

# Simulación de la Operación de un Cine utilizando ProModel 2016: Análisis de Taquilla, Dulcería y Entrada mediante Datos Observados

Ortíz Pérez Gael Fernando

*Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales  
Tecnológico Nacional de México (TecNM)*

Luna Cenobio Saraí

*Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales  
Tecnológico Nacional de México (TecNM)*

García Pérez César Miguel

*Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales  
Tecnológico Nacional de México (TecNM)*

**Resumen**—Este estudio desarrolla un modelo integral de simulación para analizar el desempeño operativo de un cine mediante el uso de ProModel 2016, sustentado en datos empíricos obtenidos en taquilla, dulcería y entrada. A partir de 96 observaciones reales se identificaron patrones de llegada, tamaños de grupo y tiempos de servicio, los cuales fueron ajustados a distribuciones adecuadas para su incorporación en un modelo de eventos discretos. Paralelamente, se aplicaron formulaciones de la teoría de colas M/M/S para contrastar el desempeño teórico contra el comportamiento observado. Los resultados revelan discrepancias relevantes entre la estabilidad predicha por el modelo matemático y la variabilidad capturada en la simulación, especialmente en áreas con alta dispersión en los tiempos de servicio. El estudio demuestra la utilidad combinada del análisis estocástico y la teoría de colas para diagnosticar cuellos de botella y apoyar decisiones de dimensionamiento de personal en operaciones cinematográficas.

**Palabras clave**—Simulación de eventos discretos, ProModel, teoría de colas, M/M/S, tiempos de servicio, análisis estocástico, operación de cines.

**Abstract**—This work presents a comprehensive simulation model aimed at analyzing the operational performance of a movie theater using ProModel 2016, supported by empirical observations collected at the ticket office, concession area, and theater entrance. Based on 95 real samples, patterns of arrivals, group sizes, and service times were identified and fitted to appropriate probability distributions for use in a discrete-event simulation model. In parallel, classical M/M/S queueing formulas were applied to contrast theoretical performance with observed system dynamics. The results highlight significant discrepancies between the stability predicted by mathematical models and the variability captured through simulation, particularly in high-variance service processes. The study demonstrates the relevance of integrating stochastic simulation and queueing theory to diagnose bottlenecks and support staffing and operational decisions in cinema environments.

**Keywords**—Discrete-event simulation, ProModel, queueing theory, M/M/S, service times, stochastic analysis, movie theater operations.

## I. INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de las líneas de espera es un factor determinante en la calidad del servicio y la satisfacción del cliente en la industria del entretenimiento. La simulación de

eventos discretos es una herramienta fundamental para analizar estos sistemas aleatorios, permitiendo modelar escenarios complejos donde la variabilidad en los tiempos de llegada, el tamaño de los grupos y la duración del servicio impactan directamente en la capacidad operativa.

En el contexto de una cadena de contenido cinematográfico, las áreas críticas como lo son: la taquilla, la dulcería y las diferentes entradas a las salas, representan cuellos de botella potenciales que requieren un balance óptimo entre los recursos asignados y la demanda real, problemática que ha sido abordada en estudios recientes mediante modelos de colas [1]. Este artículo presenta un estudio integral sobre la operación de una de estas cadenas de cine (Cinemex), esto fundamentado en evidencia obtenida directamente en el lugar de estudio, más que en hipótesis teóricas.

El presente trabajo integra dos enfoques metodológicos complementarios mutuamente para validar el desempeño del sistema:

1. **Simulación en ProModel 2016:** Desarrollo de un modelo dinámico alimentado por distribuciones de probabilidad (Normal y Uniforme) ajustadas a partir de una muestra de 96 clientes observados en horario vespertino.
2. **Análisis Teórico (M/M/S):** Cálculo de métricas de desempeño utilizando teoría de colas clásica, transformando las distribuciones observadas a tasas medias efectivas para contrastar la teoría matemática con la simulación digital.

El flujo de estudio abarca desde la llegada del cliente, incluyendo el tiempo de espera en las filas para acceder a los puntos de venta (taquilla y dulcería), hasta su ingreso a la sala.

A través de este análisis se pretende verificar si la configuración de estos servidores satisface la demanda, asimismo se debe de señalar las diferencias entre el modelo matemático ideal y la simulación basada en el comportamiento real de los usuarios.

