



**TÍTULO DEL ESTUDIO: “REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE
DISPENSACIÓN EN FARMACIA DE CONSULTA
EXTERNA 1 PARA EL 2024: UN MODELO DE
SIMULACIÓN EN EL HOSPITAL NACIONAL EDGARDO
REBAGLIATI MARTINS”**

REPORTE DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN 04-2024

Autores

- Maria Rosa Gutierrez Briones
- Ana Beny Sánchez Gallegos
- Alejandro Fabio Salvatore Aylas Barranca
- Edgar Coila Paricahua
- Percy Soto Becerra

Reporte de resultados de investigación 04-2024

El presente reporte es el resultado de una investigación realizada en el marco de los temas de investigación en salud prioritarios para ESSALUD, para el periodo 2023-2025, aprobados con la Resolución de IETSI N°24-IETSI-2023.

Conflicto de intereses

Los responsables de la elaboración del presente documento declaran no tener ningún conflicto de interés financiero o no financiero, con relación a los temas descritos en el presente documento.

Aprobación Ética

Este es un estudio observacional, transversal con diseño experimental computacional en el entorno de simulación que fue aprobado para su ejecución por el Comité Institucional de Ética en Investigación del Hospital Edgardo Rebagliati Martins.

Financiamiento

Este documento técnico ha sido financiado por el Instituto de Evaluación de Tecnologías en Salud e Investigación (IETSI).

Agradecimientos

Todo el equipo operativo:

- Esperanza Arce Fontela – Ex Subgerente de la SubDirección de Desarrollo de Investigación en Salud del IETSI
- Miguel Angel Mariscal Huamaní – Estudiante de la Universidad Ricardo Palma
- Dennis Contreras Castillo – Estudiante de la Universidad Ricardo Palma
- Aymar Buitron Mallma – Estudiante de la Universidad Ricardo Palma
- Natalia Quispe Agurto – Estudiante de la Universidad Ricardo Palma

Citación

Este documento debe ser citado como: “REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE DISPENSACIÓN EN FARMACIA DE CONSULTA EXTERNA 1 PARA EL 2024: UN MODELO DE SIMULACIÓN EN EL HOSPITAL NACIONAL EDGARDO REBAGLIATI MARTINS”. Reporte de resultados de investigación 04-2024Lima: ESSALUD;2024

Datos de contacto

Alejandro Fabio Salvatore Aylas Barranca

Correo electrónico: fabio.aylas.barranca@gmail.com

Teléfono: (+51) 980114131

PRE PUBLICACIÓN

Contenido

Resumen	5
Introducción.....	6
Métodos.....	7
Resultados.....	10
Discusión y Conclusiones.....	13
Referencias Bibliográficas	14

PRE PUBLICACIÓN

RESUMEN

OBJETIVOS: Determinar un proceso que logre reducir el tiempo de dispensación de medicamentos en la Farmacia de Consulta Externa 1 del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins, usando simulación.

MÉTODOS: El proceso de dispensación fue representado en un modelo conceptual basado en la descripción del equipo de profesionales del Departamento de Farmacia. Durante cuatro semanas, se recolectaron datos de tiempos de cada parte del proceso utilizando pulsadores con macros para equipos celulares. Los datos fueron sometidos a pruebas de chi-cuadrado y Kolgomorov-Simirnov para determinar una distribución estadística adecuada que se ajuste a los datos. En base del modelo conceptual y las distribuciones de los datos, se diseñó el modelo de simulación. La verificación y validación del modelo de simulación se realizó comparando el factor de utilización (ρ) obtenido según la teoría de colas con los resultados de la simulación, asegurando que la diferencia sea menor a 5%.

RESULTADOS: Los resultados se dividen en dos partes: simulación de las condiciones existentes y simulaciones de escenarios del proceso propuesto. Para el proceso actual, la simulación reveló que el tiempo promedio de espera era de 20 a 23 minutos, con un 72% de pacientes atendidos y solo un 7% de recetas revisadas por al menos un químico farmacéutico. Se presentó un nuevo proceso que incorporó equipos tecnológicos que automaticen actividades manuales y se realizaron simulaciones considerando diferentes escenarios en la distribución de recursos para cada actividad. Los resultados de los escenarios fueron: escenario 1 no mostró mejoras en comparación con el proceso actual, escenario 2 se redujo el tiempo de espera a 7-8 minutos, con un 95% de pacientes atendidos y un 11% de recetas revisadas por al menos un químico farmacéutico, en cambio el escenario 3 fue el más eficiente reduciendo el tiempo de espera a 5-6 minutos, aumentando el número de pacientes atendidos al 97%, y elevando el porcentaje de recetas revisadas al 44%.

CONCLUSIONES: La implementación de equipos tecnológicos que automaticen actividades, acompañada de una adecuada distribución de recursos, puede optimizar significativamente proceso de dispensación de medicamentos, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la calidad de atención en la validación de recetas. La simulación de eventos discretos se mostró como una herramienta eficaz para evaluar y mejorar los procesos operativos en farmacias hospitalarias.

Palabras clave: Farmacia, dispensación de medicamentos, simulación de procesos y mejora de procesos.

INTRODUCCIÓN

El proceso de dispensación de medicamentos en las farmacias de los hospitales se ve comprometido cuando ocurre una demora en la entrega de medicamentos. Factores comunes a la demora son los múltiples pasos en el proceso, el número limitado de personal y deficiencias en la gestión de la preferencia de atención (1,2). Estas limitaciones no solo ralentizan el proceso, sino que provoca la insatisfacción de los pacientes por el tiempo que deben esperar (3,4).

En el Perú la dispensación es un proceso que implica varias etapas: (i) recepción de recetas, (ii) análisis e interpretación de la prescripción, (iii) preparación y selección de los medicamentos, (iv) entrega e información al paciente, y registros correspondientes (5). En el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins (HNERM), según información estadística interna, aproximadamente unos 1000 pacientes visitan diariamente la Farmacia de Consulta Externa 1. Se estima un tiempo de espera promedio de 15 minutos que pueden extenderse hasta 20 minutos. Un estudio muestra que el 73% del tiempo de espera se debe a periodos de inactividad. Estos periodos son el tiempo de espera para la revisión de la receta, el tiempo que los pacientes pasan en fila para recibir sus medicamentos, y cualquier otro momento en el que no se realiza ninguna acción de atención directa al paciente o a la receta (6).

Estudios anteriores han presentado estrategias eficaces para reducir el tiempo de espera, siendo los más resaltantes la automatización de tareas (7–9). Aunque este enfoque ha mostrado ser efectivo, replicarlas en la farmacia de Consulta Externa 1 del HNERM presentaría desafíos debido a diferencias en las actividades del proceso y disponibilidad de recursos. Además, la implementación de nuevas tecnologías es costosa y a menudo requiere de un rediseño del proceso. Una alternativa es emplear simulaciones de eventos discretos por computadora para obtener información sobre el sistema y predecir los efectos de los cambios (10). Las simulaciones de eventos discretos proyectan escenarios que permiten analizar qué pasos del proceso se pueden cambiar, cuáles no se deben alterar o cómo se pueden reorganizar para que estos sean más eficientes.

La aplicación de simulaciones ha sido validada en varias investigaciones para analizar y proponer mejoras en procesos operativos de diversas áreas, demostrando ser una herramienta efectiva para optimizar tiempos y recursos sin afectar la calidad del servicio (11–14).

