



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Aplicación de métodos de simulación
para la toma de decisiones en el
consultorio médico adjunto a una
farmacia**

TESINA

Que para obtener el título de
Ingeniera Industrial

P R E S E N T A

Sofía Navarro Sánchez

DIRECTOR DE TESINA

Dr. Ricardo Torres Mendoza



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026

Contenido

Resumen.....	3
Palabras clave	3
Introducción.....	3
<i>Antecedentes</i>	<i>3</i>
<i>Planteamiento del problema.....</i>	<i>4</i>
<i>Objetivos generales y específicos</i>	<i>5</i>
<i>Metodología y contenido</i>	<i>5</i>
Capítulo 1: Descripción del sistema	7
1.1 Competitividad en las farmacias de genéricos	7
1.2 Antecedes de “La Farmacia”	9
1.3 Organigrama de “La Farmacia”	10
1.4 Tipos de productos que se manejan en “La Farmacia”	11
Capítulo 2: Marco teórico	12
2.1 Qué es un modelo matemático.....	12
2.2 Qué es un sistema.....	12
2.3 Qué es simulación	13
2.4 Ventajas y desventajas de la simulación	15
2.5 Metodología del estudio de la simulación empleada	16
Capítulo 3: Desarrollo de la simulación	20
3.1 Paso 1: Formulación del problema.....	20
3.2 Paso 2 y 3: Recolectar y construir un documento de supuestos	23
3.2 Paso 4: Programar el modelo	27
3.2.1 Identificar las variables de decisión	27
3.2.2 Elaborar un diagrama de influencia	28
3.2.3 Establecer una representación matemática de relación entre variables	28
3.2.4 Elaborar un modelo de simulación	29
3.2.5 Establecer el número de iteraciones.....	33
3.3 Paso 5: ¿Es válido el modelo programado?	34
3.3 Paso 6: Diseñar, realizar y analizar experimentos.....	36
3.3.1 Diagrama de influencia con 2 consultorios.....	36

3.3.2 Elaborar un modelo de simulación con 2 consultorios	38
<i>Capítulo 4: Resultados obtenidos</i>	<i>41</i>
4.1 Paso 6: Analizar experimentos	41
<i>Capítulo 5: Conclusiones y evaluaciones</i>	<i>43</i>
<i>Referencias</i>	<i>45</i>

Resumen

Esta tesina presenta un estudio de caso sobre los tiempos de espera en el consultorio médico de la Farmacia de Genéricos ("La Farmacia"). Mediante la recopilación de datos sobre el número de pacientes que acuden al consultorio y el tiempo de espera, se realizó un muestreo simple, obteniendo un total de 303 datos (pacientes). Se observó que la mayor cantidad de pacientes que no esperan para ir al consultorio se retiran en la mañana, tras esperar un promedio de 20 minutos, lo que impacta la calidad del servicio y, en consecuencia, genera pérdidas de aproximadamente \$288,000 pesos mexicanos. Se utilizó la simulación de Monte Carlo para evaluar la viabilidad de abrir un segundo consultorio médico.

Palabras clave

Simulación de Monte Carlo, Modelo, Estadística Descriptiva, Farmacias, Consultorios Médicos, Medicamentos de genéricos.

Introducción

Antecedentes

En México, la introducción de medicamentos genéricos (fármaco que contine el mismo principio activo que un medicamento de "patente") ha sido un factor decisivo para mejorar el acceso a la salud en México. A partir de políticas impulsadas por la Secretaría de Salud y COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios), se facilitaron registros y se redujeron precios de muchos fármacos esenciales. Desde 2012, COFEPRIS ha aprobado más de 540 medicamentos genéricos que cubren 21 problemas de salud de alta prevalencia, los cuales representan aproximadamente el 70% de las principales causas de muerte en México¹

En los años 80 y 90, la oferta de medicamentos genéricos en México era muy limitada debido a regulaciones y prácticas comerciales que favorecían a las farmacéuticas de marca. Muchos médicos y pacientes desconfiaban de los genéricos (mejor conocidos como "GI" o genéricos intercambiables) al dudar de su calidad, pues no siempre había pruebas rigurosas de bioequivalencia en el pasado². Así, el sistema de salud público antes del impacto de genéricos y consultorios anexos, presentaba dos problemas serios: saturación y una alta espera en clínicas públicas, por un lado, y medicamentos costosos por otro. Esto dejaba a los sectores más vulnerables de la población sin atención, orillándolos a recurrir a la automedicación o al uso de

¹ México amplía el acceso a medicamentos genéricos y reduce el gasto en fármacos de los mexicanos. (s. f.). OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/historias/mexico-amplia-acceso-medicamentos-genericos-reduce-gasto-farmacos-mexicanos>

² México. El problema de la atención médica barata en México (Mexico's discount-health-care problema) Julie Morse, The Nation, 19 de octubre de 2018, <https://www.thenation.com/article/mexicos-discount-healthcare-problem/>

remedios caseros, agravando los problemas de salud a largo plazo y en algunos casos, ocasionando la muerte. Fue hasta finales de los 90 cuando el sector público cambió para siempre. En 1997, Víctor González Torres, conocido más adelante como “el doctor Simi”, abrió la primera farmacia de lo que se convertiría la cadena farmacéutica más importante de México: las **Farmacias Similares**.

La estrategia de esta cadena fue fomentar no solo la distribución de medicamentos genéricos de bajo costo en sectores con un menor poder adquisitivo, si no que implementó el modelo de consultorios económicos al lado de cada una de sus farmacias, abaratando las consultas médicas haciendo aún más accesible el cuidado de la salud. Farmacias Similares se estableció como la cadena dominante en la venta y distribución de medicamentos de genéricos en México, posición que conserva hasta la actualidad.

La introducción de estos medicamentos en el mercado público y privado abrió la posibilidad de un nuevo sector económico-social para las farmacias, aquellas dedicadas a la distribución de medicamentos de genéricos, muchas de las cuales son micros, pequeñas y medianas empresas (MIPyMES) que basaron sus modelos de negocios en el de las **Farmacias de Similares**.

El consultorio anexo funciona como un catalizador de ventas y clientela. El resultado es una mayor rentabilidad: las farmacias con consultorio consolidan un modelo de negocio de alto margen apoyado entre atención médica básica y dispensación de medicamentos a precio accesible.

Planteamiento del problema

En una farmacia, el contar con un consultorio médico es una contribución significativa para generar ingresos, si este consultorio no funciona de forma óptima, la farmacia puede llegar a sufrir una importante baja en las ventas.

En el presente trabajo, se muestra un estudio de caso de tiempos de espera realizado en el consultorio médico de la farmacia de genéricos (“La Farmacia”), una empresa familiar fundada en el año 2000, ubicada en Ciudad Nezahualcóyotl. A pesar de ser una microempresa, esta farmacia cuenta con gran reputación local, ya que fue la primera farmacia de la zona en ofrecer medicamentos de genéricos con precios accesibles y un consultorio médico de calidad. A través de los años, esta farmacia se ha posicionado de forma exitosa gracias a la atención personalizada de los vendedores, el buen nivel de los médicos y el precio accesible de los diversos productos que la farmacia ofrece.

Sin embargo, dentro de los problemas que se pueden presentar al contar con un consultorio médico, uno de los más frecuentes es el tiempo de espera de los pacientes para recibir consulta; si la espera es demasiada, los potenciales clientes pueden decidir irse a otra farmacia debido a una mala experiencia, o simplemente decidir no comprar el medicamento a pesar de esperar, ya que no se quiere perder más tiempo del que ya se ha invertido. Tomando como datos el número y tiempo

de espera de los pacientes se observó que la Farmacia de Genéricos “Santa Sofía” se enfrenta a este problema.

Recabando datos sobre la cantidad de pacientes y el tiempo que esperan para ser atendidos en el consultorio médico, se realizó un muestreo simple, donde se obtuvieron un total de 303 datos (pacientes), con los cuales se observó que los pacientes que no esperan a pasar a consulta se fueron en el horario matutino, tras esperar en promedio 20 minutos, impactando el nivel de servicio y, en consecuencia, generando pérdidas de aproximadamente \$288,000 pesos mexicanos. La falta de herramientas para la toma de decisiones ha limitado la mejora de la situación actual de la farmacia, ya que actualmente no hay una forma de evaluar si la opción de abrir un segundo consultorio médico es rentable. Por lo tanto, se propone abordar la problemática usando herramientas de analítica *prescriptiva* para evaluar la opción de abrir un segundo consultorio.

Objetivos generales y específicos

Objetivos generales

Mostrar el beneficio de la aplicación de herramientas de analítica *prescriptiva* (simulación) para la toma de decisiones en las MIPyMES, mediante un estudio de caso de tiempos de espera realizado en el consultorio médico de la Farmacia de Genéricos MIPyME “Farmacia Santa Sofía” (“La Farmacia”), para analizar y mejorar el proceso de atención en el consultorio médico.

Objetivos Específicos

- Recolectar datos de al menos una semana (lunes a viernes) sobre la cantidad de pacientes que esperan consulta médica
- Medir el tiempo que se tarda la consulta, el tiempo que pasa entre llegada de pacientes y tiempos de espera
- Detectar la cantidad de personas que se van antes de pasar a consulta médica (Reneging)
- Identificar los cuellos de botella en el proceso de atención que impiden un servicio óptimo
- Generar un modelo para proyectar tiempos de espera en el consultorio médico de “La Farmacia” y analizar si la opción de abrir un segundo consultorio es rentable, usando el método Montecarlo
- Evaluar la opción de abrir un segundo consultorio médico

Metodología y contenido

Los datos utilizados para el análisis del estudio de caso presentado se recabaron mediante la observación de las cámaras de video de la farmacia, lo que permitió observar la cantidad de pacientes que llegaron a la farmacia y se midió los tiempos de espera y llegada entre pacientes por una semana. Se contemplaron, además datos recabados de forma directa con los dueños de la farmacia.

En el **capítulo 1** se presenta la descripción detallada de la farmacia, la ubicación geográfica y temporal del sistema, el organigrama y los productos que ofrece. En el **capítulo 2** se describe la metodología utilizada, en el **capítulo 3** se presentan los resultados obtenidos después del análisis actual del sistema, y se muestran los datos recabados, determinando los cuellos de botella en los horarios de atención médica para determinar en qué parte del sistema es necesario centrar el modelo. Posteriormente, se presenta el desarrollo de la investigación y los análisis pertinentes que se realizaron para el desarrollo del modelo. Para el **capítulo 4** se analizan los resultados obtenidos. Finalmente, en el **capítulo 5** se presentan las conclusiones y evaluaciones donde se evalúa si la opción de abrir un segundo consultorio médico es rentable, considerando el costo de la implementación de este.

Capítulo 1: Descripción del sistema

1.1 Competitividad en las farmacias de genéricos

La aparición de farmacias privadas especializadas en medicamentos genéricos representó un cambio significativo en el mercado farmacéutico de México y en el acceso de la población a los tratamientos médicos. Hasta antes de los años 90, los medicamentos genéricos no tenían una presencia significativa en las farmacias comerciales, dominadas por fármacos de patente (de marca). A finales de esa década surgió la primera cadena enfocada en vender genéricos a bajo costo, iniciando un modelo de negocio innovador que pronto transformaría la industria.

En 1994 el sector salud en México sufrió un cambio significativo tras la consolidación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), abriendo el mercado a la competencia internacional y reforzando la protección de patentes farmacéuticas. Hasta entonces, laboratorios nacionales como *Laboratorios Best* (fundado en 1954 por Roberto González) proveían medicamentos genéricos al sector público. Con el TLCAN, esas compras gubernamentales privilegiadas cambiaron; *Laboratorios Best* perdió en 1994 a su principal cliente, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). En respuesta, Víctor González Torres –hijo del fundador de *Laboratorios Best*– decidió transformar el modelo de negocio: compró el laboratorio familiar y llevó los medicamentos genéricos directamente al público general a través de farmacias privadas, vendiéndolos hasta 75% más baratos que los de marca, es decir, al mismo precio al que antes se los vendía al IMSS.