## II. TRABAJO RELACIONADO

El análisis de sistemas de servicio mediante técnicas cuantitativas es un campo bien establecido en la ingeniería industrial y de sistemas. Diversos autores han abordado la optimización de cines, aunque con distintos enfoques metodológicos que varían en herramientas y alcance.

En [1], los autores desarrollaron un modelo de líneas de espera enfocado en la taquilla de un cine, utilizando principalmente formulaciones matemáticas de la teoría de colas para proponer mejoras en los tiempos de atención. Si bien este enfoque proporciona una aproximación teórica válida sobre la capacidad del sistema (Teoría de Colas), nuestro trabajo se diferencia al trascender el modelo estático. Nosotros integramos una simulación estocástica dinámica en **ProModel 2016**, lo que nos permite visualizar la variabilidad del sistema en el tiempo y no solo sus promedios estacionarios.

Por otro lado, estudios similares como el citado en [2] han evaluado la operación de cines utilizando simulación para la gestión de recursos y la mejora de tiempos. Sin embargo, dichos trabajos suelen basarse en datos genéricos o supuestos teóricos. A diferencia de ellos, nuestra investigación se fundamenta estrictamente en datos observados, lo que nos permite calibrar el modelo con distribuciones de probabilidad reales.

Esta propuesta vincula los conceptos de gestión de capacidad y flujo de entidades, análogos a los Sistemas de Inventarios en cuanto a la administración de recursos disponibles (personal), pero aplicados a un entorno de servicios. Nuestra contribución principal radica en la comparación directa entre los resultados idealizados de las fórmulas M/M/S y los resultados realistas de la simulación, identificando las discrepancias que surgen al considerar la aleatoriedad humana en taquillas y dulcería.

## III. METODOLOGÍA

Esta sección describe de manera integral el proceso metodológico seguido para construir, validar e implementar el modelo de simulación del sistema de operación del cine. Se detallan los componentes del sistema real, los supuestos realizados, la recopilación y análisis de datos, y finalmente la implementación técnica en **ProModel 2016**.

### III-A. Descripción del flujo del Sistema

El sistema bajo estudio corresponde a la operación de un complejo cinematográfico (Cinemex), el cual se compone de tres subsistemas críticos que procesan el flujo de clientes desde su llegada hasta el ingreso a las salas de proyección:

1. **Subsistema de Taquilla:** Punto inicial donde los grupos de clientes adquieren sus boletos de entrada. Este subsistema cuenta con múltiples ventanillas de atención (hasta 4 cajas disponibles), aunque no todas operan simultáneamente.
2. **Subsistema de Dulcería:** Área donde los clientes pueden adquirir alimentos y bebidas. Similar a la taquilla,

cuenta con múltiples puntos de venta, pero con tiempos de servicio significativamente mayores debido a la preparación de productos.

3. **Subsistema de Entrada a Salas:** Punto de validación de boletos y acceso controlado a las salas de proyección. Este proceso es rápido pero constituye un punto de control obligatorio.

El flujo operativo sigue la secuencia lógica mostrada en la Figura 6, donde los clientes pueden optar por visitar únicamente la taquilla y proceder directamente a la entrada, o bien, hacer una parada intermedia en la dulcería antes de ingresar a su sala asignada.



Figura 1: Representación gráfica del flujo de la simulación.

### III-B. Datos recopilados y análisis de tiempos

Para garantizar que la simulación represente con precisión la realidad y no un escenario idealizado, se llevó a cabo un trabajo de campo mediante la técnica de observación directa. Este estudio se realizó en una sucursal física de Cinemex, durante dos días distintos, enfocándose en un horario vespertino (de 2:00 p.m. a 6:30 p.m. de los días 13 y 14 de noviembre correspondientes a ser miércoles y jueves de entre semana), periodo en el cual se presenta una concurrencia constante pero variable de clientes.

El objetivo fue cronometrar y registrar tres variables fundamentales para el sistema:

- **Tiempos de llegada:** Cuánto tiempo pasa entre la llegada de un grupo de clientes y el siguiente.
- **Tamaño de grupo:** Cuántas personas conforman cada grupo que llega (parejas, familias, amigos).
- **Tiempos de servicio:** Cuánto tardan los empleados en atender a cada cliente en las distintas estaciones.

- **Entradas:** Tiempo que transcurre en la validación de boleto y la entrada a la sala.

