] «(PDF) TÉCNICAS DE MUESTREO PROBABILÍSTICO PARA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD», en ResearchGate. Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/374695823_TECNICAS_DE_MUESTREO_PROBABILISTICO_PARA_INVESTIGACION_EN_CIENCIAS_DE_LA_SALUD
- [28] «(PDF) Descripción de población, muestra y muestreo», en ResearchGate. doi: 10.59760/8733385.09.
- [29] M. Á. M. Romero, D. R. H. Tiza, J. P. M. Murillo, D. O. O. Cervantez, y G. I. Ordóñez, *Método mixto de investigación: Cuantitativo y cualitativo. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*, 2023. doi: 10.35622/inudi.b.105.
- [30] M. Medina, R. Rojas, W. Bustamante, R. Loaiza, C. Martel, y R. Castillo, *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*, 2023. doi: 10.35622/inudi.b.080.

- [31] «Evaluation of methods used for estimating content validity», Res. Soc. Adm. Pharm., vol. 15, n.o 2, pp. 214-221, feb. 2019, doi: 10.1016/j.sapharm.2018.03.066.

- [32] «Development, validation and measurement of patient satisfaction questionnaire in Spanish in drive thru services adapted to hospital pharmacies during COVID-19 pandemic», Saudi Pharm. J., vol. 32, n.o 1, p. 101838, ene. 2024, doi: 10.1016/j.jsps.2023.101838.

ANEXOS

ANEXO 1

SOLICITUD DE PERMISO Y AUTORIZACIÓN

SOLICITUD DE PERMISO Y AUTORIZACIÓN

Técnico Carlos Luis Ricaldi Suasnabar

Propietario de la farmacia Farmedic

Estimado Señor Ricaldi:

Por medio de la presente, nosotros, CALIXTO RICARDI, Kevin Alonso con DNI: 76807727, FELIX IBARRA, Jose Marino con DNI: 73013278, Y HINOSTROZA BACILIO, Fredy Alonso con DNI: 76216620, estudiantes de la Universidad Autónoma del Perú, solicitamos su autorización para poder acceder a la información y registros de la Farmacia Farmedic que sean necesarias para el desarrollo de nuestro trabajo de tesis titulado: "MODELO PREDICTIVO WEB PARA LA PREVENCIÓN DEL DESABASTECIMIENTO DE MEDICAMENTOS Y PRODUCTOS EN UNA FARMACIA DE LIMA METROPOLITANA".

Este trabajo de tesis corresponde a una investigación académica realizada como requisito para optar el título profesional, donde se plantea diseñar, desarrollar y validar un modelo predictivo implementado en una plataforma web que permita anticipar el desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana, contribuyendo a una mejor gestión de inventario, toma de decisiones oportunas y mejora en la continuidad del servicio farmacéutico.

Para llevar a cabo este proyecto, necesitamos acceder a cierta información de la base de datos de la farmacia.

Nos comprometemos a utilizar la información obtenida únicamente con fines académicos de investigación, respetando la confidencialidad de los datos y garantizando que no serán divulgados ni utilizados fuera del propósito de nuestra investigación.

Adjuntamos los datos de los integrantes del equipo de tesis y quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional.

Agradeciéndole de antemano su amable atención, quedamos a la espera de su respuesta.