El 8 de septiembre de 1997 en la Ciudad de México, se inauguró la primera farmacia privada enfocada en genéricos: *Farmacias Similares*, fundada por Víctor González Torres con el lema “*Lo mismo, pero más barato*”. Esta primera sucursal inició la categoría de “medicinas similares”, como se les empezó a llamar coloquialmente a los medicamentos de genéricos. Tenía la misión de ofrecer fármacos genéricos al público general a precios accesibles. El mercado objetivo de la empresa se centró en la población de bajos ingresos y con acceso limitado al sistema de salud público. Para 1999, la empresa ya contaba con 144 sucursales alrededor del país. Cada sucursal cuenta actualmente con un consultorio médico con un costo por consulta de alrededor de los 50 pesos mexicanos, evitando al paciente el gasto de tiempo y monetario de transportes. *Este modelo de negocios (farmacia-doctor)* revolucionó la industria farmacéutica, considerándose una innovación frugal (Zeschky, Widenmayer y Gassmann, Frugal innovation in emerging markets). Este modelo no tardó en ser replicado. Un sistema de salud precario, con largas filas de espera para recibir una consulta médica deplorable y un escaso acceso al medicamento requerido, fomenta el crecimiento de las farmacias de genéricos con un modelo de negocios parecido (Figura 1).

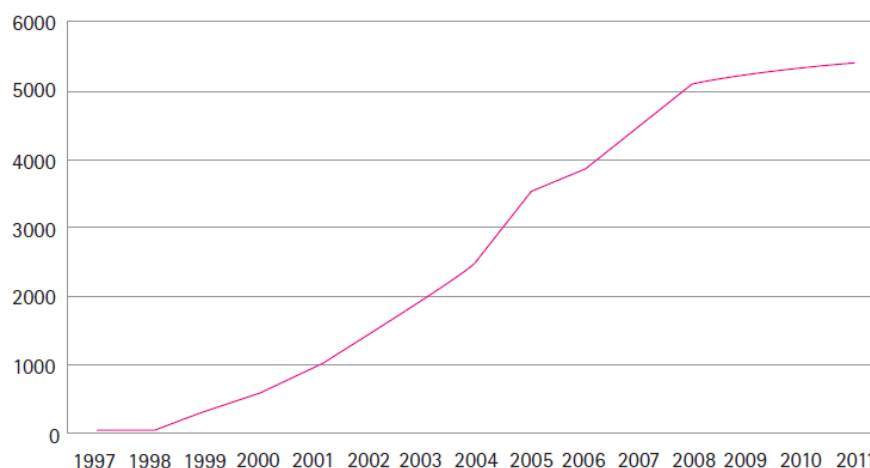


Figura 1: Crecimiento del modelo farmacia-doctor en BP en México, 1997-2011

Fuente: Montoya Bayardo, Miguel Ángel, Cervantes Zepeda, Mauricio, & Lemus Delgado, Daniel. (2018).

Hasta octubre de 2025, Farmacias Similares cuenta con más de 10,500 sucursales en América Latina, incluyendo países como México, Colombia y Chile. En México, la cadena tiene aproximadamente 9,500 tiendas; en Chile, alrededor de 511; y en Colombia, más de 14 (El Economista, 2025). Según la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), en 2021, Farmacias de Similares ya ofrecían más consultas diarias que el IMSS.

El éxito de Farmacias Similares abrió el camino para que los competidores adoptaran elementos clave de su modelo de negocio. Surgieron como resultado, nuevas cadenas de genéricos; tales como Farmacias GI, una empresa fundada en 1999 que optó por el formato de franquicias y logró presencia nacional en pocos años. Farmacias GI replicó la fórmula de ofrecer medicamentos genéricos económicos con un consultorio médico anexo, y hacia 2019 ya operaba más de 1,000 sucursales en todos los estados del país. Otras cadenas establecidas también adaptaron sus operaciones: Farmacias del Ahorro, fundada en 1991, reforzó su énfasis en precios bajos e incorporó consultorios en muchas de sus sucursales para competir por el mismo segmento de mercado. De igual forma, cadenas tradicionales como Farmacias San Pablo en la Ciudad de México comenzaron a ofrecer consultas médicas adjuntas. Incluso gigantes del sector como Farmacias Guadalajara o Benavides tuvieron que ampliar su surtido de genéricos y ajustar estrategias para no perder a los consumidores preocupados por el precio. En este periodo (años 2000), los genéricos ganaron rápidamente participación de mercado, pasando de ser una novedad para convertirse en opción preferida de muchos pacientes.

En términos de unidades, la comercialización de medicamentos tuvo un crecimiento anual del 15.5% hasta abril del 2021, con un desarrollo todavía más fuerte tras la Pandemia causada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 (Asociación Nacional de Distribuidores y Laboratorios de Medicamentos Genéricos, 2021). Posterior a la tercera oleada del Covid-19 en México se observó una expansión de 20% de las farmacias independientes o tradicionales con respecto al 2021 (Anafermex, 2021). Por otro lado, según el Censo de población 2020 del INEGI, reportó que el

12.8% de la población acude a los consultorios de farmacia para recibir atención médica, y 16% a instituciones hospitalarias del sector privado. Según la Encuesta de Salud y Nutrición 2018-2019 (Ensanut) una porción importante de quienes acudieron a servicios ambulatorios del sector privado también cuenta con seguridad social pública. De ellos, 34.9% tenía IMSS y 36.8% ISSSTE.

En el caso del sector de la venta y distribución de medicamentos; el mercado al ser sensible al precio, aquellas empresas que logren reducir los costos al máximo tenderán a tener los mayores porcentajes de participación de mercado. Esto ha generado en las últimas décadas que farmacias MIPyMES tengan que competir y adaptarse a las grandes cadenas de genéricos, siendo esta una competencia ventajosa para las cadenas al contar con economías de escala que les permiten la reducción de sus costos. Sin embargo, esta reducción no es el único punto clave para tener una farmacia competitiva. Cuando se habla del modelo farmacia- doctor, **el servicio rápido juega un papel crucial**. Según una investigación realizada en 2018 por el tecnológico de Monterrey, donde se realizaron; una encuesta de 52 pacientes en diez farmacias diferentes aplicada durante el año 2011 reveló que el motivo principal de que los clientes que pertenecen a los segmentos de mercado de clase media y alta utilizan el servicio es por la falta de tiempo, por lo que concluyen que el servicio rápido se ha convertido en el principal factor de éxito en el nuevo modelo (Montoya Bayardo, Miguel Ángel, Cervantes Zepeda, Mauricio, & Lemus Delgado, Daniel, 2018).

Por lo que se vuelve importante, no solo mantener precios competitivos, si no también, ofrecer un servicio de mayor calidad, en el menor tiempo posible. Por lo cual es de suma importancia contar con herramientas y conocimientos necesarios para lograr un negocio competitivo.

1.2 Antecedes de “La Farmacia”

La farmacia de Genéricos “La Farmacia”, es una empresa familiar fundada en el año 2000 por Rosa Sánchez (dueño A), y Martín Navarro (dueño B). La farmacia se encuentra ubicada en la colonia Reforma, Cd. Nezahualcóyotl. Según datos del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en 2015, 35.1% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 3.53% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 26.4%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 11.2%. (Coneval, 2015). Según la misma fuente, las principales carencias sociales de Nezahualcóyotl en 2015 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y carencia por acceso a la alimentación.

De este modo, la ubicación geográfica fue la ideal para el establecimiento de una farmacia de genéricos en un momento en que las farmacias con el modelo farmacia-doctor comenzaban a surgir. Para este momento la competencia en este sector económico no era tan fuerte, por lo que la ubicación de la farmacia resultó conveniente. “La Farmacia” fue la primera farmacia de genéricos en su localidad, ganando reconocimiento, aunado a que el compromiso de los dueños llevó a que una de las políticas fundamentales del negocio es mantener abierto los 365 días del año.

“La Farmacia” cuenta con consultorio médico, en el cual atienden 4 médicos, quienes dan consulta en un horario de entre 10 am y 8 pm, que es el horario en que se encuentra abierto el consultorio, a diferencia de “la Farmacia” que abre de 9 am a 9 pm. (Ilustración 1).

Horario de doctores		
Doctor	Dia	Horario
Doctor 1	Lunes a Viernes	10:00am-3:00pm
Doctor 2	Lunes a Viernes	3:00 pm-8:00pm
Doctor 3	Sábado	10:00am-8:00pm
Doctor 4	Domingo	10:00 am- 6:00pm

Ilustración 1 Horarios de consultorio. Elaboración propia

1.3 Organigrama de “La Farmacia”

“La Farmacia” es dirigida principalmente por el dueño A, quien cumple las funciones administrativas y financieras y el dueño B, quien tiene a su cargo la parte de control y aprovisionamiento. A la vez, ambos trabajan en la venta y atención a los clientes ayudados por 4 empleados contratados quienes cumplen las tareas de vender, limpiar las instalaciones y mantener la higiene y cuidado de los productos en venta. Los ayudantes reciben órdenes directas de los dueños. Por otro lado, se cuenta con cuatro doctores, los cuales no están contratados directamente por la farmacia, es decir, su ganancia es íntegramente la ganancia que generan por las consultas que realizan y tampoco se les cobra una renta por el uso del consultorio; el único requisito para dar consulta en el consultorio de “La Farmacia” es tener cedula profesional y compromiso para mantener comunicación con los dueños e informar sobre la reacción de los pacientes con los tratamientos. Garantizando que “La Farmacia” tenga en su catálogo los medicamentos que los médicos requieran y consideren adecuados.

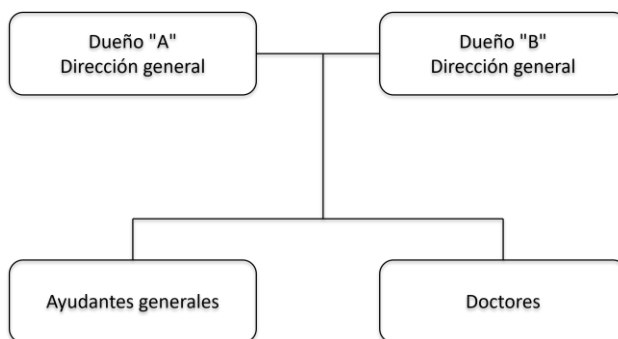


Ilustración 2: Organigrama estructural de “La Farmacia”. Elaboración propia, (2025)

1.4 Tipos de productos que se manejan en “La Farmacia”

El artículo 226 de la **Ley General de Salud**, estipula que los medicamentos considerados para venta y suministro al público son los siguientes:

“I. Medicamentos que sólo pueden adquirirse con receta o permiso especial, expedido por la Secretaría de Salud.

II. Medicamentos que requieren para su adquisición receta médica que deberá retenerse en la farmacia que la surta y ser registrada en los libros de control que al efecto se lleven. El médico tratante podrá prescribir dos presentaciones del mismo producto como máximo, especificando su contenido. Esta prescripción tendrá vigencia de treinta días a partir de la fecha de elaboración de la misma.

III. Medicamentos que solamente pueden adquirirse con receta médica que se podrá surtir hasta tres veces, la cual debe sellarse y registrarse cada vez en los libros de control que al efecto se lleven. Esta prescripción se deberá retener por el establecimiento que la surta en la tercera ocasión; el médico tratante determinará, el número de presentaciones del mismo producto y contenido de las mismas que se puedan adquirir en cada ocasión.

IV. Medicamentos que para adquirirse requieren receta médica, pero que pueden resurtirse tantas veces como lo indique el médico que prescriba;

V. Medicamentos sin receta, autorizados para su venta exclusivamente en farmacias, y

VI. Medicamentos que para adquirirse no requieren receta médica y que pueden expendirse en otros establecimientos que no sean farmacias” (Ley General de Salud, 2025).

En “La Farmacia” se manejan los fármacos tipo IV, V y VI. Se especializa en medicamentos de genéricos y también se manejan algunos medicamentos de patente. Además de ofrecer equipo médico básico, material de curación, productos de rebotica, productos naturistas, suplementos alimenticios, multivitamínicos, entre otros.

Capítulo 2: Marco teórico

2.1 Qué es un modelo matemático

Un modelo es una representación idealizada de forma abstracta de un problema que muestra la relación que existe entre los factores correspondientes al objeto de estudio. Los modelos matemáticos están formados por ecuaciones o formulas, que muestran las reacciones entre los factores importantes correspondientes a la operación objeto de estudio³. Son herramientas poderosas que permiten la representación de sistemas complejos simplificando el análisis y manipulación de la información, así como facilitar la comprobación y evaluación de hipótesis planteadas sin interrumpir el sistema real.