El presente estudio tiene como objetivo determinar un proceso que logre reducir el tiempo de dispensación de medicamentos, mediante simulaciones se evaluó la incorporación de automatización de tareas.

MÉTODOS

El proceso de dispensación se representó en un modelo conceptual según la descripción del equipo de profesionales del Departamento de Farmacia y el esquema se ilustra en Fig.1.

Recolección de datos

Se recolectaron datos de tiempos para cada etapa del proceso entre las 9 a 11 am, los días martes y jueves durante 4 semanas, utilizando pulsadores diseñados con macros para equipos celulares. Adicionalmente, se realizó un conteo de recetas según decisiones y atributos específicos.

Se recolectaron 1100 datos de tiempos. Sin embargo, algunos datos fueron eliminados debido a errores y situaciones imprevistas, quedando 920 datos válidos para el análisis. En la Fig. 2 se muestra el diagrama de flujo de la selección de datos válidos.

De las 114 recetas atendidas por los digitadores, el 16% no fueron aceptadas, el 74% fueron aceptadas y el 10% restante fueron remitidas para revisión del químico farmacéutico; de estas últimas, el 80% fueron aceptadas para continuar el proceso. Entre las 281 recetas revisadas, los técnicos de farmacia clasificaron el 30% en el Grupo A, el 35% en el Grupo B y el 35% en el Grupo C. La distribución de ítems solicitados fue: en el Grupo A, el 12% tenía de 1 a 2 ítems, el 63% tenía de 3 a 5 ítems y el 25% tenía 6 o más ítems; en el Grupo B, el 26% tenía de 1 a 2 ítems, el 45% de 3 a 5 ítems y el 29% de 6 o más ítems; en el Grupo C, el 30% tenía de 1 a 2 ítems, el 20% de 3 a 5 ítems y el 50% de 6 o más ítems.

Análisis estadístico

Los tiempos de: (i) intervalo entre llegadas de pacientes, (ii) recepción de recetas, (iii) análisis e interpretación de la prescripción de recetas, (iv) preparación y selección de medicamentos, (v) entrega de medicamentos fueron evaluados con la prueba de chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste de los datos a una distribución estadística. Los esquemas de los histogramas se ilustran en Fig.3, Fig.5, Fig.7, Fig.9, Fig.11, Fig.13, Fig.15 y sus resúmenes de distribución se indican en las Fig.4, Fig.6, Fig.8, Fig.10, Fig.12, Fig.14, Fig.16. Los datos de ajuste de todas las actividades mencionadas se presentan en la Tabla 1.

Diseño modelo de simulación

El modelo de simulación es una representación computacional de un sistema real o hipotético que facilita el análisis de su comportamiento para diferentes condiciones o escenarios. Los modelos tienen los siguientes elementos: (i) entidades, que son representaciones de personas o cosas que actúan en el sistema; (ii) atributos, que son las características de las entidades; (iii) recursos, que son elementos para completar tareas del proceso y (iv) resultados y métricas, que son los datos recolectados para evaluar el desempeño del sistema.

Verificación y validación del modelo de simulación

La verificación garantiza que el modelo de simulación se haya construido correctamente, revisando detalles operativos y de lógica para asegurar que refleje fielmente el modelo conceptual. La validación evalúa si el modelo puede representar con precisión el comportamiento del sistema real (15). Las pruebas de significancia estadística son problemáticas en la validación de modelos debido a la incertidumbre de los supuestos técnicos que son difíciles de cumplir en los datos, lo que resulta en el rechazo incorrecto de una hipótesis nula verdadera. En algunas ciencias, es estándar realizar pruebas de significancia para confirmar los resultados. Sin embargo, se ha argumentado que estas pruebas son de poca utilidad para la validación de modelos y pueden ser engañosas (16). Existen otros métodos que pueden ser mejores.⁸

El análisis del rendimiento de los sistemas mediante indicadores de la teoría de colas posibilita la validación de modelos, siendo el más relevante el factor de utilización (ρ) de los recursos (17–19). Este representa la fracción del tiempo que un recurso está ocupado en comparación con el tiempo total disponible. La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{\lambda}{c * \mu} \text{ (Eq. 1)}$$

Donde:

- λ : Tasa de llegadas. Representa el número de llegadas por unidad de tiempo al sistema.
- c : Número de servidores. Representa la cantidad de recursos disponibles.
- μ : Tasa de servicio. Representa el número de servicios completados por unidad de tiempo.

Las simulaciones se basan en réplicas para la confiabilidad de los resultados. Una réplica es una ejecución del modelo que representa una muestra del comportamiento del sistema real. Sin embargo, no es prudente confiar en los resultados de una sola réplica. Es más fiable revisar los resultados obtenidos a partir de múltiples réplicas (20). Se muestran las fórmulas para la determinación del número de réplicas (N) e intervalos de confianza para la media verdadera (IC).

$$N = \left[\frac{Z_{(1-\alpha/2)} * S_{(n)}}{e} \right]^2, \text{ para } n > 30 \text{ (Eq. 2)}$$

$$IC = \bar{X} \pm Z_{(1-\alpha/2)} \sqrt{\frac{S_{(n)}^2}{n}}, \text{ para } n > 30 \text{ (Eq. 3)}$$

Donde:

- N: Número de réplicas que el modelo necesita para alcanzar el nivel de confianza.
- n: Muestra preliminar. Se define a criterio del investigador.
- $S_{(n)}$: Valor estimado de la desviación estándar, en base a la muestra preliminar n.
- e: Representa el error entre la media estimada \bar{x}_n y la media teórica μ , que se va a tolerar.
- $Z_{(1-\alpha/2)}$: Es un valor de tabla de distribución Normal, α es la probabilidad que el error entre la media estimada \bar{x}_n y la media teórica μ excederá en una cantidad específica "e".

Para que el modelo se considere válido, la tasa de error entre el factor de utilización (ρ) del resultado de la simulación y el obtenido de la teoría de colas debe ser menor al nivel de significancia de 0.05 (5%) (21).

RESULTADOS

Los resultados se dividen en dos partes: simulación de las condiciones existentes y simulaciones de escenarios del proceso propuesto. Los modelos de simulación se diseñaron en base a simulaciones de eventos discretos para replicar el proceso de dispensación de medicamentos en la Farmacia de Consulta Externa 1 del HNERM. Se utilizó el software de simulación Arena, versión 16.20.03.

Simulación de las condiciones existentes

Se procedió al diseño del modelo de simulación, como se ilustra en la Fig. 17. Las entidades fueron las recetas de los pacientes. Los recursos son: tres digitadores, un químico farmacéutico, tres técnicos de farmacia encargados de la parte de preparación y selección de medicamentos y cuatro técnicos de farmacia encargados de la entrega de medicamentos. Se realizó la simulación con 50 réplicas preliminares, cada replica corresponde a un día, abarcando el horario de 8 am hasta 1 pm.

Luego, se realizó la validación del modelo. Con la Eq.1 se obtuvo el factor de utilización (ρ). Para obtener este indicador a partir de los resultados de la simulación, primero se calculó el número adecuado de réplicas utilizando la Eq.2. Se usaron los resultados de las réplicas preliminares, donde S_n representa la desviación estándar del tiempo promedio de espera, la cual fue de 5.45 minutos y \bar{X} es el promedio del tiempo de espera con un valor de 22 minutos. Sabiendo que μ es el promedio teórico del tiempo de espera y su valor es 20 minutos, se calculó $e = \frac{\bar{X}}{\mu}$. Aplicando un nivel de confianza del 95% y utilizando el valor crítico de la distribución normal $Z_{(1-\alpha/2)}$, se determinó que deben realizarse 95 réplicas para realizar una simulación adecuada. Se muestra la comparación de los resultados en la Tabla 2.