Atentamente,


BOTICA FARMEDIC
RUC. N° 19448541885
CARLOS LUIS RICARDI SUASNABAR
PROPIETARIO

CALIXTO RICARDI, Kevin Alonso

DNI: 76807727

FELIX IBARRA, Jose Marino

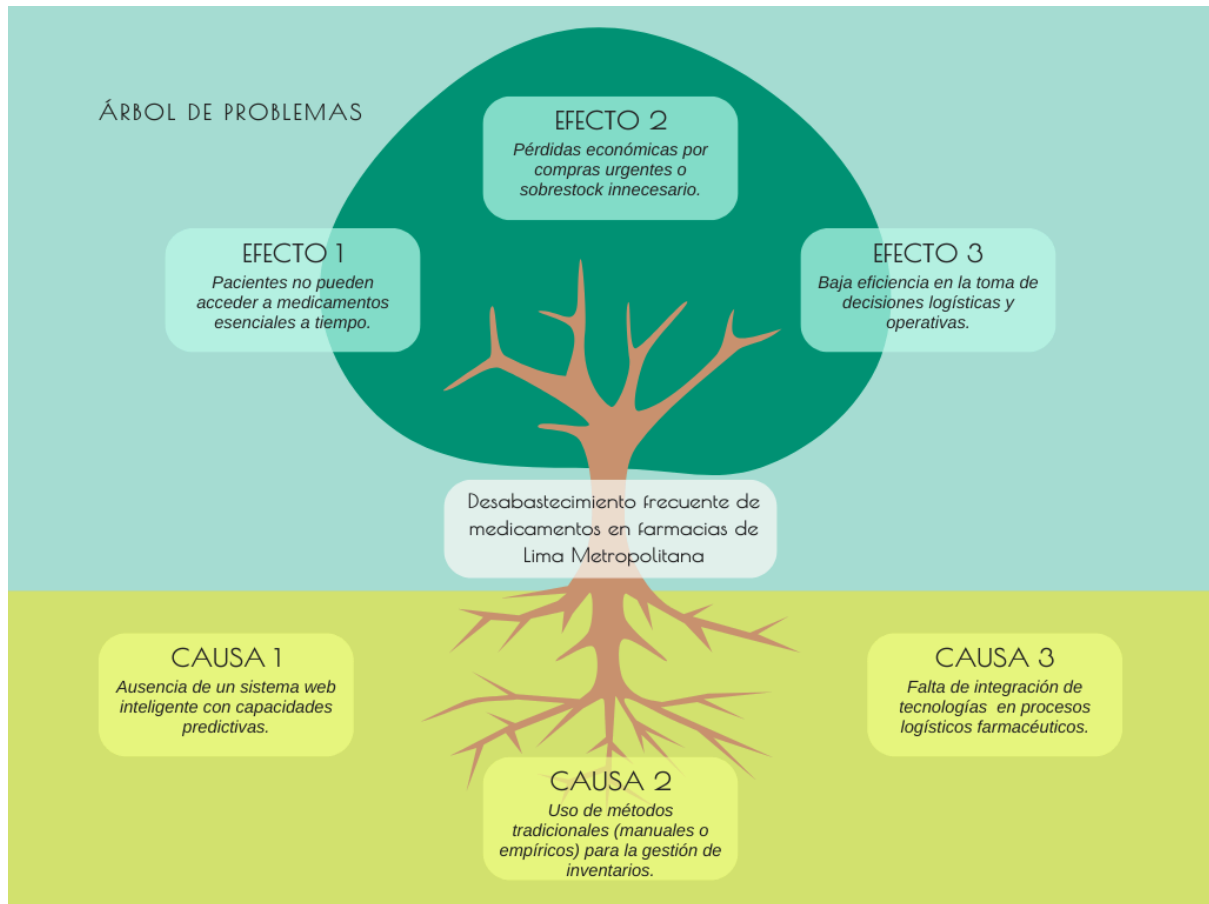
DNI: 73013278

HINOSTROZA BACILIO, Fredy Alonso

DNI: 76216620

ANEXO 2

ÁRBOL DE PROBLEMAS



ANEXO 3

Entrevista al Gerente de la Farmacia

Entrevista realizada al gerente de la farmacia ubicada en Lima Metropolitana, con el objetivo de identificar aspectos relacionados al desabastecimiento de medicamentos y productos.

Pregunta 1: ¿Con qué frecuencia experimenta faltantes de productos en su inventario?