Un modelo matemático permite, además, la aplicación de técnicas matemáticas y computacionales para resolver problemas complejos. Estas representaciones idealizadas suelen requerir aproximaciones y supuestos simplificadores para obtener un modelo manejable. Generalmente, los modelos se clasifican en dos tipos: los determinísticos y los probabilísticos.

El modelo determinístico es aquel donde se presume de conocer todos los valores de las variables empleadas en el modelo con certeza; por ejemplo, una empresa busca reducir sus costos de producción, pero mantener sus niveles de calidad. En este caso, se trata de un modelo determinístico, ya que se conocen tanto sus costos, como sus niveles de calidad. El modelo probabilístico o estocástico, por otro lado, supone que no se tiene certeza de los valores de las variables, pero es posible asociarse a ellas una distribución de probabilidad. Los modelos estocásticos cambian dinámicamente con el tiempo, la distancia y otros parámetros.

2.2 Qué es un sistema

En términos generales, puede definirse un sistema como un conjunto de elementos interrelacionados e interdependientes que actúan como un todo, en lugar de considerarse únicamente sus componentes individuales. Un sistema puede ser cualquier objeto, cualquier cantidad de materia, cualquier región del espacio, etc., seleccionado para estudiarlo y aislarlo (mentalmente) de todo lo demás. Así todo lo que lo rodea es entonces el entorno o el medio donde se encuentra el sistema⁴. En algunas ocasiones, los componentes individuales de un sistema interactúan de un modo demasiado complejo para el entendimiento humano hacia el mundo real, ya que pueden llegar a existir innumerables cantidades de elementos dentro de un sistema. El economista Herbert Simon nombró a esta incapacidad de la mente humana “el principio de racionalidad limitada”. Este principio establece que: “la capacidad de la mente humana para formular y resolver problemas complejos es muy pequeño en comparación con el tamaño del problema cuya solución se requiere para el comportamiento objetivamente racional en el mundo

³ González Zúñiga, José Fidencio Domingo (2014) Introducción a la ingeniería Industrial, p 139

⁴ Abbott, M.M., Vanness, H.C., (1991): Termodinámica. 2a. ed. México: McGraw-Hill.

real, o incluso para una aproximación razonable a tal racionalidad objetiva” (Simon, 1957). La complejidad del sistema esta principalmente determinado en función de los siguientes dos factores que caracterizan prácticamente todos los sistemas creados por el hombre⁵:

1. Interdependencias entre elementos para que cada elemento afecte a otros elementos.
2. Variabilidad en el comportamiento de los elementos que produce incertidumbre.

El grado de dificultad analítica del sistema aumenta exponencialmente a medida que el número de interdependencias y las variables aleatorias aumentan.

2.3 Qué es simulación

Para el estudio de caso, se busca visualizar un escenario donde se cuente con dos consultorios médicos, en lugar de uno como se encuentra actualmente. Para lograr esta visualización, es necesario realizar un modelo que permita generar una simulación. Esta simulación será de ayuda para tomar decisiones de forma óptima al limitar el comportamiento y observar la interacción entre las variables de la simulación. Robert E. Shannon, define a la simulación como el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con él para entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias dentro de los límites impuestos por un criterio o por un conjunto de criterios para la operación del sistema⁶. Por otro lado, el Oxford American Dictionary define la simulación como una forma de “reproducir las condiciones de una situación, por medio de un modelo, para estudio o prueba o entrenamiento, etc.”⁷.

Cuando no se puede establecer o resolver el modelo matemático, es posible formular un modelo cualitativo que, si bien es menos preciso, permite obtener información sobre el comportamiento del sistema real. El planteamiento y solución de estos modelos cualitativos, es lo que constituyen los llamados métodos de Montecarlo y para los cuales se emplea con frecuencia el término simulación⁸. Mediante la simulación, es posible modelar la esencia de un sistema para evaluar su comportamiento a través del tiempo y solo una parte del sistema. Es decir, la simulación analiza solo las variables particulares o de interés del problema que se está investigando. Una simulación busca repetir un evento, generando de esta forma múltiples escenarios del modelo generados de forma aleatoria para obtener observaciones estadísticas del desempeño del sistema.

La mayoría de los problemas de simulación se resuelven mediante el uso de una computadora, ya que permite realizar grandes cantidades de operaciones. Los modelos de simulaciones realizados por computadora se basan en relaciones lógico-matemáticas y pueden ser modelos tanto determinísticos como probabilísticos. Para preparar la simulación de un sistema complejo, es importante contar previamente con un modelo de simulación detallado que describa a la perfección

⁵ Harrell-Ghosh-Bowden 2004, Simulation Using ProModel Chapter 2, p 28

⁶ Robert E. Shannon (1988), Simulación de sistemas, p.p.11-12

⁷ Harrell-Ghosh-Bowden 2004, Simulation Using ProModel Chapter 1, p 5

⁸ Luthe, Rodolfo & Olvera, Antonio & Shutz, Fernando (1991), Métodos numéricos, p 301

el sistema que se simulará⁹. La simulación es, probablemente, la metodología más poderosa que existe para el diseño de modelos. Sin embargo, la simulación requiere modelos precisos, y análisis detallado de los datos antes de dar conclusiones, por lo que, en el caso de sistemas complejos, suele ser necesaria una inversión grande de tiempo y recursos, ya que es necesario desarrollar y depurar programas de cómputo para lograr la simulación. Por tanto, es recomendable no utilizar la simulación cuando se trate de un problema complejo si es que existe un método menos costoso para generar la información requerida.

Existen varias formas de clasificar la simulación. Algunas de los más comunes son:

- Estática o dinámica.
- Estocástica o determinista.
- De eventos discretos o continua.

La simulación estática es aquella que no se basa en el tiempo. A menudo implica simular muestras aleatorias para generar un resultado estadístico, por lo que a veces se le llama Simulación Montecarlo. El método Montecarlo es un método estadístico utilizado como técnica de simulación, sin embargo, es tal la popularidad de este método que algunos autores suelen utilizar ambos términos de forma indistinta. La simulación dinámica, por el contrario, si contempla el paso del tiempo.

Las simulaciones estocásticas o probabilísticas son aquellas en las que una o más variables de entrada son aleatorias; al tener entradas aleatorias dan como resultado, salidas aleatorias, es decir, cada vez que se ejecute el modelo, se obtendrán resultados diferentes, por lo que, para obtener una estimación precisa del rendimiento del modelo, es necesario realizar varias ejecuciones y calcular el valor promedio del rendimiento obtenido en todas las ejecuciones. Por otro lado, las simulaciones que no tienen componentes de entrada aleatorios son deterministas, en este caso, las simulaciones siempre van a tener el mismo resultado sin importar cuantas veces sea ejecutado el modelo.

Cuando se tienen variables aleatorias, es importante realizar ajustes de los datos y evaluar la distribución de la probabilidad con la que mejor se ajusta, ya que conocer la distribución de probabilidad permite predecir datos cuando se trabaja con variables aleatorias. Las distribuciones de probabilidad de las que se obtienen variables aleatorias pueden ser discretas (describen la probabilidad de que ocurran valores específicos) o continuos (describen la probabilidad de que un valor esté dentro de un rango dado). Una distribución discreta representa un número finito contable de posibles valores. Un ejemplo de una distribución discreta es el número de artículos en

⁹ Frederick S. Hillier & Gerald J. Lieberman (2015), Investigación de operaciones, p 812

un lote o individuos en un grupo de personas. Una distribución continua representa un continuo de valores, un ejemplo de una distribución continua es una máquina con un tiempo de ciclo¹⁰

2.4 Ventajas y desventajas de la simulación

La competitividad es un factor crucial para que cualquier negocio tenga éxito; en la actualidad, la capacidad para tomar decisiones certeras de forma rápida es un factor importante para lograr la competitividad que el mercado requiere. La simulación permite justamente eso. Al modelar un sistema se puede prever el comportamiento del sistema analizado, por lo que se pueden tomar decisiones con menor riesgo. Las características que convierten a la simulación en una potente herramienta se pueden definir de la siguiente manera¹¹:

- Captura las interdependencias del sistema.
- Contabiliza la variabilidad en el sistema.
- Es lo suficientemente versátil para modelar cualquier sistema.
- Muestra comportamiento a lo largo del tiempo.
- Es menos costoso, lleva menos tiempo y es menos disruptivo que experimentar en el sistema real.
- Proporciona información sobre múltiples medidas de desempeño.
- Es visualmente atractivo y capta el interés de las personas.
- Proporciona resultados que son fáciles de entender y comunicar.
- Se ejecuta en tiempo comprimido, real o incluso diferido.
- Fuerza la atención al detalle en un diseño.

Sin embargo, se debe considerar que no todos los problemas se pueden resolver usando simulación, en algunos casos el uso de la herramienta puede llegar a ser excesivo. Así como la simulación tiene ventajas, también tiene limitaciones.

Como pauta general, la simulación es apropiada si se cumplen los siguientes criterios¹²:

- Se está tomando una decisión operativa (lógica o cuantitativa).
- El proceso que se analiza está bien definido y es repetitivo.
- Las actividades y los eventos son interdependientes y variables.
- El impacto del costo de la decisión es mayor que el costo de hacer la simulación.
- El costo de experimentar en el sistema real es mayor que el costo de simulación.

El propósito del presente trabajo es mostrar la utilidad de las herramientas de simulación para la toma de decisiones en una MIPyME; si bien, es cierto que la simulación es una metodología

¹⁰ Harrell–Ghosh–Bowden 2004, Simulation Using ProModel Chapter 2, p 49

¹¹ Harrell–Ghosh–Bowden 2004, Simulation Using ProModel Chapter 1, p 7

¹² Harrell–Ghosh–Bowden 2004, Simulation Using ProModel Chapter 1, p 12

costosa para sistemas complejos, también es cierto que es una herramienta potente que permite reducir los riesgos para tomar decisiones, por lo que al tratarse de un sistema que no posee una gran cantidad de variables ni necesita una cantidad compleja de iteraciones, no es costosa así que es viable la aplicación de esta metodología para la resolución del problema planteado.

2.5 Metodología del estudio de la simulación empleada

Averill M. Law presenta en su trabajo “How to build valid and credible simulation models” un enfoque de siete pasos para realizar un estudio de simulación exitoso (Ilustración 3), el cual se usó como metodología para realizar el presente estudio de caso. Cabe mencionar que no se siguió al pie de la letra cada uno de los pasos propuestos por Law, por lo que se incluyeron únicamente los pasos que se llevaron a cabo en la elaboración de este trabajo.

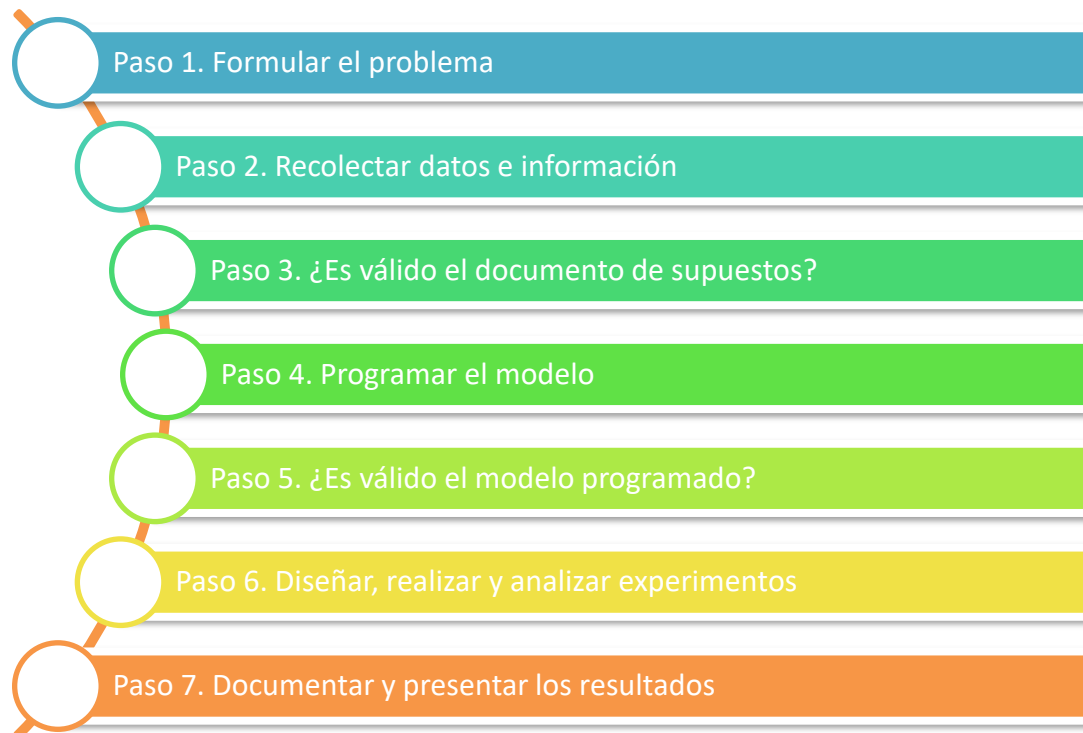


Ilustración 3: Metodología del estudio de simulación de M. Law. Elaboración propia, (2022)

A continuación, se desarrollan las actividades que se tendrán que hacer por cada uno de los pasos.