En general, el modelo se puede considerar validado porque la mayoría de los errores relativos entre los resultados de la teoría de colas y los de la simulación son menores del 5%. Aunque el error relativo para el técnico de farmacia dedicado a la selección y preparación de medicamentos es del 7%, este valor aún se ha considerado aceptable y es incluido en la evaluación del modelo.

La evaluación del factor de utilización (ρ) promedio del técnico de farmacia durante la selección y preparación de medicamentos, que es cercano a 1, indica una sobresaturación de trabajo y la consiguiente formación de colas. Además, al calcular el intervalo de confianza del tiempo promedio de espera teórico, se obtiene un rango de [20.08, 23.12] minutos. Este resultado indica que las demoras pueden originarse específicamente en esta etapa del proceso.

Simulación del proceso propuesto

El proceso propuesto consiste en la implementación de equipos tecnológicos que automaticen actividades, como el uso de ticketeras para la automatización de la revisión de recetas digitales en el sistema ESSI y la necesidad de validación del químico farmacéutico. Los criterios para la validación consisten en detección de errores en la prescripción, identificación de medicamentos de alto costo, riesgo y con restricciones. El otro equipo es el touchscreen para una visualizar el orden de llegada y gestionar recetas digitales. El modelo conceptual del proceso se visualiza en la Fig. 17.

Se realizaron simulaciones del proceso propuesto, considerando diferentes escenarios en la distribución de recursos para cada actividad. El tiempo de servicio de la ticketera se asignó con una distribución UNIFORME (15,30) en segundos. La probabilidad del número de ítems por receta se distribuyó equitativamente: 34% de recetas requieren de 1 a 2 ítems, 33% de 3 a 5 ítems y 33% de 6 o más ítems. En los escenarios donde se indique que habrá un solo químico farmacéutico para la entrega, este se encarga únicamente de entregar los medicamentos de recetas que hayan necesitado ser validadas. En los escenarios con dos químicos farmacéuticos, ambos se encargan de entregar medicamentos de las recetas que requirieron validación y de recetas que no necesitaron ser validadas. Se llevaron a cabo 95 réplicas, manteniendo el mismo tiempo de simulación que el modelo del proceso actual. En la Tabla 3 se muestra la distribución de los recursos para cada escenario.

En la Tabla 4 se muestra un cuadro comparativo entre los resultados de los escenarios con el proceso real.

Desde la perspectiva operativa de recursos, el escenario 3 se destaca significativamente en el uso de los recursos, debido a una distribución estratégica del personal, lo que resulto en una reducción notable de los tiempos de espera a un rango de 5 a 6 minutos en promedio, en comparación con los 20 a 23 minutos del proceso actual. En contraste al escenario 1, en el cual la distribución del personal es similar al proceso actual, pero no hubo mejoras.

Con respecto a la calidad de atención al paciente, el escenario 3 no solo reduce tiempos, también aumenta el porcentaje de pacientes atendidos al 97%, en comparación con el 72% del proceso actual. El escenario 2 también muestra una mejora con un 95% de pacientes atendidos. Los resultados indican que los escenarios con mejor distribución de recursos no solo minimizan el tiempo de demora, sino que también maximizan el número de pacientes atendidos. Esto sugiere que habría una mejora en la experiencia del paciente.

En cuanto a la calidad del servicio farmacéutico, los tres escenarios reflejan una mejora en el número de recetas revisadas por al menos un químico farmacéutico. El Escenario 1 y el Escenario 2, con un 11% de recetas revisadas, muestran mejoras respecto al proceso actual. Sin embargo, no alcanzan el nivel de atención del Escenario 3, donde se revisa el 44% de las recetas. Este aumento implicaría una mejora considerable en la calidad del control y validación de las recetas, lo que puede reducir errores de dispensación y asegurar la dosis adecuada de los medicamentos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue determinar, a través de la simulación, un proceso para reducir el tiempo de espera en la dispensación de medicamentos en la Farmacia de Consulta Externa 1 del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins. Los resultados mostraron que el uso de equipos tecnológicos, que automaticen tareas, es beneficioso para reducir tiempos, siempre y cuando se realice una distribución adecuada de los recursos.

Estudios previos recomiendan que la implementación de tecnologías automatizadas (22) y la búsqueda de una asignación de recursos (23), para la mejora del proceso de dispensación en farmacias deben ser acompañadas de simulaciones para probar diferentes estrategias de mejora y comparar su efectividad antes de implementarlas en la realidad. Esto está en línea con nuestro estudio, se planteó varios escenarios para determinar el número óptimo de recursos en el nuevo proceso de automatización de la dispensación, buscando maximizar la eficiencia y calidad del servicio farmacéutico

Nuestros hallazgos indican que la incorporación de tecnología que automaticen actividades puede mejorar en la calidad de atención en la validación de recetas por parte de profesionales farmacéuticos. Este hallazgo es consistente a un estudio previo (24), que sugiere que la automatización debe realizar de manera precisa las actividades manuales del personal. Al liberar ese tiempo, el personal farmacéutico puede enfocarse en actividades clínicas y atención directa al paciente.

Este estudio presenta limitaciones. No se incluyeron situaciones no recurrentes, como fallos en el sistema, ausencias imprevistas del personal o picos inusuales en la demanda de servicios y reabastecimiento de stock, que podrían afectar la eficacia de las soluciones propuestas.