Respuesta: Perdemos aproximadamente 10 pedidos por semana debido a la falta de productos en inventario.

Pregunta 2: ¿Cuál es el nivel mínimo de stock que consideran necesario para operar adecuadamente?

Respuesta: Nuestro nivel mínimo de stock es de 70%, por debajo de ese porcentaje, se generan problemas operativos.

Pregunta 3: ¿Cada cuánto tiempo suelen agotarse los productos durante meses normales?

Respuesta: Durante meses normales, el inventario se agota hasta tres veces por mes.

Pregunta 4: ¿Cuál es el tiempo promedio que tardan en reponer los productos agotados?

Respuesta: Generalmente tardamos dos días en reponer los productos; sin embargo, en alta demanda, como durante la pandemia, puede tardar hasta siete días.

Pregunta 5: ¿Qué tan frecuente es la necesidad de realizar pedidos de emergencia?

Respuesta: Normalmente hacemos un pedido de emergencia por semana, pero en épocas de alta demanda realizamos hasta cinco pedidos semanales.

ANEXO 4

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES			METODOLOGÍA
(PG) ¿De qué manera influye un Modelo Predictivo Web para la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana?	(OG): Determinar la influencia de un Modelo Predictivo Web para la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana.	(HG): La implementación de un Modelo Predictivo Web influye positivamente en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana.	Variable Independiente: Modelo Predictivo Web			Tipo de Investigación: Aplicada Enfoque de Investigación: Cuantitativo Diseño de Investigación: Preexperimental Nivel de Investigación: Explicativo - Causal Población: Todas las Farmacias de Lima Metropolitana Muestra: A una única Farmacia ubicada en Lima Metropolitana Tipo de muestreo: No probabilístico
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	Variable Dependiente: Desabastecimiento de Medicamentos			Técnica e Instrumento: Fichas de Registro
(PE1) ¿De qué manera influye el Modelo Predictivo Web para reducir el porcentaje de pedidos insatisfechos en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana?	(OE1) Determinar de qué manera influye el Modelo Predictivo Web para reducir el porcentaje de pedidos insatisfechos en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana.	(HE1) La implementación de un Modelo Predictivo Web reducirá el porcentaje de pedidos insatisfechos en una farmacia de Lima Metropolitana.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	
			Eficiencia del inventario	Porcentaje de pedidos insatisfechos	Ficha de registro	
(PE2) ¿De qué manera influye el Modelo Predictivo Web para mejorar el nivel de cobertura del stock mínimo en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana?	(OE2) Determinar de qué manera influye el Modelo Predictivo Web para mejorar el nivel de cobertura del stock mínimo en la prevención del desabastecimiento de medicamentos y productos en una farmacia de Lima Metropolitana	(HE2) La implementación de un Modelo Predictivo Web mejorará el nivel de cobertura del stock mínimo en una farmacia de Lima Metropolitana.	Disponibilidad del inventario	Nivel de cobertura del stock mínimo	Ficha de registro	
(PE3) ¿De qué manera influye el Modelo Predictivo Web para disminuir el índice de ocurrencia de desabastecimiento en una farmacia de Lima Metropolitana?	(OE3) Determinar de qué manera influye el Modelo Predictivo Web para disminuir el índice de ocurrencia de desabastecimiento en una farmacia de Lima Metropolitana	(HE3) La implementación de un Modelo Predictivo Web disminuirá el índice de ocurrencia de desabastecimiento en una farmacia de Lima Metropolitana.	Continuidad del abastecimiento	Índice de ocurrencia de desabastecimiento	Ficha de registro	
(PE4) ¿De qué manera influye el Modelo Predictivo Web para reducir el tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos en una farmacia de Lima Metropolitana?	(OE4) Determinar de qué manera influye el Modelo Predictivo Web para reducir el tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos en una farmacia de Lima Metropolitana.	(HE4) La implementación de un Modelo Predictivo Web reducirá el tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos en una farmacia de Lima Metropolitana.	Tiempo de respuesta logística	Tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos	Ficha de registro	