Paso 1: Formulación del problema

Para la formulación del problema es necesario contemplar los siguientes puntos:

- Definición de los objetivos generales del estudio.
- Definición de las preguntas específicas que debe responder el estudio.
- Definición de las medidas de desempeño que se utilizarán para evaluar la eficacia de las diferentes configuraciones del sistema.
- Definición del alcance del modelo.
- Determinar el marco temporal del estudio y los recursos necesarios (personas, ordenadores, etc.).

Paso 2 y 3. Recolectar Información/Datos y validación del modelo

Para la recolección de datos es necesario contemplar los siguientes puntos según la metodología planteada

- Recopilar datos para especificar los parámetros del modelo.
- Establecer supuestos del modelo.
- Corregir los supuestos si se descubren errores u omisiones en el documento de supuestos.

Paso 4. Programar el modelo.

- Programar el documento de supuestos usando algún software de simulación comercial. Para este paso se contempló la metodología propuesta por Torres y Telléz (Ilustración 4).

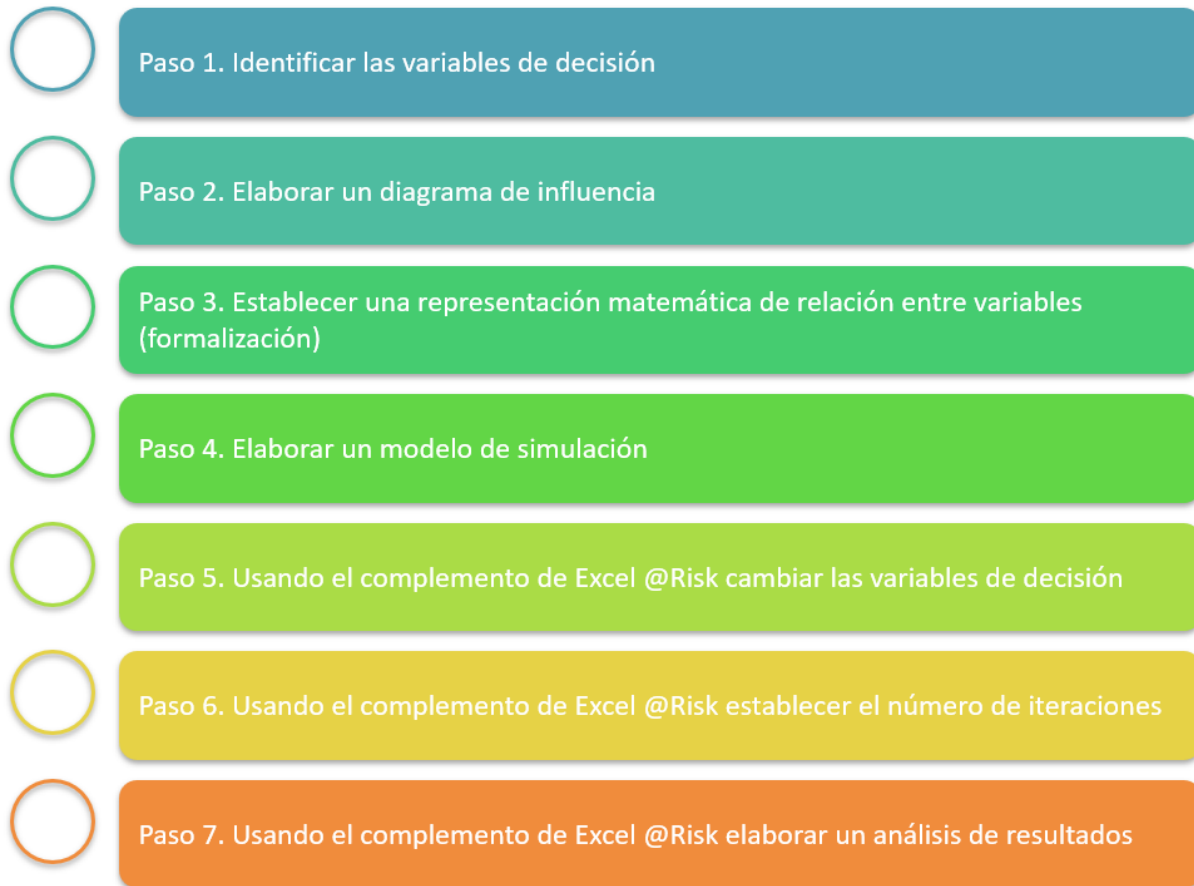


Ilustración 4: Como elaborar un modelo de Simulación Montecarlo en hoja de cálculo, Torres & Téllez. Elaboración propia, (2022)

Paso 5. ¿Es válido el modelo programado?

- Comparar los datos de salida del modelo de simulación para el sistema con los datos de salida comparables recopilados del sistema real.
- Revisar los resultados de la simulación para determinar si son razonables.
- Realizar análisis de sensibilidad en el modelo programado para ver qué factores tienen el mayor impacto en las medidas de desempeño.

Paso 6. Diseñar, realizar y analizar experimentos

- Analizar los resultados y decidir si se requieren experimentos adicionales.

Paso 7. Documentar y presentar los resultados

- La documentación del modelo (y el estudio de simulación asociado) debe incluir el documento de supuestos, una descripción detallada del programa de computadora y los resultados del estudio actual.
- Este escrito será considerado el paso 7 de la metodología, al cumplir con el requerimiento descrito en el punto anterior.

A lo largo de los siguientes capítulos se desarrollará esta metodología considerando los puntos y características definidos por M. Law.

Capítulo 3: Desarrollo de la simulación

A continuación, se desarrollarán de los puntos 1 al 4 de la metodología de M. Law. Presentada en el apartado 2.5 del presente escrito.

3.1 Paso 1: Formulación del problema

Contemplando las actividades del paso 1 de la metodología utilizada, se estableció en este capítulo la definición del problema de estudio, de los objetivos, del alcance y de las medidas de rendimiento.

El objetivo de una simulación define el propósito o la razón por la cual se está realizando la simulación. Debe ser realista y alcanzable, dado el tiempo y los recursos disponibles¹³. Para establecer un objetivo preciso es necesario haber hecho análisis previos de las medidas de rendimiento que se utilizarán en el modelo, pero como primera estancia se establecerá un objetivo y un problema general inicial.

Problema de interés general: En una farmacia de genéricos con consultorio médico, se observa que el tiempo de espera para la entrada a consulta es elevado, lo que aparentemente provoca que un gran número de potenciales pacientes y clientes abandonen el sistema.

Preguntas para resolver el problema general

- ¿Cuántos pacientes se atienden por día?
- ¿Existe alguna relación con la hora y la cantidad de pacientes que se atienden?
- ¿Cuánto es el tiempo de espera antes de entrar a consulta?
- ¿Cuántos pacientes se van antes de entrar a consulta?
- ¿Cuánto tiempo esperan los pacientes antes de entrar a consulta?
- ¿Disminuiría significativamente el tiempo de consulta si se abre un segundo consultorio?
- ¿Sería rentable abrir un segundo consultorio?

Definición de objetivos generales del estudio

Dadas estas preguntas iniciales, se observa que existen los siguientes objetivos iniciales:

- Medir la cantidad de pacientes atendidos por día.
- Analizar la cantidad de pacientes que abandonan el sistema antes de entrar a consulta.
- Analizar el tiempo que esperaron los pacientes antes de abandonar el sistema.

¹³ Harrell-Ghosh-Bowden 2004, Simulation Using ProModel Chapter 5, p 109

- Establecer cual es tiempo de espera óptimo para considerar rentable la posibilidad de abrir un segundo consultorio.
- Simular un sistema con dos consultorios para obtener resultados que puedan ser comparados con los datos del sistema real y evaluar si el tiempo de consulta disminuye significativamente.

Definición del alcance del modelo

Unidad de estudio

La unidad de estudio de este caso de estudio está conformada por el tiempo que dedican los pacientes en el consultorio de “La Farmacia”

Población

La población de este caso de estudio está conformada por los pacientes que requieran consulta médica en el consultorio de “La Farmacia”

Muestra

La muestra de este caso de estudio está conformada por cada paciente que requiera consulta médica en el consultorio de “La Farmacia” durante la semana de 12 al 16 de julio de 2021 en un horario de 10 am a las 8 pm.

Definición de las medidas de rendimiento que se utilizarán para evaluar la eficacia de las diferentes configuraciones del sistema

Para la elaboración de este estudio de caso se implementó el pensamiento sistémico, pues dada la naturaleza del sistema analizado, se observa los elementos involucrados como parte de un todo.

Para determinar la interdependencia de los elementos del sistema planteado, se realizó un mapeo del proceso para la atención médica (Ilustración 5).

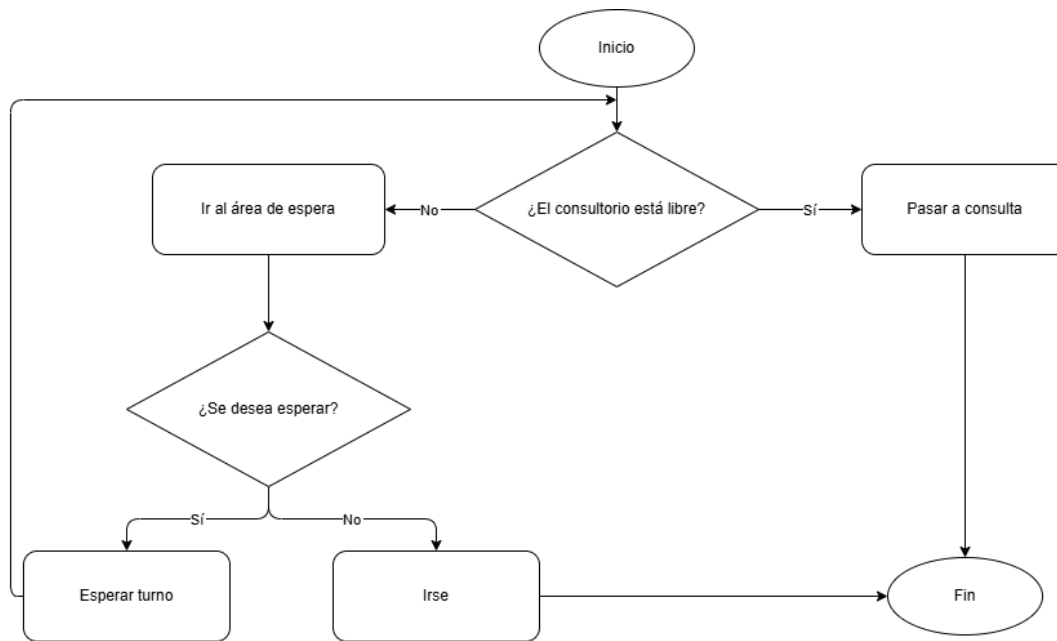


Ilustración 5: Diagrama de proceso del cliente. Elaboración propia, (2025)

De este modo, se concluye que los elementos que forman parte del sistema son:

- Tiempo de llegada del paciente.
- Tiempo de inicio de atención al paciente.
- Tiempo de salida del paciente.
- Duración de las consultas.

Determinar el marco temporal del estudio y los recursos necesarios

El desarrollo de la investigación se basó en la información obtenida mediante la observación de los pacientes que esperaron consulta, a través de las cámaras de video instaladas en “La Farmacia”.