La distribución óptima se visualizó en el escenario 3, consistió en asignar 5 técnicos de farmacia para la preparación y selección de medicamentos, 1 químico farmacéutico para la validación de recetas, y en las ventanillas de entrega de medicamentos, 2 técnicos de farmacia y 2 químicos farmacéuticos. En este escenario no solo redujo el tiempo de espera a un rango de 5 a 6 minutos, sino que también aumentó el número de pacientes atendidos al 97% e incremento el porcentaje de recetas revisadas por al menos un químico farmacéutico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nosek RA, Wilson JP. Queuing Theory and Customer Satisfaction: A Review of Terminology, Trends, and Applications to Pharmacy Practice. *Hosp Pharm*. 1 de marzo de 2001;36(3):275-9.
2. Gijo EV, Antony J. Reducing Patient Waiting Time in Outpatient Department Using Lean Six Sigma Methodology. *Quality and Reliability Engineering International*. 2014;30:1481-91.
3. Briesacher B, Corey R. Patient satisfaction with pharmaceutical services at independent and chain pharmacies. *American Journal of Health-System Pharmacy*. 1 de marzo de 1997;54(5):531-6.
4. Gutierrez E, Ramos W, Uribe M, Ortega-Loayza AG, Torres C, Montesinos D, et al. Tiempo de espera y su relación con la satisfacción de los usuarios en la farmacia central de un hospital general de Lima. *Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]*. 31 de marzo de 2009 [citado 26 de marzo de 2024];26(1). Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/1336>
5. Ministerio de Salud. Resolución Ministerial N.º 554-2022-MINSA [Internet]. Ministerio de Salud; 2022 jul [citado 18 de febrero de 2024]. Report No.: 554-2022. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/3302257-554-2022-minsa>
6. Afolabi MO, Erhun WO. Patients\' response to waiting time in an out-patient pharmacy in Nigeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2003;2(2):207-14.
7. Alodan A, Alalshaikh G, Algasabi H, Alomran S, Abdelhadi A, Alkhayyal B. Studying the Efficiency of Waiting Time in Outpatient Pharmacy. 7.
8. Almalki A, Jambi A, Elbehiry B, Albuti H. Improving Inpatient Medication Dispensing with an Automated System. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*. 24 de noviembre de 2023;6(4):117-25.
9. Bader M. Al Sadi, Zakaria Harb, Faris El-Dahiyat, Musdassir Anwar. Improving patient waiting time: A quality initiative at a pharmacy of a public hospital in United Arab Emirates. *International Journal of Healthcare Management*. 2021;14(3):756-61.
10. Woan Shin Tan, Siang Li Chua, Keng Woh Yong, Tuck Seng Wu. Impact of Pharmacy Automation on Patient Waiting Time: An Application of Computer Simulation - Annals Singapore. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*. 15 de junio de 2009;38(6):501-7.
11. Acevedo DH, Ceballos YF, Torres GS. Modelo de simulación de eventos discretos para el análisis y mejora del proceso de atención al cliente. *Investigación e Innovación en Ingenierías*. 22 de julio de 2020;8(2):44-61.
12. Sánchez PA, Ceballos F, Sánchez Torres G. ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA DE CONFECCIONES: MODELACIÓN Y SIMULACIÓN. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. julio de 2015;25(2):137-50.
13. Ceballos F, Villegas JPB, Villegas JDB. Simulación Discreta Aplicada a los Modelos de Atención en Salud. *Investigación e Innovación en Ingenierías [Internet]*. 1 de julio de 2014 [citado 1 de abril de 2024];2(2). Disponible en: <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/2045>

14. Ahumada Morales T, Casalins-Barrios H, Mercado Guardiola Y, Troncoso Palacio A. Utilización de simulación de eventos discretos para analizar una propuesta de mejora en los costos de almacenamiento. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones* [Internet]. 15 de marzo de 2021 [citado 1 de abril de 2024];3(1). Disponible en: <https://hdl.handle.net/11323/10715>
15. Fonseca i Casas P. A Continuous Process for Validation, Verification, and Accreditation of Simulation Models. *Mathematics*. enero de 2023;11(4):845.
16. Barlas Y. Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System Dynamics Review*. 1996;12(3):183-210.
17. Kleijnen JPC. Verification and validation of simulation models. *European Journal of Operational Research*. 6 de abril de 1995;82(1):145-62.
18. Altiock T, Melamed B. Chapter 8 - Model Goodness: Verification and Validation. En: Altiock T, Melamed B, editores. *Simulation Modeling and Analysis with ARENA* [Internet]. Burlington: Academic Press; 2007 [citado 21 de mayo de 2024]. p. 141-63. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123705235500092>
19. Rossetti MD. *Simulation Modeling and Arena* [Internet]. Open Educational Resources; 2021. Disponible en: <https://scholarworks.uark.edu/oer/6/>
20. Torres Vega PJ. *Simulación de sistemas con el software Arena* [Internet]. Primera edición. Perú: Fondo Editorial de la Universidad de Lima; 2016 [citado 31 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.ulima.edu.pe/publicaciones/simulacion-de-sistemas>
21. Amelia P, Lathifah A, Haq MD, Reimann CL, Setiawan Y. Optimising Outpatient Pharmacy Staffing to Minimise Patients Queue Time using Discrete Event Simulation. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*. 28 de octubre de 2021;7(2):102-11.
22. Alam S, Osama M, Iqbal F, Sawar I. Reducing pharmacy patient waiting time. *Int J Health Care Qual Assur*. 13 de agosto de 2018;31(7):834-44.
23. Dan Z, Xiaoli H, Weiru D, Li W, Yue H. Outpatient Pharmacy Optimization Using System Simulation. *Procedia Computer Science*. 1 de enero de 2016;91:27-36.
24. Flynn AJ, Fortier C, Maehlen H, Pierzinski V, Runnebaum R, Sullivan M, et al. A strategic approach to improving pharmacy enterprise automation: Development and initial application of the Autonomous Pharmacy Framework. *American Journal of Health-System Pharmacy*. 1 de abril de 2021;78(7):636-45.