ANEXO 5

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Fórmula	Escala de medición	Instrumento
Variable Independiente: Modelo Predictivo Web	Un modelo predictivo web es un sistema informático accesible vía web que utiliza algoritmos de aprendizaje automático para analizar datos históricos y generar predicciones que faciliten la toma de decisiones anticipadas en diversos procesos, como la gestión logística y el control de inventarios [22].	Se evaluará a través de métricas asociadas a su impacto en la gestión logística del inventario. Se medirá mediante las siguientes dimensiones e indicadores:					
Variable dependiente: Desabastecimiento de Medicamentos	El desabastecimiento de medicamentos se refiere a la falta de disponibilidad de productos farmacéuticos en el momento y cantidad requeridos para satisfacer la demanda de los usuarios, afectando la continuidad y calidad de la atención en los servicios de salud [28].	Se evaluará a través de métricas que reflejan la disponibilidad y continuidad del stock en el sistema logístico. Se medirá mediante las siguientes dimensiones e indicadores:	Eficiencia del inventario	Porcentaje de pedidos insatisfechos	$PPI = \frac{PI}{TP} \times 100$ Donde: PPI = Porcentaje de pedidos insatisfechos PI = Pedidos insatisfechos (no atendidos por falta de stock) TP = Total de pedidos realizado	Porcentual (%)	Ficha de registro
			Tiempo de respuesta logística	Tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos	$TMR = \frac{\sum TR}{N}$ Donde: TMR = Tiempo medio de reabastecimiento TR = Tiempo de reabastecimiento de cada pedido N = Número de pedidos evaluados	Escala de razón (días)	Ficha de registro
			Disponibilidad del inventario	Nivel de cobertura del stock mínimo	$NCSM = \frac{SE}{SM} \times 100$ Donde: NCSM = Nivel de cobertura del stock mínimo SE = Stock existente SM = Stock mínimo requerido	Porcentual (%)	Ficha de registro
			Continuidad del abastecimiento	Índice de ocurrencia de desabastecimiento	$IOD = \frac{ND}{TD}$ Donde: IOD = Índice de ocurrencia de desabastecimiento ND = Número de días con desabastecimiento TD = Total de días evaluados	Frecuencia mensual (conteo)	Ficha de registro

ANEXO 6

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: INDICADOR 1

Modelo Predictivo Web para la Prevención del Desabastecimiento de medicamentos y productos en una Farmacia de Lima Metropolitana			
DIMENSIÓN:	Eficiencia del inventario		
INDICADOR:	Porcentaje de pedidos insatisfechos		
INVESTIGADORES:	Calixto Ricaldi, Kevin Alonso Felix Ibarra, Jose Marino Hinostroza Bacilio, Fredy Alonso		
LUGAR DE ESTUDIO:	Botica FARMEDIC		
FÓRMULA:	$PPI = \frac{PI}{TP} \times 100$ <p>Donde: PPI = Porcentaje de pedidos insatisfechos PI = Pedidos insatisfechos (no atendidos por falta de stock) TP = Total de pedidos realizados</p>		
MOMENTO:	PRETEST		
Nº	PPI	PI	TP
1	12.3%	9	73
2	5.2%	11	212
3	4.8%	8	166
4	7.6%	12	158
5	3.6%	8	222
...
50	4.2%	8	192