Los registros se realizaron del 26 al 30 de julio del 2021, posteriormente, los datos se analizaron utilizando hojas de cálculo y software especializado para el desarrollo de modelos de simulación.

Los recursos necesarios para realizar este caso de estudio están conformados por:

- Cámara de video (para la toma de datos).
- Procesador de datos: Microsoft Excel.

3.2 Paso 2 y 3: Recolectar y construir un documento de supuestos

Recopilar datos para especificar los parámetros del modelo

Los datos utilizados se recabaron observando y registrando cada uno de los pacientes que llegaron al consultorio, el tiempo de llegada y su tiempo de salida. La elaboración del presente estudio se realizó durante la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, por lo que por seguridad no se tomaron datos de forma presencial, en su lugar, fueron utilizadas las grabaciones realizadas por las cámaras de seguridad que permiten la visualización al área de espera (Ilustración 6).

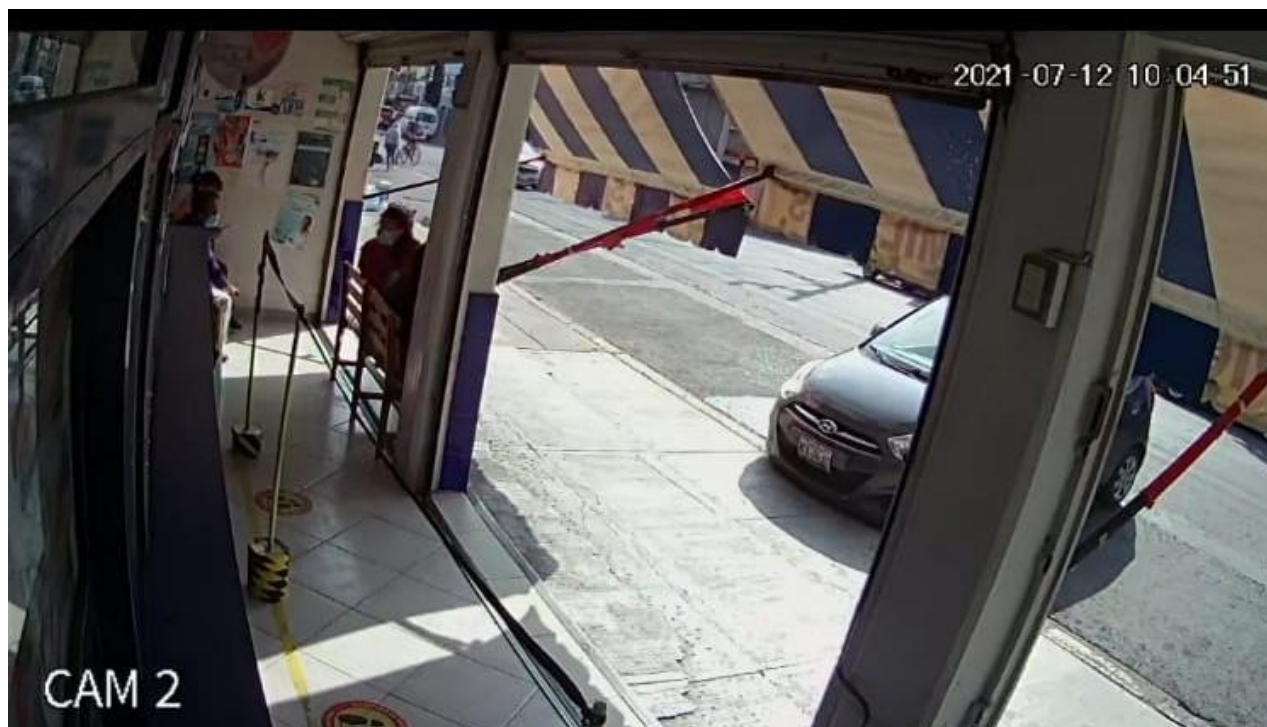


Ilustración 6: Vista de la CAM 2 al área de espera de consultorio médico

Los datos fueron registrados usando Microsoft Excel. Se registraron todos los pacientes que esperaron por consulta médica y la hora en la que se fueron, ya sea que entraran a consulta o se fueran antes. En la Tabla 1, se muestra el formato utilizado para el registro de los datos utilizados para el análisis, en dicho formato se registró el no. de paciente, la hora de llegada, la hora de entrada a consulta y la hora de salida.

Se realizó un registro por cada día analizado (lunes a viernes), en un horario de 9 am hasta 8 pm registrando pacientes desde las 9 am, hora en la que se abre la farmacia, ya que a pesar de que la

consulta comienza a las 10 am, se observó que llegan pacientes desde las 9 am que abre la farmacia. Por otro lado, se analizó hasta las 8 pm, ya que a esta hora finaliza la atención médica.

Tabla 1

Formato de registro de pacientes

<i>Paciente</i>	<i>Diferencia</i>	<i>Hora de llegada</i>	<i>Hora de entrada del paciente</i>	<i>Hora de salida del paciente</i>	<i>Tiempo de consulta</i>	<i>Tiempo total de espera</i>
-----------------	-------------------	------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	---------------------------	-------------------------------

Tabla 1: Estructura de formato utilizado para registro de pacientes

En la Tabla 2 se muestra un fragmento del registro realizado el lunes. Derivado de los datos de entrada registrados fue posible calcular la diferencia entre llegadas de los pacientes, el tiempo de consulta y el tiempo total de espera antes de ser atendidos.

Tabla 2

Registro de pacientes

<i>Paciente</i>	<i>Diferencia de llegada</i>	<i>Hora de llegada del paciente</i>	<i>Hora de entrada del paciente</i>	<i>Hora de salida del paciente</i>	<i>Tiempo de consulta</i>	<i>Tiempo total de espera</i>
1		9:02:26 AM	10:05:09 AM	10:14:30 AM	0:09:21	1:02:43
2	00:54:36	9:57:02 AM	10:14:30 AM	10:22:09 AM	0:07:39	0:17:28
3	00:11:51	10:08:53 AM	10:22:09 AM	10:31:46 AM	0:09:37	0:13:16
4	00:25:55	10:34:48 AM	10:34:48 AM	10:47:10 AM	0:12:22	0:00:00

Tabla 2: Registro de pacientes

Los datos registrados fueron analizados en tablas de Excel para el análisis de la distribución de los datos.

La población del presente estudio es de un total de 303 observaciones referente a la hora de llegada de cada paciente al consultorio médico, la hora de atención y la hora de salida. De este modo, fue posible determinar un tiempo promedio de espera en el consultorio médico. En la Tabla 3 se aprecia el tiempo promedio de espera por día correspondiente a los horarios del doctor 1 y el doctor 2

Tabla 3

Promedios de espera

Promedios (en minutos)				
		Diferencia de llegada	Tiempo de consulta	Tiempo total de espera
Doctor 1	Lunes	00:11:04	00:08:37	00:27:34
	Martes	00:14:17	00:11:19	00:41:12
	Miércoles	00:13:29	00:12:07	00:38:11
	Jueves	00:13:08	00:11:25	00:48:17
	Viernes	00:12:28	00:11:13	00:36:53
Tiempo promedio semanal		00:12:53	00:10:56	00:38:25
Doctor. 2	Lunes	00:06:28	00:05:23	00:08:42
	Martes	00:09:38	00:06:48	00:08:31
	Miércoles	00:09:16	00:06:46	00:09:16
	Jueves	00:09:25	00:06:41	00:06:59
	Viernes	00:09:12	00:06:46	00:04:58
Tiempo promedio semanal		00:08:48	00:06:29	00:07:41

Tabla 3: Promedios de espera

Estos datos se obtuvieron al promediar los tiempos de llegada, los tiempos de consulta y los tiempos totales de espera de cada día observado.

Por otro lado, en la Tabla 4 se muestra la cantidad de pacientes que se fueron por día y el promedio de espera de los pacientes que se fueron antes de entrar al consultorio médico.

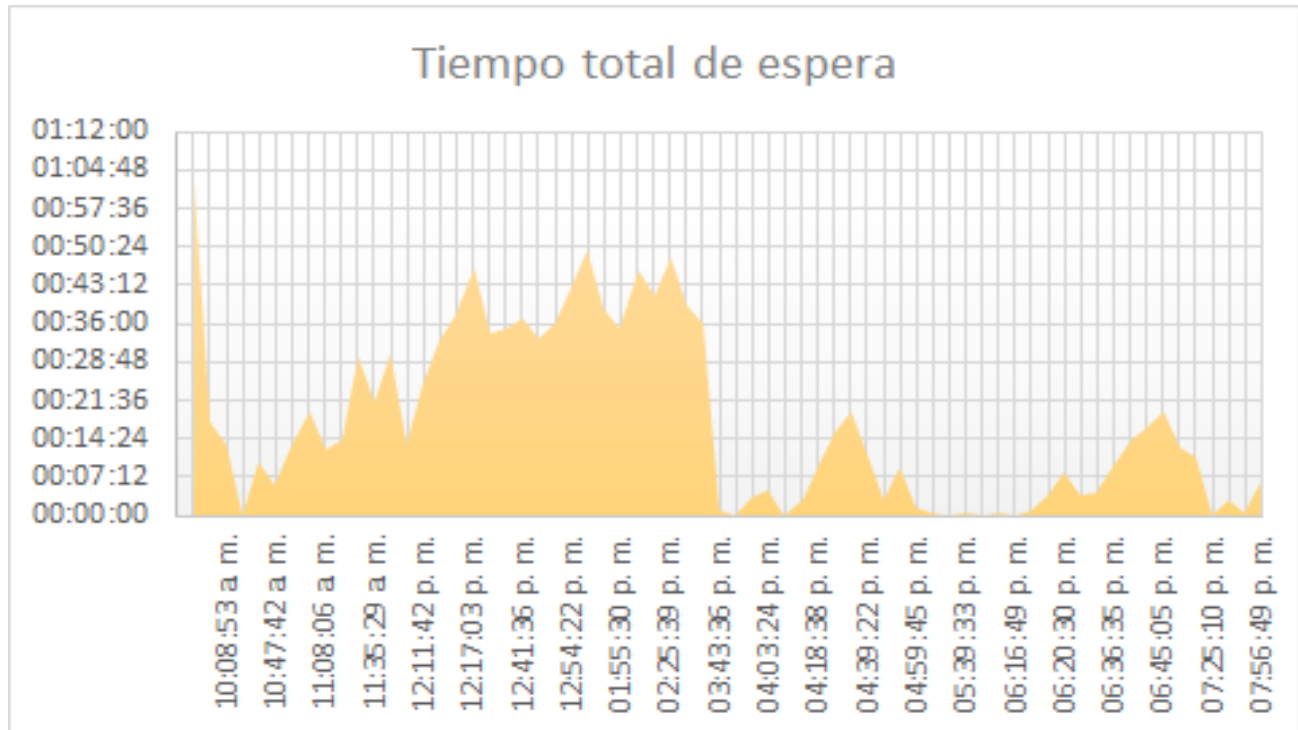
Tabla 4

Promedios de espera pacientes que se van

Pacientes que se fueron		
	Número de pacientes que se fueron	Promedio espera antes de irse
Lunes	9	0:19:17
Martes	7	0:24:27
Miércoles	8	0:22:50
Jueves	10	0:19:19
Viernes	6	0:19:19
Suma	40	1:45:13
Promedio	8	0:21:03

Tabla 4: Promedios de espera pacientes que se fueron

Se observa una diferencia entre los tiempos promedios de espera entre el Doctor 1 (38:25 minutos de espera promedio) y el Doctor 2 (07:41 minutos de espera promedio). En la gráfica 1, se muestra el tiempo total de espera contra las horas de llegar, para visualizar gráficamente el flujo de llegada de los pacientes al consultorio médico.



Gráfica 1: Tiempo total de espera vs. horas de llegada

Al analizar los tiempos en que los pacientes se fueron del sistema, se observó que la mayoría se fueron en el horario matutino, tras esperar en promedio 20 minutos.