Figuras

Figura 1. Modelo conceptual del proceso de dispensación de medicamentos

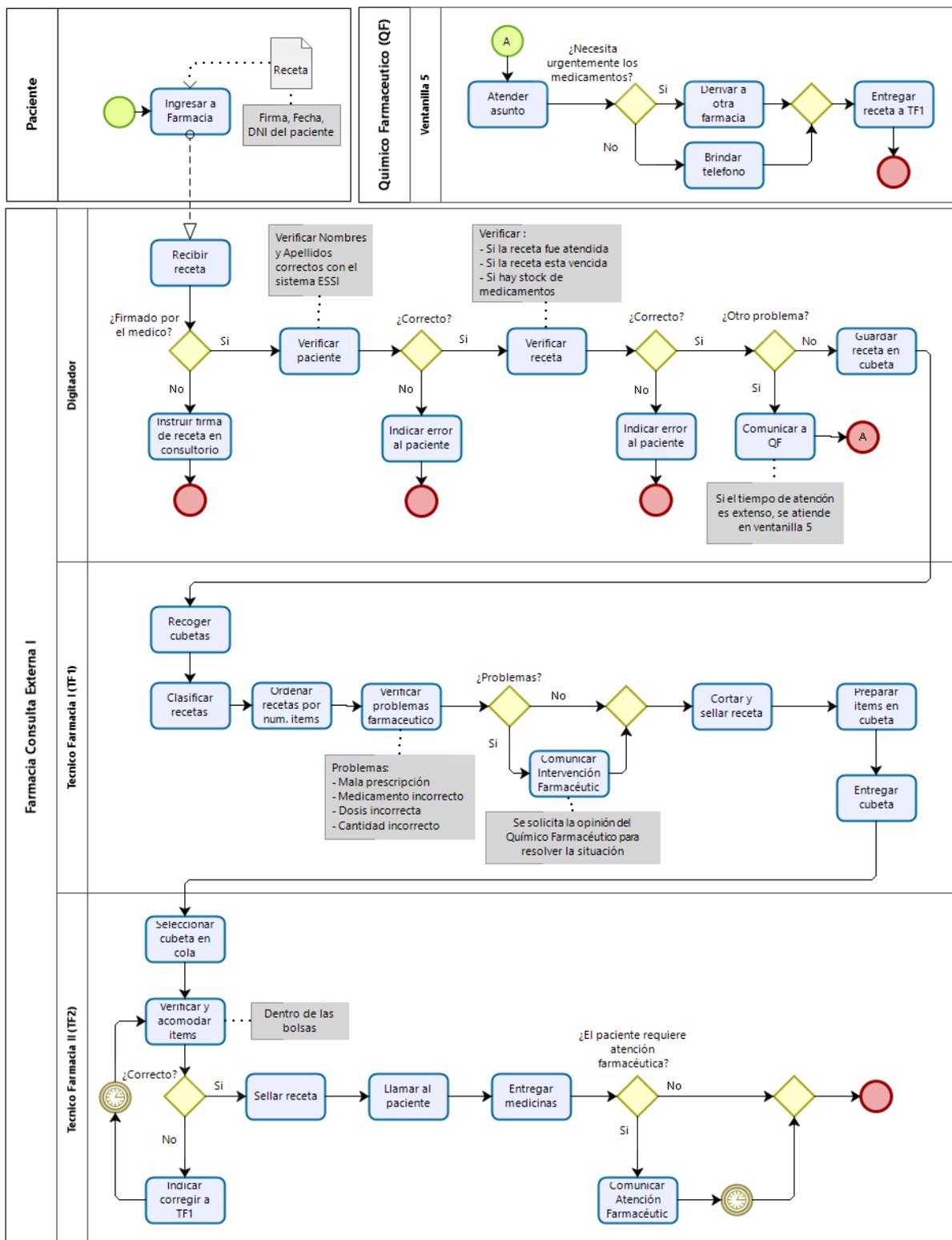


Figura 2. Diagrama de flujo de la selección de datos

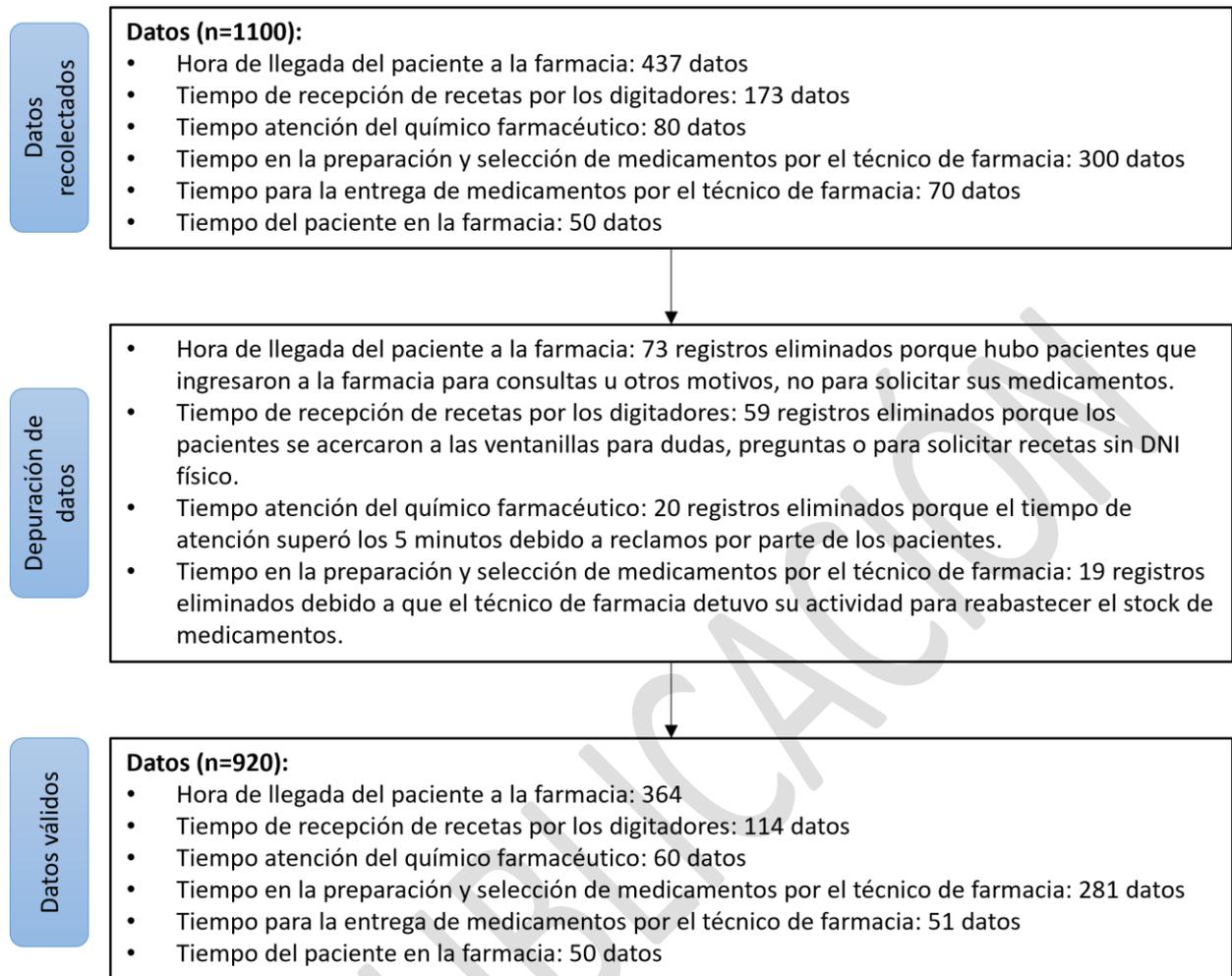


Figura 3. Histograma de tiempos de intervalo de llegadas de pacientes

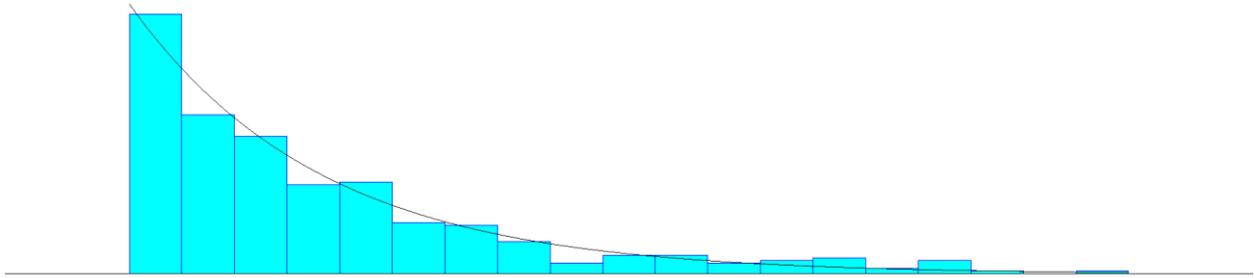


Figura 4. Resumen de distribución de datos de intervalo de llegadas de pacientes

Resumen de la distribución	
Distribución:	Exponential
Expresión:	6 + EXPO(20)
Error cuadrático:	0.001955
Chi Square Test	
Número de intervalos:	10
Grados de libertad:	8
Estadística de prueba:	10.8
Valor p correspondiente:	0.221
Kolgomorov-Smirnov Test	
Estadística de prueba:	0.0249
Valor p correspondiente:	> 0.15
Resumen de los datos	
Número de puntos de datos:	364
Valor mínimo de los datos:	6
Valor máximo de los datos:	110
Media de la muestra:	26
Desviación estándar de la muestra:	20.4
Resumen del histograma	
Intervalo del histograma:	6 a 110
Número de intervalos:	19