ANEXO 7

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: INDICADOR 2

Modelo Predictivo Web para la Prevención del Desabastecimiento de medicamentos y productos en una Farmacia de Lima Metropolitana			
DIMENSIÓN:	Tiempo de respuesta logística		
INDICADOR:	Nivel de cobertura del stock mínimo		
INVESTIGADORES:	Calixto Ricaldi, Kevin Alonso Felix Ibarra, Jose Marino Hinostroza Bacilio, Fredy Alonso		
LUGAR DE ESTUDIO:	Botica FARMEDIC		
FÓRMULA:	$NCSM = \frac{SE}{SM} \times 100$ <p>Donde: NCSM = Nivel de cobertura del stock mínimo SE = Stock existente SM = Stock mínimo requerido</p>		
MOMENTO:	PRETEST		
Nº	NCSM	SE	SM
1	27%	27	100
2	70%	70	100
3	6%	3	50
4	100%	100	100
5	50%	25	50
...
50	43%	13	30

ANEXO 8

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: INDICADOR 3

Modelo Predictivo Web para la Prevención del Desabastecimiento de medicamentos y productos en una Farmacia de Lima Metropolitana			
DIMENSIÓN:	Disponibilidad del inventario		
INDICADOR:	Índice de ocurrencia de desabastecimiento		
INVESTIGADORES:	Calixto Ricaldi, Kevin Alonso Felix Ibarra, Jose Marino Hinostroza Bacilio, Fredy Alonso		
LUGAR DE ESTUDIO:	Botica FARMEDIC		
FÓRMULA:	$IOD = \frac{ND}{TD}$ <p>Donde: IOD = Índice de ocurrencia de desabastecimiento ND = Número de días con desabastecimiento TD = Total de días evaluados</p>		
MOMENTO:	PRETEST		
Nº	IOD	ND	TD
1	0.065	2	31
2	0.065	2	31
3	0.065	2	31
4	0.097	3	31
5	0.071	2	28
...
50	0.107	3	28