Establecer supuestos del modelo

Con la información obtenida, se realizaron los siguientes supuestos:

- Existe una clara diferencia entre los tiempos promedios de espera del Doctor 1 (38:25 minutos de espera promedio) y el Doctor 2 (07:41 minutos de espera promedio).
- La mayoría de los pacientes se fueron en el horario matutino, tras esperar en promedio 20 minutos.
- Se perdieron 40 pacientes en total en la mañana, de los cuales solo 5 se fueron en un horario vespertino.

Estas pérdidas en la consulta también impactan en las ganancias de La Farmacia, ya que son potenciales clientes que se están perdiendo, para evaluar el impacto económico que esto supone se

hizo un análisis considerando que la ganancia promedio por paciente es de \$150 (dato obtenido de los estudios previamente realizados por los propietarios).

Estos datos demostraron que el principal cuello de botella se encuentra en el horario matutino, por lo que se decidió centrar la atención en el desarrollo de un modelo que evalúe la posibilidad de tener dos doctores en el horario matutino, ya que las pérdidas que supone perder clientes potenciales ascienden a \$288,000 (ver Figura 2).

Figura 2

Pérdidas por perder pacientes

Consultas pérdidas a la semana	40
Ganancia promedio por cliente	\$150
Pérdida aproximada	\$6,000
Pérdidas por mes	\$24,000
Pérdidas anuales	\$288,000

Figura 2: Pérdidas por perder pacientes

3.2 Paso 4: Programar el modelo

A continuación, se desarrollarán el Paso 4. Programa el modelo de la metodología de M. Law. Presentada en el apartado 2.5 del presente trabajo. Para ello se desarrollará, tal como se había mencionado previamente la metodología para elaborar un modelo de Simulación Montecarlo en hoja de cálculo propuesto por Torres & Téllez, mencionado en el mismo capítulo (ver Ilustración 4).

Durante el desarrollo del caso de estudio, la metodología fue adaptada, dejando los primeros cuatro pasos sin cambios, el quinto paso se eliminó, se establecieron mil iteraciones para el sexto paso y el séptimo paso se desarrolló en la sección de resultados (capítulo 4).

3.2.1 Identificar las variables de decisión

Las siguientes variables son consideradas relevantes:

- Tiempo promedio entre llegadas.
- Tiempo máximo de consulta.
- Tiempo mínimo de consulta

Como variable de entrada:

- Tiempo de llegada de pacientes.

Variable de respuesta:

- Tiempo promedio de espera antes de que los pacientes sean atendidos.

3.2.2 Elaborar un diagrama de influencia

Para entender la relación entre las variables se realizará un diagrama de influencia del estado actual de la farmacia, es decir, con un solo consultorio (Ilustración 7).



Ilustración 7: Diagrama de influencia con un consultorio. Elaboración propia con referencia: Torres Mendoza, R. & Téllez Ballesteros, S. Presentación 6: Modela de simulación con hojas de cálculo 2 [Diapositivas].

3.2.3 Establecer una representación matemática de relación entre variables

Sean:

Definición

P = Paciente actual

P-1 = Paciente anterior

HAP = Hora de llegada del paciente actual

HAP-1 = Hora de llegada del paciente anterior

DAP/P-1 = Diferencia de llegada entre el paciente actual y el paciente anterior

Definición

HSCP-1 =	Hora de salida de consulta de paciente anterior
HECP =	Hora de entrada a consulta de paciente actual
DCP =	Duración de consulta de paciente actual
TEP =	Tiempo de espera de paciente actual
HSCP =	Hora de salida de consulta de paciente actual
HECA =	Hora de entrada del paciente en el consultorio A

Tal como se observó en el diagrama de influencia, para determinar el tiempo promedio de espera en el estado actual; es decir, con un consultorio médico, está definido por las siguientes representaciones matemáticas:

$$HAP = DAP/P-1 + HAP-1 \quad (1)$$

$$HECP = \text{Mayor valor entre HAP y HSCP-1} \quad (2)$$

$$HSCP = HECP + DCP \quad (3)$$

$$TEP = HECP - HAP \quad (4)$$

3.2.4 Elaborar un modelo de simulación

El modelo de simulación ha sido desarrollado en hojas de cálculo en Microsoft Excel.

A continuación, se describe cada una de las variables ingresadas:

- Número de cliente: Indica la posición de llegada de los clientes.
- Tiempo entre llegada: Se aplica la fórmula correspondiente a la transformada inversa de la distribución exponencial. (Ver Figura 3).

Consultorio Médico						
Tiempo promedio en la línea de espera					00:15:59	
No.Cliente	Tiempo entre llegada	Tiempo de llegada (acumulado)	Tiempo de inicio de SERVICIO	Tiempo de Servicio	Tiempo fin de servicio	Tiempo de espera
1	00:29:00	09:29:00	10:00:00	00:06:13	10:06:13	00:31:00
2	=-SP\$3*LN(ALEATORIO()))		10:06:13	00:12:20	10:18:33	00:20:38
3	00:09:40	09:55:15	10:18:33	00:13:17	10:31:50	00:23:18

Figura 3: Formula en la hoja de cálculo del tiempo entre llegada

Tiempo de llegada (acumulada): La fórmula para calcular la hora de llegada del cliente i en la hoja de cálculo para el primer cliente es la suma de su hora de llegada más las 9:00 am. ya que es a esta hora cuando se empiezan a recibir a los pacientes en la sala de espera. A partir del segundo cliente, es la suma de la hora de llegada del cliente anterior más la diferencia horaria entre las llegadas del mismo cliente y la del anterior (Ver Figura 4)

Consultorio Médico						
Tiempo promedio en la línea de espera					00:15:59	
No.Cliente	Tiempo entre llegada	Tiempo de llegada (acumulado)	Tiempo de inicio de SERVICIO	Tiempo de Servicio	Tiempo fin de servicio	Tiempo de espera
1	00:29:00	09:29:00	10:00:00	00:06:13	10:06:13	00:31:00
2	00:16:35	=E7+C8	10:06:13	00:12:20	10:18:33	00:20:38

Figura 4: Formula en la hoja de cálculo del tiempo entre llegada acumulado

Hora de entrada al consultorio del paciente i (Tiempo de inicio de servicio): Los pacientes comienzan a ser atendidos a partir de las 10:00 hrs. La hora de inicio del servicio para el cliente i es el valor máximo entre su hora de llegada y la hora de salida del cliente anterior (Ver Figura 5).

Consultorio Médico						
Tiempo promedio en la línea de espera					00:15:59	
No.Cliente	Tiempo entre llegada	Tiempo de llegada (acumulado)	Tiempo de inicio de SERVICIO	Tiempo de Servicio	Tiempo fin de servicio	Tiempo de espera
1	00:29:00	09:29:00	10:00:00	00:06:13	10:06:13	00:31:00
2	00:16:35	09:45:35	=MAX(E8,H7)		10:18:33	00:20:38
3	00:09:40	09:55:15	10:18:33	00:13:17	10:31:50	00:23:18

Figura 5: Formula en la hoja de cálculo de la hora de entrada al consultorio

Duración de la consulta del paciente i (tiempo de servicio): Se introduce la fórmula correspondiente a la transformada inversa de la distribución uniforme con los parámetros previamente asignados (Ver Figura 6).

Consultorio Médico						
Tiempo promedio en la línea de espera					00:15:59	
No.Cliente	Tiempo entre llegada	Tiempo de llegada (acumulado)	Tiempo de inicio de SERVICIO	Tiempo de Servicio	Tiempo fin de servicio	Tiempo de espera
1	00:29:00	09:29:00	10:00:00	00:06:13	10:06:13	00:31:00
2	00:16:35	09:45:35	10:06:13	= $\$P\$5 + (\$P\$4 - \$P\$5) * (ALEATORIO())$		
3	00:09:40	09:55:15	10:18:33	00:13:17	10:31:50	00:23:18

Figura 6: Formula en la hoja de cálculo de la hora de entrada al consultorio

Hora de salida del paciente i (tiempo fin de servicio): Es la suma de la hora de entrada al consultorio del paciente i y la duración de su consulta (Ver Figura 7).

Consultorio Médico						
Tiempo promedio en la línea de espera					00:15:59	
No.Cliente	Tiempo entre llegada	Tiempo de llegada (acumulado)	Tiempo de inicio de SERVICIO	Tiempo de Servicio	Tiempo fin de servicio	Tiempo de espera
1	00:29:00	09:29:00	10:00:00	00:06:13	10:06:13	00:31:00
2	00:16:35	09:45:35	10:06:13	00:12:20	=G8+F8	00:20:38
3	00:09:40	09:55:15	10:18:33	00:13:17	10:31:50	00:23:18

Figura 7: Formula en la hoja de cálculo de la hora de salida del consultorio

Tiempo de espera del paciente i: Se obtiene restando el tiempo de entrada del paciente i a la consulta menos su tiempo de llegada (Ver Figura 8).

Consultorio Médico						
Tiempo promedio en la línea de espera					00:15:59	
No.Cliente	Tiempo entre llegada	Tiempo de llegada (acumulado)	Tiempo de inicio de SERVICIO	Tiempo de Servicio	Tiempo fin de servicio	Tiempo de espera
1	00:29:00	09:29:00	10:00:00	00:06:13	10:06:13	00:31:00
2	00:16:35	09:45:35	10:06:13	00:12:20	10:18:33	=F8-E8

Figura 8: Formula en la hoja de cálculo del tiempo de espera

El primer cliente tiene sus propias restricciones, ya que es con el que se inicia el tiempo de espera en el sistema, pero a partir de la segunda, las fórmulas son las mismas. Por lo tanto, una vez programada la segunda fila del modelo, basta con arrastrar la formula hasta el último cliente. En este caso, se decidió simular los horarios de 30 clientes, ya que el médico asignado al turno de la mañana termina después de las 15:00 h y, con el número de clientes previamente designado, se cumplirá esta situación. El tiempo promedio en la línea de espera, tal como su nombre lo dice, es el promedio de todos los tiempos de espera registrados (Ver Figura 9).

Consultorio Médico						
Tiempo promedio en la linea de espera					=PROMEDIO(I7:I1006)	
No.Cliente	Tiempo entre llegada	Tiempo de llegada (acumulado)	Tiempo de inicio de SERVICIO	Tiempo de Servicio	Tiempo fin de servicio	Tiempo de espera
1	00:02:07	09:02:07	10:00:00	00:16:02	10:16:02	00:57:53
2	00:08:15	09:10:22	10:16:02	00:14:51	10:30:53	01:05:40
3	00:03:01	09:13:23	10:30:53	00:18:23	10:49:16	01:17:30

Figura 9: Formula en la hoja de cálculo del tiempo promedio de espera

3.2.5 Establecer el número de iteraciones

En estudios similares se emplea frecuentemente un rango entre 500 y 10,000 iteraciones (Law & Kelton, 2007). Para este caso de estudio se estableció un número de 1,000 iteraciones, ya que la simulación se realizó en Microsoft Excel, el cual no está diseñado para cálculos como las simulaciones Monte Carlo a gran escala. Se determinó que 1000 iteraciones ofrecen un equilibrio adecuado entre representatividad estadística y tiempo de ejecución razonable. Este número permitió obtener resultados estables y funcionales sin comprometer la eficiencia del proceso.

En otra hoja de cálculo, se realizó una tabla para almacenar los tiempos de espera promedio para cada iteración del modelo (Ver Figura 10).

No.iteracion	Tiempo promedio de espera
1	0:21:02
2	0:41:01
3	1:22:37
4	0:23:04
5	0:11:41
6	0:22:36
7	0:28:09
8	1:17:11
9	0:38:36
10	1:30:11
11	1:11:12
12	1:17:12
13	0:31:07
14	0:22:19
15	1:34:07
16	01:20:30

Figura 10: Formula en la hoja de cálculo del tiempo promedio de espera

3.3 Paso 5: ¿Es válido el modelo programado?

Para validar el modelo simulado, se presentan estadísticas descriptivas (ver Figura 11).

<i>Tiempo promedio de espera</i>	
Media	0:50:22
Error típico	0:00:55
Mediana	0:43:28
Moda	#N/D
Desviación estándar	0:28:45
Varianza de la muestra	0:00:34
Curtosis	-0.151450415
Coefficiente de asimetría	0.727423331
Rango	2:25:45
Mínimo	0:04:10
Máximo	2:29:55
Suma	23:20:13
Cuenta	0:00:00
Nivel de confianza(95.0%)	0.001238626

Figura 11: Estadística descriptiva de 1000 iteraciones

Derivado de la estadística descriptiva se obtienen las siguientes conclusiones:

Tendencia central

- **Media:** Los pacientes deben esperar en promedio 50 minutos con 22 segundos
- **Mediana:** La mitad de los pacientes esperan menos de 43 minutos con 28 segundos Como es menor que la media, sugiere una asimetría positiva.
- **Moda:** No se repiten valores de forma significativa o Excel no puede determinarla. Es común en datos continuos.