Figura 5. Histograma de tiempos de recepción de recetas

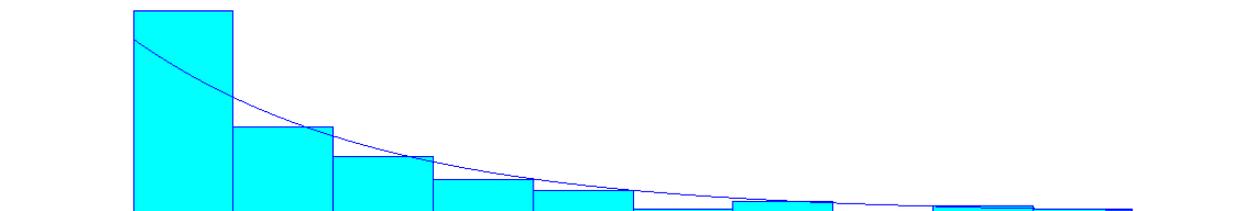


Figura 6. Resumen de distribución de datos de recepción de recetas

Resumen de la distribución	
Distribución:	Exponential
Expresión:	16 + EXPO(37)
Error cuadrático:	0.022103
Chi Square Test	
Número de intervalos:	5
Grados de libertad:	3
Estadística de prueba:	12.5
Valor p correspondiente:	0.00627
Kolgomorov-Smirnov Test	
Estadística de prueba:	0.15
Valor p correspondiente:	0.0105
Resumen de los datos	
Número de puntos de datos:	114
Valor mínimo de los datos:	16
Valor máximo de los datos:	169
Media de la muestra:	42.8
Desviación estándar de la muestra:	29.5
Resumen del histograma	
Intervalo del histograma:	16 a 169
Número de intervalos:	10

Figura 7. Histograma de tiempos de análisis e interpretación de la prescripción

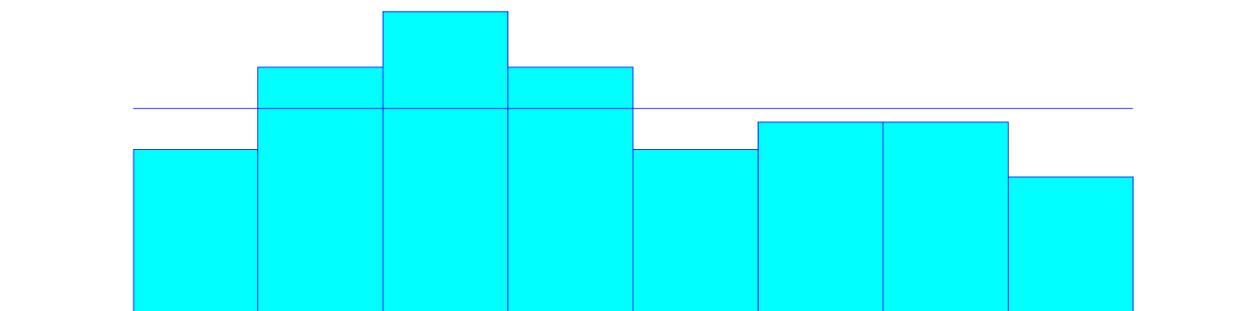


Figura 8. Resumen de distribución de datos de análisis e interpretación de la prescripción

Resumen de la distribución	
Distribución:	Uniform
Expresión:	UNIF(120,180)
Error cuadrático:	0.005796
Chi Square Test	
Número de intervalos:	7
Grados de libertad:	6
Estadística de prueba:	2.7
Valor p correspondiente:	> 0.75
Resumen de los datos	
Número de puntos de datos:	60
Valor mínimo de los datos:	120
Valor máximo de los datos:	180
Media de la muestra:	149
Desviación estándar de la muestra:	17.6
Resumen del histograma	
Intervalo del histograma:	120 a 181
Número de intervalos:	8

Figura 9. Histograma de tiempos de selección y preparación de medicamentos (1 a 2 ítems)

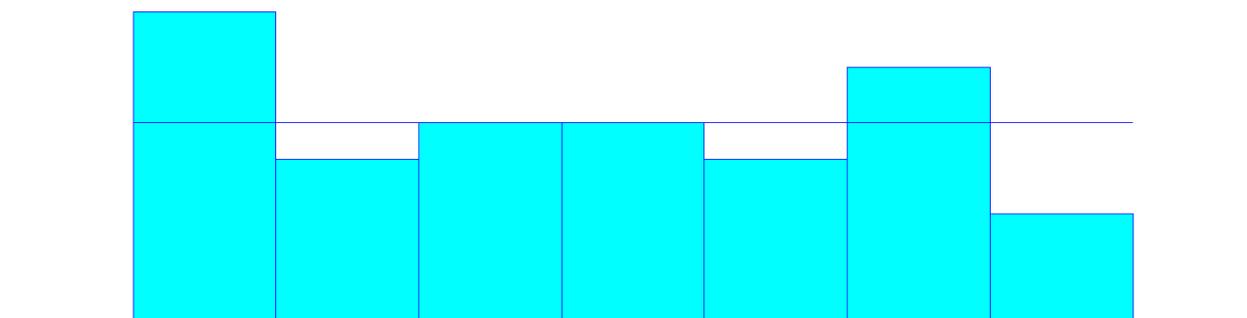


Figura 10. Resumen de distribución de datos selección y preparación de medicamentos (1 a 2 ítems)

Resumen de la distribución	
Distribución:	Uniform
Expresión:	UNIF(7.5 , 40.5)
Error cuadrático:	0.008433
Chi Square Test	
Número de intervalos:	6
Grados de libertad:	5
Estadística de prueba:	4.3
Valor p correspondiente:	0.508
Resumen de los datos	
Número de puntos de datos:	77
Valor mínimo de los datos:	8
Valor máximo de los datos:	40
Media de la muestra:	23.5
Desviación estándar de la muestra:	9.89
Resumen del histograma	
Intervalo del histograma:	7.5 a 40.5
Número de intervalos:	7

Figura 11. Histograma de tiempos de selección y preparación de medicamentos (3 a 5 ítems)

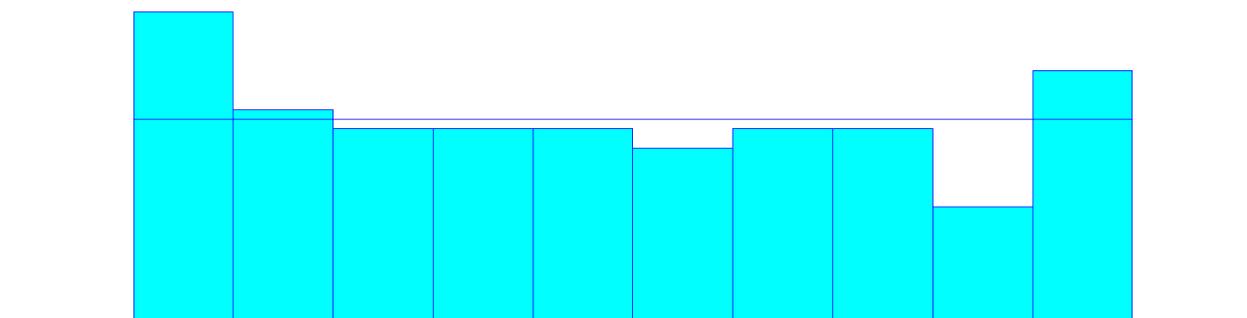


Figura 12. Resumen de distribución de datos selección y preparación de medicamentos (3 a 5 ítems)

Resumen de la distribución	
Distribución:	Uniform
Expresión:	UNIF(39.5 ,120)
Error cuadrático:	0.005488
Chi Square Test	
Número de intervalos:	10
Grados de libertad:	9
Estadística de prueba:	5.76
Valor p correspondiente:	> 0.75
Resumen de los datos	
Número de puntos de datos:	105
Valor mínimo de los datos:	40
Valor máximo de los datos:	119
Media de la muestra:	77
Desviación estándar de la muestra:	24.6
Resumen del histograma	
Intervalo del histograma:	39.5 a 120
Número de intervalos:	10