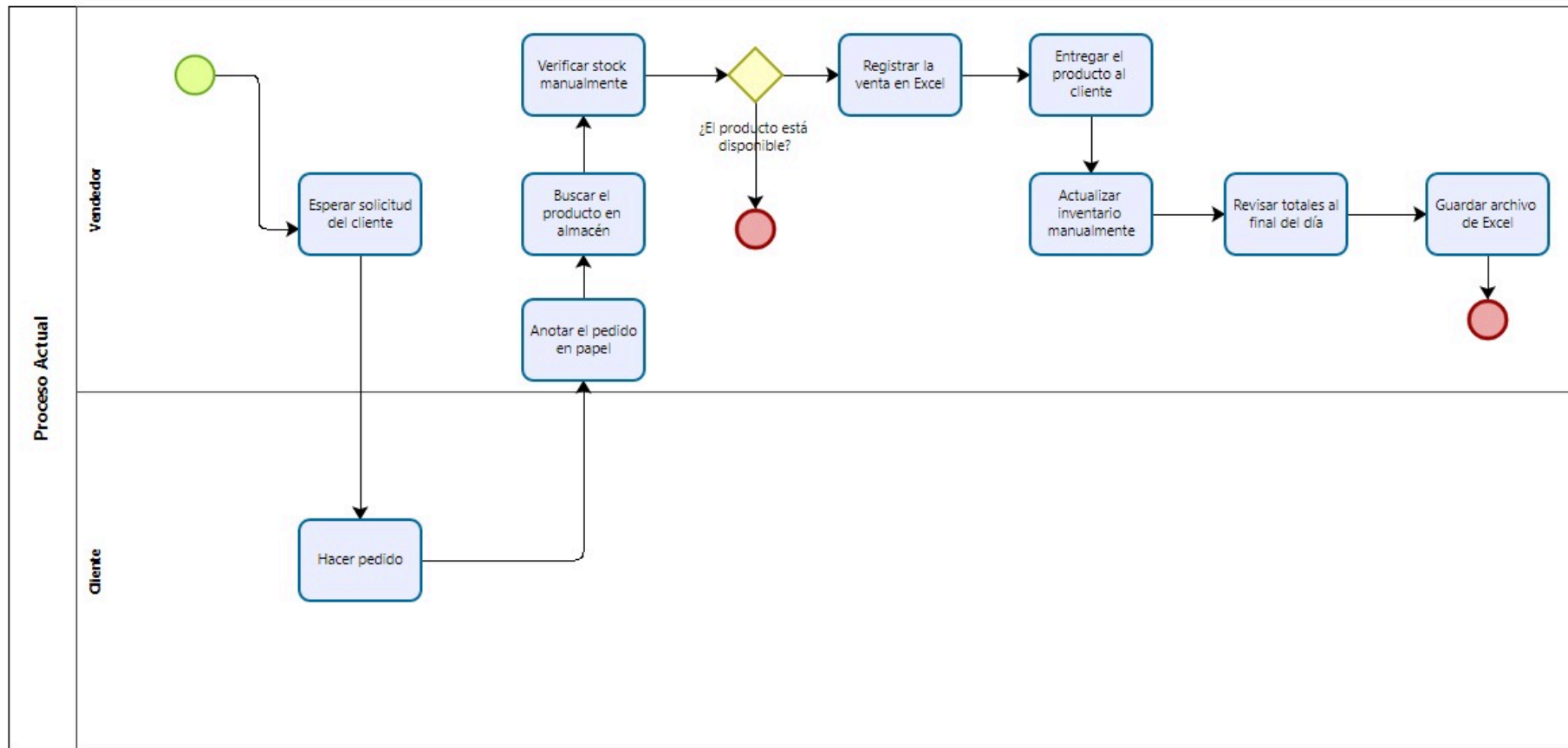
ANEXO 9

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: INDICADOR 4

Modelo Predictivo Web para la Prevención del Desabastecimiento de medicamentos y productos en una Farmacia de Lima Metropolitana			
DIMENSIÓN:	Continuidad del abastecimiento		
INDICADOR:	Tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos		
INVESTIGADORES:	Calixto Ricaldi, Kevin Alonso Felix Ibarra, Jose Marino Hinostroza Bacilio, Fredy Alonso		
LUGAR DE ESTUDIO:	Botica FARMEDIC		
FÓRMULA:	$TMR = \frac{TR}{N}$ <p>Donde: TMR = Tiempo medio de reabastecimiento TR = Tiempo de reabastecimiento de cada pedido N = Número de pedidos evaluados</p>		
MOMENTO:	PRETEST		
Nº	TMR	TR	N
1	2.4	129	54
2	2.8	17	6
3	2.8	17	6
4	2.0	6	3
5	2.5	5	2
...
50	2.3	138	59