Dispersión

- **Desviación estándar:** con 28 minutos con 45 segundos se muestra una alta variabilidad en los tiempos de espera: hay usuarios que esperan mucho más o mucho menos que el promedio.
- **Varianza de la muestra:** La varianza es coherente con la desviación estándar,
- **Rango:** 2 horas, 25 minutos y 45 segundos. Hay una diferencia considerable entre el caso de menor y mayor espera.
- **Mínimo:** El tiempo de espera mínimo es de 4 minutos con 10 segundos

- **Máximo:** Se tiene un tiempo de espera máximo alarmante de 2 horas, 29 minutos con 55 segundos. Algunos usuarios experimentan esperas mínimas, pero otros alcanzan valores extremos, lo que influye en el promedio

Forma de la distribución

- **Curtosis:** -0.151. La distribución es ligeramente platicúrtica: tiene colas un poco más delgadas y menos valores extremos que una distribución normal. Sin embargo, el valor es muy cercano a 0, por lo que no hay gran desviación respecto a la normalidad.
- **Coeficiente de asimetría:** Se observa una asimetría positiva moderada con 0.727, hay una cola hacia la derecha, lo que indica que hay casos de espera mucho mayores que el promedio, aunque no de forma extrema.
- **Error típico:** Se tiene un error de 55 segundos, por lo que la estimación de la media es bastante precisa.
- **Nivel de confianza al 95%:** 0.001238626 días $\approx$ 1 minuto y 47 segundos. Lo que significa que con un 95% de confianza, el verdadero promedio de espera se encuentra entre 48:35 y 52:09 minutos, aproximadamente.

A partir del análisis estadístico, se concluye que el modelo de simulación es confiable para estimar el tiempo promedio de espera, ya que presenta una media con bajo error típico y un intervalo de confianza estrecho al 95%. Sin embargo, la alta desviación estándar sugiere una variabilidad considerable en los casos individuales, y la asimetría positiva indica la presencia de tiempos de espera atípicamente largos que influyen en el promedio.

Tras realizar mil iteraciones de la simulación, podemos concluir lo siguiente: solo hay un 21,60 % de probabilidad de ser atendido antes de los 25 minutos. El 78,40 % restante tardará más y probablemente se marchará (véase la Figura 12).

<i>Rango de clases</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>% acumulado</i>
00:05:00	1	0.10%
00:15:00	57	5.80%
00:25:00	158	21.60%
00:35:00	172	38.80%
00:45:00	124	51.20%
00:55:00	88	60.00%
01:05:00	117	71.70%
01:15:00	75	79.20%
01:25:00	71	86.30%
01:35:00	47	91.00%
01:45:00	47	95.70%
01:55:00	19	97.60%
02:05:00	12	98.80%
02:15:00	8	99.60%
02:25:00	2	99.80%
y mayor...	2	100.00%

Figura 12: Promedio de tiempo de espera generado por el modelo

3.3 Paso 6: Diseñar, realizar y analizar experimentos

Se presenta la parte de diseñar y realizar del paso 6 de la metodología de M. Law. Presentada en el apartado 2.5 de este documento.

Una vez completado el modelo con un consultorio médico, se diseñó el modelo con dos consultorios, de este modo se evaluará si es factible tener dos consultorios médicos en el capítulo 4.

3.3.1 Diagrama de influencia con 2 consultorios

Siguiendo la metodología propuesta por Torres & Téllez, se genera el diagrama de influencia con dos consultorios (Ver Figura 12).

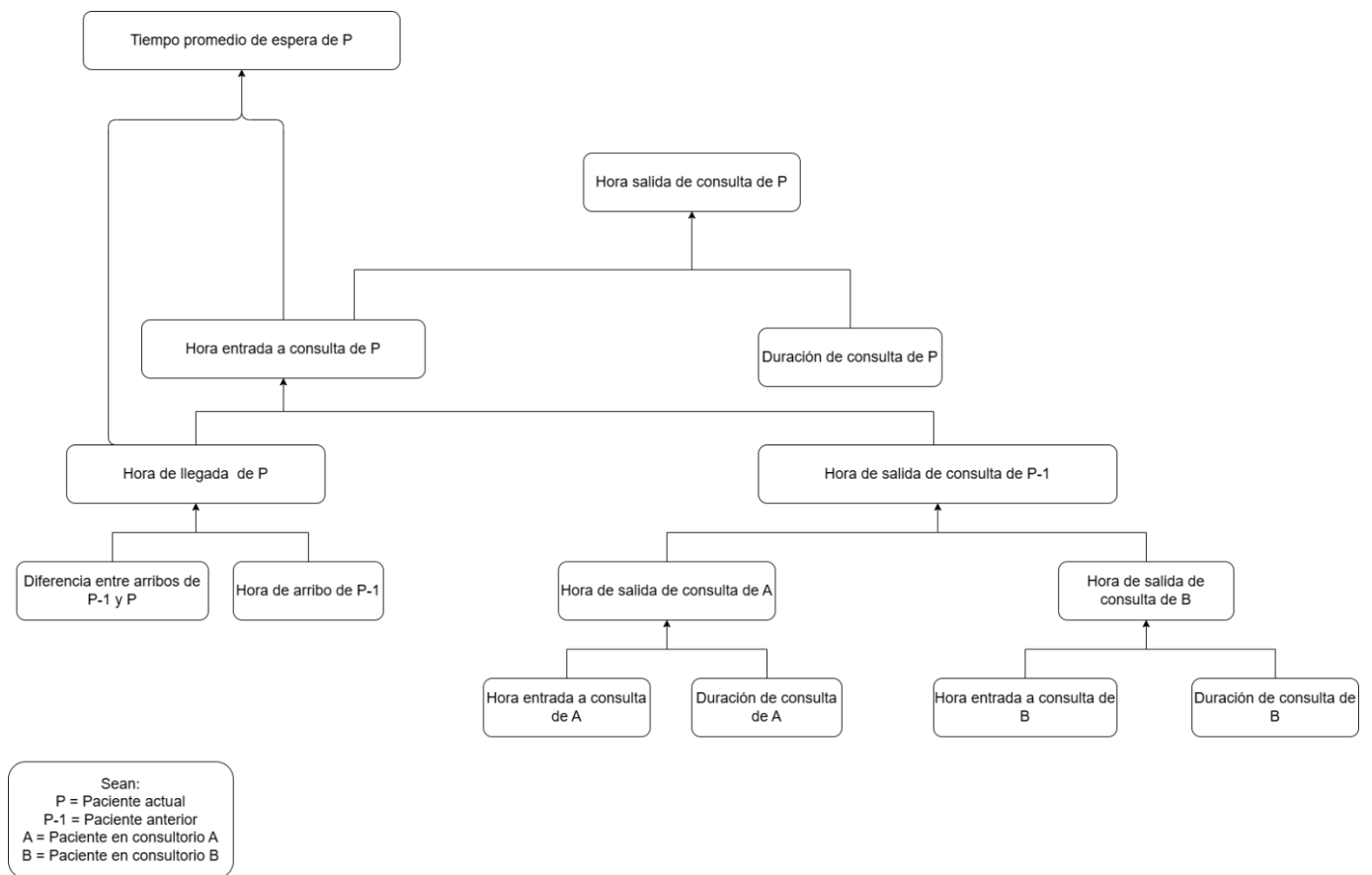


Figura 12: Diagrama de influencia con dos consultorios. Elaboración propia, (2022). Con referencia en: Benitez Gasca, A. (s. f.). Métodos de Simulación: Simulación Montecarlo [Apuntes]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Sean:

Definición

- P** = Paciente actual
P-1 = Paciente anterior
HAP = Hora de llegada del paciente actual
HAP-1 = Hora de llegada del paciente anterior
DAP/P-1 = Diferencia de llegada entre el paciente actual y el paciente anterior
HSCP-1 = Hora de salida de consulta de paciente anterior
HECP = Hora de entrada a consulta de paciente actual
DCP = Duración de consulta de paciente actual
TEP = Tiempo de espera de paciente actual
HSCP = Hora de salida de consulta de paciente actual
HECA = Hora de entrada del paciente en el consultorio A
DCA = Duración de consulta en consultorio A

Definición

HSCA = Hora de salida de consulta en consultorio A
HECB = Hora de entrada del paciente en el consultorio B
DCB = Duración de consulta en consultorio B
HSCB = Hora de salida de consulta en consultorio B

Definido por las siguientes representaciones matemáticas:

$$HAP = DAP/P-1 + HAP-1 \quad (1)$$

$$HSCA = HECA + DCA \quad (2)$$

$$HSCB = HECB + DCB \quad (3)$$

$$HECP = \text{Mayor valor entre HAP y HSCA y HSCB} \quad (4)$$

$$HSCP = HECP + DCP \quad (5)$$

$$TEP = HECP - HAP \quad (6)$$

Cuando un paciente llega, debe asignarse al consultorio con menor tiempo de espera proyectado:

$$\text{Si } HSCA \leq HSCB; \text{ Asignar paciente a A, actualizar HECA=HECP, DCA=DCP} \quad (7)$$

$$\text{Si } HSCB < HSCA; \text{ Asignar paciente a B, actualizar HECB=HECP, DCB=DCP} \quad (8)$$

3.3.2 Elaborar un modelo de simulación con 2 consultorios

Tal como el modelo con un consultorio, se realizó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, el modelo de simulación con dos consultorios médicos (Ver Figura 13)

Consultorio Médico											
Tiempo promedio en la línea de espera							00:03:22				
No. Cliente	Diferencia entre arribo	Hora de arribo	Tiempo de arribo (acumulado)	Hora de entrada al consultorio	Hora de salida del consultorio	Tiempo de Servicio		¿Quién atiende?	Tiempo de Fin de Servicio		Tiempo de espera
						Doctor A	Doctor B		Servidor A	Servidor B	
1		09:00:00	09:00:00	09:30:00	09:30:00	00:23:23	00:00:00	A	09:53:23 a. m.	12:00:00 a. m.	00:30:00
2	00:21:01		09:21:01	09:30:00	09:30:00	00:00:00	00:14:24	B	12:00:00 a. m.	09:44:24 a. m.	00:08:59
3	00:17:25		09:38:26	09:44:24	09:44:24 a. m.	00:00:00	00:24:42	B	12:00:00 a. m.	10:09:06 a. m.	00:05:58
4	00:05:01		09:43:27	09:44:24	09:44:24 a. m.	00:12:38	00:00:00	A	09:57:02 a. m.	12:00:00 a. m.	00:00:57
5	00:08:50		09:52:17	09:57:02	09:57:02 a. m.	00:24:14	00:00:00	A	10:21:17 a. m.	12:00:00 a. m.	00:04:46

Figura 13: Modelo con dos consultorios médicos

A diferencia del primer modelo, en este caso se agregaron las variables Doctor 1 (Doctor A en la figura 13) y Doctor 2 1 (Doctor B en la figura 13) por tiempo de servicio y tiempo fin de este. Considerando que ahora se tendrán dos consultorios.

Tiempo de servicio del Doctor 1 (Doctor A en la figura 14) y del Doctor 2 (Doctor B en la figura 14): Indica el tiempo que el Doctor A tardó en atender a su paciente. En este caso, se considera un número aleatorio entre el tiempo máximo y el mínimo de consulta, considerando el consultorio que atiende (Ver Figura 14).

Tiempo de Servicio		
Doctor A	Doctor B	¿Quién atiende?
=SI(J7="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J7="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	A
=SI(J8="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J8="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	B
=SI(J9="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J9="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(K7+K8>L7+L8, "B", "A")
=SI(J10="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J10="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(K8+K9>L8+L9, "B", "A")

Figura 14: Formula en la hoja de cálculo de variable Doctor A y B

Hora de finalización del servicio de cada oficina: Estas fórmulas están diseñadas para simular el tiempo de fin de servicio con dos consultorios. La fórmula considerada si el servidor está libre (valor anterior igual a 0) y calculando el tiempo de fin sumando el inicio de atención con el tiempo de servicio (Ver Figura 15).