Figura 13. Histograma de tiempos de selección y preparación de medicamentos (6 ítems a más)

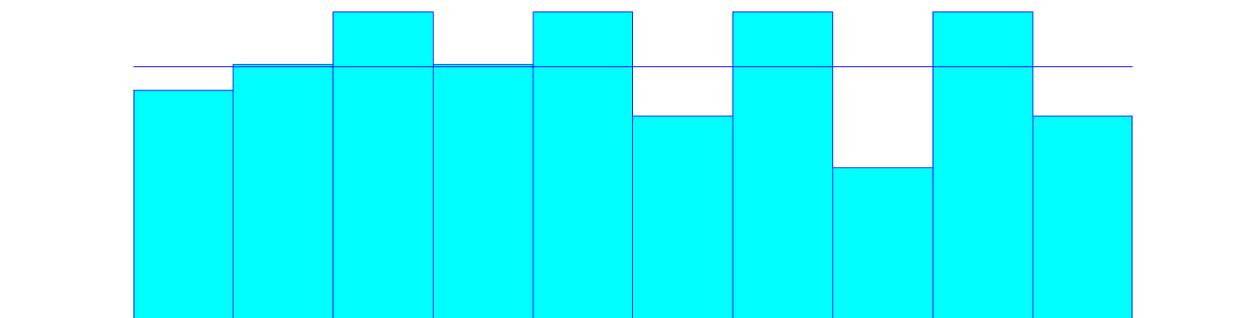


Figura 14. Resumen de distribución de datos selección y preparación de medicamentos (6 ítems a más)

Resumen de la distribución	
Distribución:	Uniform
Expresión:	UNIF(119.5 ,200)
Error cuadrático:	0.004786
Chi Square Test	
Número de intervalos:	5
Grados de libertad:	4
Estadística de prueba:	0.484
Valor p correspondiente:	> 0.75
Resumen de los datos	
Número de puntos de datos:	99
Valor mínimo de los datos:	119
Valor máximo de los datos:	200
Media de la muestra:	158
Desviación estándar de la muestra:	23
Resumen del histograma	
Intervalo del histograma:	119 a 200
Número de intervalos:	10

Figura 15. Histograma de tiempos de entrega de medicamentos e información al paciente

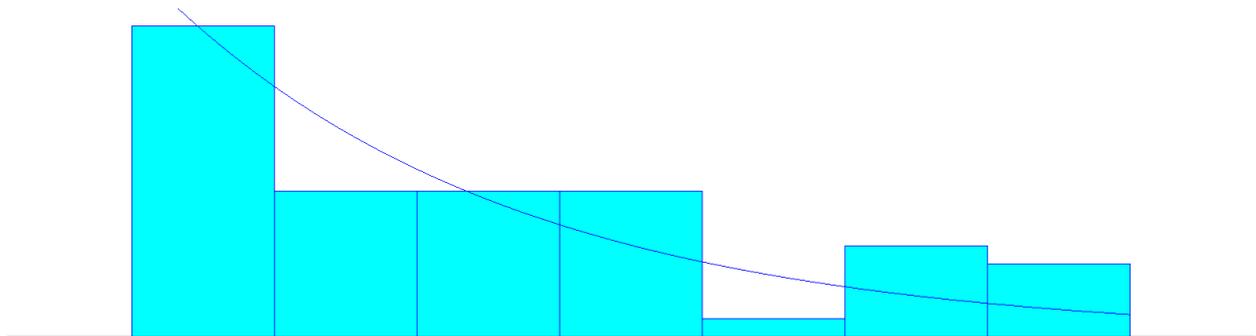


Figura 16. Resumen de distribución de datos entrega de medicamentos e información al paciente

Resumen de la distribución	
Distribución:	Exponential
Expresión:	21 + EXPO(48)
Error cuadrático:	0.01501
Chi Square Test	
Número de intervalos:	4
Grados de libertad:	2
Estadística de prueba:	3.76
Valor p correspondiente:	0.169
Kolgomorov-Smirnov Test	
Estadística de prueba:	0.0953
Valor p correspondiente:	> 0.15
Resumen de los datos	
Número de puntos de datos:	51
Valor mínimo de los datos:	21
Valor máximo de los datos:	157
Media de la muestra:	69.4
Desviación estándar de la muestra:	39.9
Resumen del histograma	
Intervalo del histograma:	21 a 157
Número de intervalos:	7

Figura 17. Modelo de simulación del proceso de dispensación de medicamentos

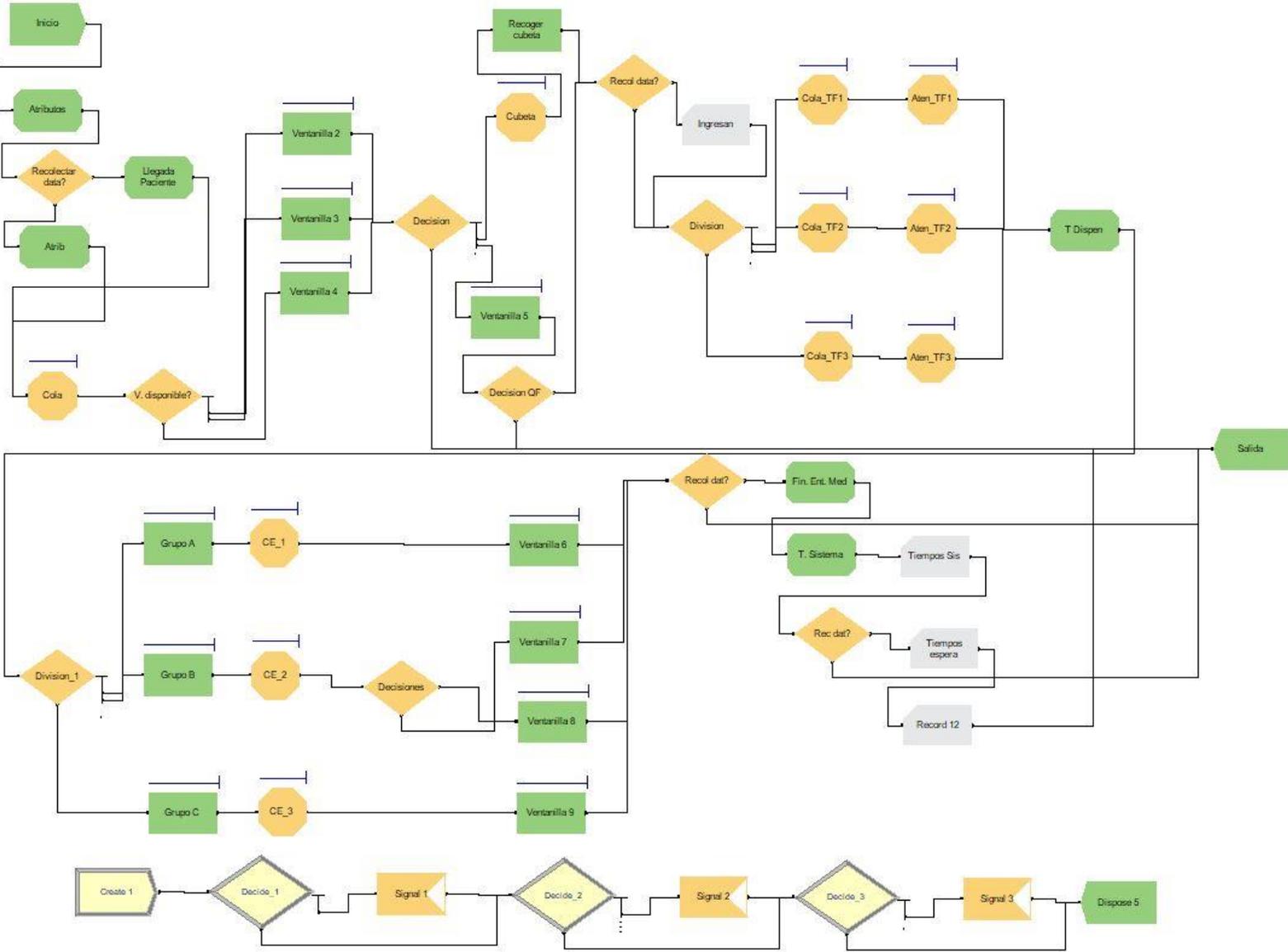


Figura 18. Modelo conceptual del proceso propuesto de dispensación de medicamentos