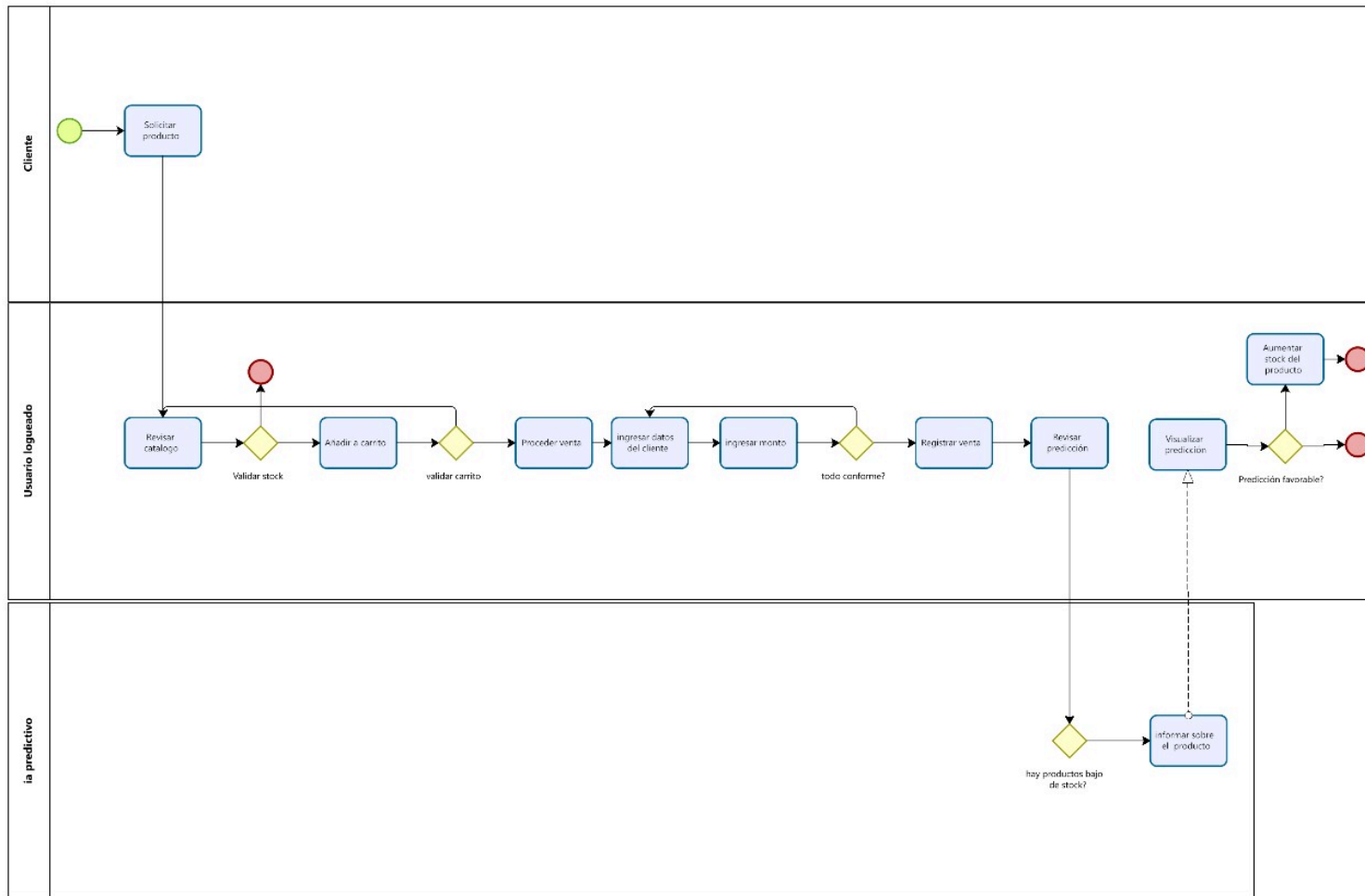
ANEXO 10

Diagrama de Proceso As-Is



ANEXO 11

Diagrama de Proceso To-Be



Anexo 12

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DESABASTECIMIENTO DE MEDICAMENTOS

N.º	INDICADORES / FÓRMULA	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
	INDICADOR 1: Porcentaje de pedidos insatisfechos	Si	No	Si	No	Si	No	
1	$PPI = \frac{PI}{TP} \times 100$							
	INDICADOR 2: Nivel de cobertura del stock mínimo	Si	No	Si	No	Si	No	
2	$NCSM = \frac{SE}{SM} \times 100$							
	INDICADOR 3: Índice de ocurrencia de desabastecimiento	Si	No	Si	No	Si	No	
3	$IOD = \frac{ND}{TD}$							
	INDICADOR 4: Tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos	Si	No	Si	No	Si	No	
4	$TMR = \frac{TR}{N}$							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

_____ Opinión de aplicabilidad: Aplicable []

Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador:

DNI:

Especialidad del validador:

x de mayo del 2025

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

Firma del Experto Informante

Anexo 13

Evidencias de la definición de la variable dependiente

La escasez de medicamentos es un problema global que afecta a países de ingresos bajos, medios y altos. Muchos países han desarrollado diversas estrategias para superarlo, mientras que este se acelera y afecta a todo el mundo. Todos los tipos de medicamentos, como los esenciales para la supervivencia, los oncológicos, los antimicrobianos, los analgésicos, los opioides, los cardiovasculares, los radiofármacos y los productos parenterales, son susceptibles a la escasez. Entre todas las formas farmacéuticas, los productos inyectables estériles presentan un mayor riesgo de escasez que otras. Las causas de la escasez son multifactoriales, incluyendo problemas de suministro, de demanda y regulatorios. Los problemas de suministro

Anexo 14

Evidencias de los indicadores de la variable dependiente

INDICADOR: Porcentaje de pedidos insatisfechos

Los formularios de registro logístico incompletos o sin completar fueron la principal razón del desabastecimiento de TD, entre otros. En los tres centros de salud, no había datos logísticos. Si bien algunos centros de salud contaban con datos logísticos, el llenado fue inadecuado, lo que a su vez provocó que los centros de salud no solicitaran la cantidad correcta de TD en el momento oportuno a la PFSA y al almacén del centro. Algunos participantes afirmaron que la PFSA no podía suministrar TD, como sulfato ferroso con ácido fólico y ungüento oftálmico de tetraciclina, incluso si los solicitaban a tiempo. La otra razón fue la falta de llenado de la tarjeta de stock, que debería ser llenada y regulada por el jefe de farmacia de los centros de salud para minimizar la discrepancia en el mantenimiento de los registros de existencias. La sobrecarga de trabajo hizo que el gerente del almacén se sintiera extremadamente agotado y abrumado, y la ausencia de indemnizaciones para el personal exacerbó el problema.

INDICADOR: Tiempo medio de reabastecimiento de medicamentos

La disponibilidad promedio de medicamentos esenciales en los centros de salud públicos de Dessie fue del 74,7%. Todos los centros de salud públicos experimentaron desabastecimiento de al menos un médico tratante. Un porcentaje significativo de los centros de salud desabastecieron medicamentos esenciales el día de la visita y durante los seis meses. El promedio más alto de desabastecimiento diario cubierto a largo plazo fue de 3,5 meses.

En cuanto a la información logística, la mayoría de los centros de salud utilizaban formularios logísticos, excepto la tarjeta de inventario. Si bien seis centros de salud utilizaban la tarjeta de inventario, la disponibilidad y actualización de las tarjetas de inventario durante el período de la encuesta no era del todo satisfactoria. Se observó una discrepancia entre el saldo de la tarjeta de inventario y el inventario en el período de la encuesta. Sin embargo, se mejoró la disponibilidad y el uso adecuado de los registros logísticos, lo que mejoró la disponibilidad de las tarjetas de inventario.

INDICADOR: Nivel de cobertura del stock mínimo

La frecuencia y duración del desabastecimiento de los TD se evaluaron solo en seis centros de salud, ya que los tres restantes no tenían datos logísticos. Entre los TD, el desabastecimiento de Feso4 con ácido fólico, ungüento oftálmico de tetraciclina al 1%, Artemeter 20 mg, Lumefantrina 120 mg y la inyección de ergometrina se encontraron en la mayoría de los centros de salud. Las razones del desabastecimiento de Feso4 con ácido fólico se debieron a la falta de disponibilidad en PFSA. De manera similar, en Ghana la falta de disponibilidad de existencias del almacén central fue la razón del desabastecimiento de los TD.²² En algunos

INDICADOR: Índice de ocurrencia de desabastecimiento

entregara en el momento oportuno. En cuanto al plazo de entrega, la mayoría de los centros de salud tardaban entre dos semanas y un mes en recibir los medicamentos de la PFSA tras la solicitud. La falta de supervisión continua por parte de la Oficina de Salud de Woreda, el Departamento de Salud de la Zona y la PFSA en cuanto a la disponibilidad de medicamentos de venta libre y la implementación del SGIEL agrava la situación.