Hora de salida del consultorio	Tiempo de Servicio			Tiempo de Fin de Servicio	
	Doctor A	Doctor B	¿Quién atiende?	Servidor A	Servidor B
=F7	=SI(J7="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J7="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	A	=SI(H7=0,0,G7+H7)	=SI(I7=0,0,G7+I7)
=F8	=SI(J8="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J8="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	B	=SI(H8=0,0,G8+H8)	=SI(I8=0,0,G8+I8)
=SI(E9>F9,E9,F9)	=SI(J9="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J9="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(K7+K8>L7+L8, "B", "A")	=SI(H9=0,0,G9+H9)	=SI(I9=0,0,G9+I9)
=SI(E10>F10,E10,F10)	=SI(J10="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J10="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(K8+K9>L8+L9, "B", "A")	=SI(H10=0,0,G10+H10)	=SI(I10=0,0,G10+I10)
=SI(E11>F11,E11,F11)	=SI(J11="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J11="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(K9+K10>L9+L10, "B", "A")	=SI(H11=0,0,G11+H11)	=SI(I11=0,0,G11+I11)
=SI(F12>F12,F12,F12)	=SI(J12="A", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(J12="B", \$Q\$5+(\$Q\$4-\$Q\$5)*(ALEATORIO()),0)	=SI(K10+K11>L10+L11, "B", "A")	=SI(H12=0,0,G12+H12)	=SI(I12=0,0,G12+I12)

Figura 15: Formula en la hoja de cálculo de variable Tiempo de fin de servicio A y B

Se agregó, también la variable: ¿Quién atiende? Esta variable se añadió para determinar a qué consultorio acudirá el paciente.

Los dos primeros datos se ingresaron de forma arbitraria: A para el paciente 1 y B para el paciente 2. En el resto de los datos, se introdujo una fórmula condicional para que la casilla se rellene con el consultorio correspondiente (Ver Figura 16).

¿Quién atiende?	Tiempo de Fin de Servicio	
	Servidor A	Servidor B
A	=SI(H7=0,0,G7+H7)	=SI(I7=0,0,G7+I7)
B	=SI(H8=0,0,G8+H8)	=SI(I8=0,0,G8+I8)
=SI(K7+K8>L7+L8,"B","A")	=SI(H9=0,0,G9+H9)	=SI(I9=0,0,G9+I9)
=SI(K8+K9>L8+L9,"B","A")	=SI(H10=0,0,G10+H10)	=SI(I10=0,0,G10+I10)
=SI(K9+K10>L9+L10,"B","A")	=SI(H11=0,0,G11+H11)	=SI(I11=0,0,G11+I11)

Figura 16: Formula en la hoja de cálculo de variable ¿Quién atiende?

Capítulo 4: Resultados obtenidos

4.1 Paso 6: Analizar experimentos

A continuación, se desarrolla la parte final del paso 6 de la metodología de M. Law. Descrita en el apartado 2.5 de este documento, donde se exponen los resultados obtenidos tras la ejecución del modelo de simulación con dos consultorios.

Al igual que en el modelo anterior, se realizó una simulación de 1,000 iteraciones y un análisis estadístico descriptivo. Se observó que el tiempo de espera se redujo a un promedio de 16 minutos (ver Figura 17).

<i>Promedio de espera</i>	
Media	00:16:21
Error típico	00:00:19
Mediana	00:13:31
Moda	#N/D
Desviación estándar	00:10:01
Varianza de la muestra	00:00:04
Curtosis	17:52:05
Coefficiente de asimetría	19:21:42
Rango	01:16:30
Mínimo	00:02:40
Máximo	01:19:10
Suma	08:22:03
Cantidad	00:00:00
Mayor (1)	01:19:10
Menor (1)	00:02:40
Nivel de confianza (95%)	00:00:37

Figura 17: Estadística descriptiva de 1000 iteraciones modelo con 2 consultorios

Con base en la estadística descriptiva, se obtienen las siguientes conclusiones:

- A partir de los resultados obtenidos se concluye que el tiempo promedio de espera es de aproximadamente 16 minutos, con una alta variabilidad reflejada en una desviación estándar de 10 minutos. La mediana (13:31) es menor a la media, lo cual indica una asimetría positiva, confirmada por el elevado coeficiente de asimetría (19:21:42).
- La distribución presenta una curtosis extremadamente alta (17:52:05), lo que sugiere que es altamente leptocúrtica: concentra la mayoría de los valores cerca del centro, pero con colas muy largas, es decir, existen varios valores extremos muy altos que afectan la forma de la distribución.

- A pesar de esta dispersión, el error típico es muy bajo (19 segundos) y el intervalo de confianza al 95% es estrecho (alrededor de 37 segundos), lo que indica que la estimación de la media es estadísticamente confiable.

En conclusión, el modelo representa adecuadamente la media de los tiempos de espera, pero la presencia de múltiples valores atípicos elevados debe ser considerada en la toma de decisiones operativas, especialmente si se busca mejorar la equidad o la percepción del servicio por parte de los pacientes.

Al analizar el diagrama de Pareto, existe una probabilidad del 77,50 % de que los pacientes sean atendidos antes de los 20 minutos (ver Figura 18).

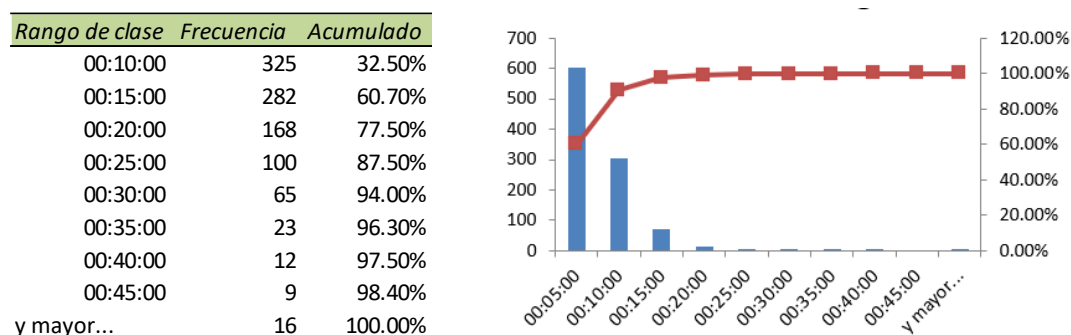


Figura 18: Modelo con dos consultorios médicos

La simulación generó datos que respaldan que la incorporación de un segundo consultorio médico en horario matutino reduciría los tiempos de espera (con un promedio de 16:21 minutos), mejorando así el tiempo de atención y reduciendo la pérdida de pacientes. Dado que la farmacia no contrata médicos, un segundo médico no representaría un costo adicional, por lo que optar por esta opción resultaría rentable para la farmacia. Por lo tanto, abrir un segundo consultorio médico es viable y aportaría valor a la farmacia.

Capítulo 5: Conclusiones y evaluaciones

La competitividad es un factor crucial para el éxito de cualquier negocio; hoy en día, la capacidad de tomar decisiones precisas con rapidez es un factor importante para lograr la competitividad que requiere el mercado. La simulación permite precisamente eso. Sin embargo, no todos los problemas pueden resolverse mediante simulación; en algunos casos, el uso de la herramienta puede resultar excesivo. Si bien la simulación tiene ventajas, también tiene limitaciones.

Como regla general, se considera que la simulación es adecuada cuando se cumplen los siguientes criterios:

- Se toma una decisión operativa (lógica o cuantitativa).
- El proceso analizado está bien definido y es repetitivo.
- Las actividades y los eventos son interdependientes y variables.
- El impacto del coste de la decisión es mayor que el coste de ejecutar la simulación.
- El coste de experimentar en el sistema real es mayor que el coste de la simulación.

Este caso de estudio demostró la utilidad de las herramientas de simulación y la estadística descriptiva para la toma de decisiones en una MIPYME. Si bien es cierto que la simulación es una metodología que podría resultar costosa para sistemas complejos, también es cierto que es una herramienta poderosa que permite reducir los riesgos en la toma de decisiones. Por lo tanto, en el caso de "La Farmacia", al ser un sistema que no presenta un gran número de variables ni requiere un número complejo de iteraciones, no es costoso, por lo que es factible aplicar esta metodología para resolver el problema planteado.

Sin embargo, este estudio se limitó a la evaluación de los ingresos y pérdidas actuales de "La Farmacia", dejando de lado los costos y la evaluación estructural que implicaría la implementación real de un segundo consultorio médico. Este estudio dio pie a contemplar estos costos a futuro para hacer una evaluación más realista, además de mejorar la recolección de información, ya que en este caso los datos se recolectaron observando las grabaciones diarias de las cámaras de video, lo que representa una gran inversión de tiempo.

En el futuro, se planea la implementación de un segundo consultorio médico. El estudio se realizará nuevamente y se evaluará el tiempo de espera con el cambio. Tras verificar que se redujeron las pérdidas y mejoraron las ganancias de "La Farmacia", se difundirá el estudio para que los propietarios de las MIPYMES conozcan mejor la utilidad de estas herramientas para la toma de decisiones.

La simulación utilizada en este trabajo fue la Simulación de Montecarlo, un enfoque seleccionado debido a las características de los consultorios médicos anexo con las farmacias. En caso de necesitar un diseño con más de dos consultorios médicos, la simulación de eventos discretos (DES,

por sus siglas en inglés) es una mejor opción. Investigaciones futuras podrían comparar el enfoque de la Simulación de Montecarlo con el DES. Además, se podría evaluar la incluso de inteligencias artificiales para la automatización de modelos de simulación.

Referencias

Bibliografía

1. Abdoli, M., Bahadori, M., Ravangard, R., Babaei, M., & Aminjarahi, M. (2021). Comparación de dos políticas de programación de citas mediante simulación de eventos discretos. *Gestión de la Calidad en el Cuidado de la Salud*, 30(2), 112–120. <https://doi.org/10.1097/qmh.00000000>
2. Bautista-Arredondo, S., Vargas-Flores, A., Moreno-Aguilar, L. A., & Colchero, M. A. (2023). Utilización de servicios de salud en México: cascada de atención primaria en 2022. *Salud Pública de México*, 65, s15–s22. <https://doi.org/10.21149/14813>
3. Findlay, M., & Grant, H. (2011). Aplicación de simulación de eventos discretos en una clínica ambulatoria con llegadas en grupo. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 1166–1177. <https://doi.org/10.5555/2431518.2431657>
4. Günal, M. M., & Pidd, M. (2010). Simulación de eventos discretos para modelado del desempeño en el cuidado de la salud: una revisión de la literatura. *Journal of Simulation*, 4(1), 42–51. <https://doi.org/10.1057/jos.2009.25>
5. Law, A. M. (2019). Cómo construir modelos de simulación válidos y creíbles. *Proceedings of the Winter Simulation Conference* (pp. 1402–1414). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WSC40007.2019.9004789>
6. Valipoor, S., Hatami, M., Hakimjavadi, H., Akçalı, E., Swan, W. A., & De Portu, G. (2021). Estrategias de diseño basadas en datos para abordar la congestión y la espera en un departamento de emergencias: un estudio de simulación de eventos discretos. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 14(2), 161–177. <https://doi.org/10.1177/1937586720969933>
7. Vahdat, V., Namin, A. T., Azghandi, R., & Griffin, J. (2019). Mejora de la oportunidad de atención al paciente mediante un diseño eficiente del layout de clínicas ambulatorias usando simulación basada en datos y optimización. *Health Systems*, 8(3), 162–183. <https://doi.org/10.1080/20476965.2018.1561160>

Páginas de internet

8. Data México. (s.f.). Nezahualcóyotl: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/nezahualcoyotl>
9. Franquicias. (s.f.). Franquicia Farmacias GI. <https://www.100franquicias.com.mx/franquicias/farmacias/farmacias-gi/Franquicia-farmacias-gi-negocio.htm>
10. Moran, M. (2020, 17 de junio). Salud – Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>

11. Morse, J. (2018, 19 de octubre). México: El problema de la atención médica barata en México. The Nation. <https://www.thenation.com/article/mexicos-discount-healthcare-problem/>
12. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Salud y derechos humanos. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/human-rights-and-health>