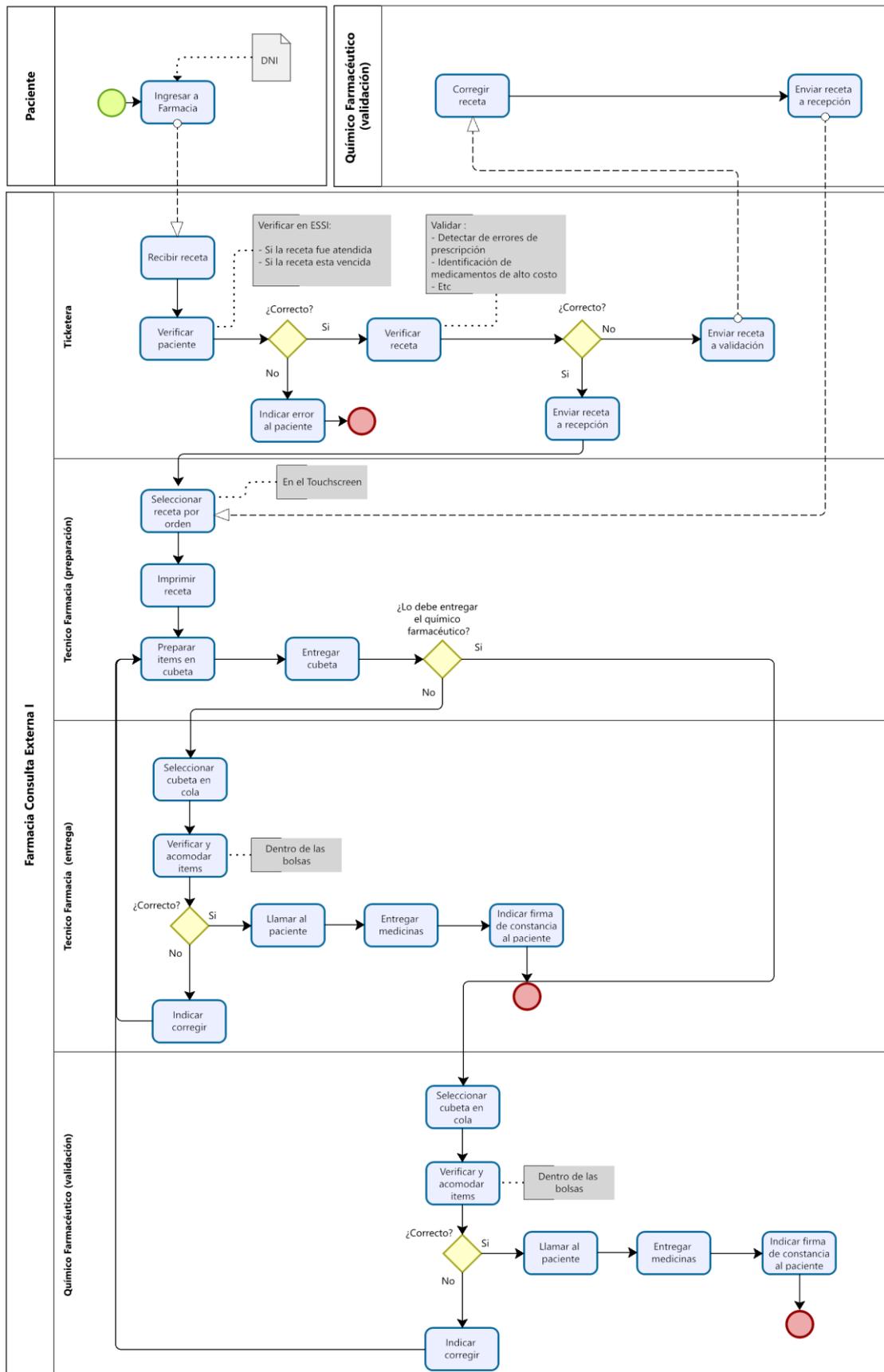


Tabla 1. Distribuciones de tiempos del proceso de dispensación de medicamentos

Rol	Tiempo de la actividad	Distribución	Expresión	Error cuadrático
Paciente	Tiempo entre llegadas de los pacientes	Exponential	6 + EXPO (20)	0.001955
Digitador	Duración del tiempo de recepción de receta	Exponential	16 + EXPO (37)	0.001818
Químico	Duración del tiempo de análisis e interpretación	Uniform	UNIF (120,190)	0.005796
Farmacéutico	de la prescripción			
Técnico de farmacia	Duración del tiempo de preparación y selección de los medicamentos (recetas con 1 a 2 ítems)	Uniform	UNIF (8,40)	0.008433
	Duración del tiempo de preparación y selección de los medicamentos (recetas con 3 a 5 ítems)	Uniform	UNIF (40,120)	0.005488
	Duración del tiempo de preparación y selección de los medicamentos (recetas con 6 ítems a más)	Uniform	UNIF (120,200)	0.004786
	Duración del tiempo de entrega e información al paciente, y registros correspondientes	Exponential	21 + EXPO (48)	0.01501

Tabla 2. Comparación de la Utilización promedio de los recursos entre la Teoría de Colas y Simulación

Promedio de utilización (ρ)	Teoría de colas	Simulación	Error Absoluto	Error Relativo
El digitador durante la recepción de recetas	0.679	0.678	0.001	0.1%
El químico farmacéutico durante el análisis e interpretación de la prescripción	0.5705	0.5664	0.0041	0.7%
El técnico de farmacia durante la selección y preparación de medicamentos	0.995	0.92	0.075	7.5%
El técnico de farmacia durante entrega de medicamentos	0.49	0.5	0.01	2.0%

Tabla 3. Escenarios de simulaciones

Recursos	Proceso actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Número de digitadores	3	0	0	0
Número de químicos farmacéuticos (validación de recetas)	1	1	1	1
Número de técnicos de farmacia (preparación de medicamentos)	3	3	4	5
Número de técnicos de farmacia (entrega de medicamentos)	4	4	3	2
Número de químicos farmacéuticos (entrega de medicamentos)	0	1	1	2

Tabla 4. Comparación de resultados de simulación para diferentes escenarios

Métricas evaluadas	Proceso actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Intervalo del tiempo promedio en minutos	[20,23]	[22, 25]	[7,8]	[5,6]
Porcentaje de pacientes atendidos	72%	86%	95%	97%
Porcentaje de recetas que son revisadas por al menos un Químico Farmacéutico	7%	11%	11%	44%