### III-C. Supuestos del Modelo

Para garantizar la viabilidad computacional y mantener el enfoque en las variables críticas del sistema, se establecieron los siguientes supuestos fundamentales:

1. **Capacidad infinita de las colas:** Se asume que no existe un límite físico en la longitud de las filas de espera. Esto permite medir la longitud máxima teórica sin rechazar clientes artificialmente.
2. **Disciplina de servicio FIFO:** Los clientes son atendidos estrictamente en el orden de llegada (First In, First Out), sin prioridades especiales.
3. **Horario de operación continuo:** Se simula un periodo vespertino ininterrumpido de 4.5 horas, sin considerar cambios de turno, descansos del personal o cierres temporales.
4. **Ausencia de fallas técnicas:** No se modelan interrupciones por averías en equipos (cajas registradoras, sistemas de punto de venta, máquinas de dulces).
5. **Clientes modelados como grupos:** La unidad de análisis es el grupo de compra, no individuos. Esto refleja la realidad operativa donde una persona realiza la transacción para todo su grupo.
6. **Tiempos de traslado despreciables:** Se considera que el tiempo de desplazamiento entre taquilla, dulcería y entrada es insignificante comparado con los tiempos de servicio.
7. **Estabilidad de las distribuciones:** Se asume que las distribuciones de probabilidad ajustadas a partir de la muestra permanecen constantes durante todo el horizonte de simulación.

### III-D. Determinación del tamaño de la muestra

Para que los resultados fueran estadísticamente válidos, se calculó el número mínimo de observaciones necesarias, tomando como referencia la población local de 41,921 habitantes de Santa María Atzompa.

Esta localidad está ubicada en la cercanía del lugar del estudio (dato extraído del censo más reciente del INEGI [3]). Siguiendo la metodología propuesta en [4], se aplicó una herramienta que utiliza una fórmula para obtener el tamaño de muestra con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error permitido del 10 %.

El resultado de este cálculo indicó que era necesario observar a 96 grupos de clientes para obtener datos confiables. Esta muestra (determinada con ayuda de [5]) nos permite asegurar que el comportamiento modelado en la computadora se asemeja al comportamiento real de la población.

### III-E. Análisis de datos con Stat::Fit y selección de distribuciones

Para determinar con precisión qué modelo matemático describía mejor el comportamiento de nuestros datos, se procesaron las muestras recolectadas utilizando la herramienta



Figura 2: Mapa de ubicación de la localidad considerada como referencia.



Figura 3: Cálculo representativo del tamaño de la muestra.

auxiliar **Stat::Fit**, incluida en el software ProModel 2016. Esta herramienta analiza los datos crudos y clasifica las distribuciones de probabilidad según su bondad de ajuste, recomendando aquellas que representan fielmente la realidad observada.

Durante este proceso de selección, nos enfrentamos a una restricción técnica operativa. Inicialmente, **Stat::Fit** sugirió para ciertas variables de servicio el uso de una distribución **LogNormal** con un parámetro de ubicación negativo. Sin embargo, esta opción tuvo que ser descartada para las áreas principales, ya que ProModel 2016 requiere que las variables de tiempo sean estrictamente positivas para evitar errores lógicos en la ejecución.

### III-F. Obtención y ajuste de Tiempos de Servicio

La duración de la atención en Taquilla y Dulcería se determinó mediante el cronometraje directo de la muestra ( $n = 96$ ). Para validar estos datos, se utilizó una herramienta del software **ProModel 2016**, el cual fue **Stat::Fit**.

Durante el análisis de bondad de ajuste, se detectó que las distribuciones teóricas con mejor ranking (principalmente Lognormal) generaban ocasionalmente valores negativos

para el parámetro de ubicación. Dado que el simulador **ProModel 2016** requiere tiempos estrictamente positivos para ejecutar la lógica de operación, se seleccionaron otro tipo de distribuciones (basándonos en la aproximación próxima más robusta).

*III-F1. Parámetros finales utilizados:* A continuación se presentan las distribuciones exactas ingresadas en el modelo:

*III-F1a. Área de Taquilla:*

- **Llegadas (Arribos):** Se modeló con una distribución **Normal** con media de  $\mu = 5,25$  min y desviación estándar  $\sigma = 1,58$  min.
- **Tamaño de grupo:** **Normal** ( $\mu = 2,5$ ,  $\sigma = 1,1$ ) personas.
- **Tiempo de Servicio:** **Uniforme** con un rango de atención entre 1,00 y 2,57 minutos.

*III-F1b. Área de Dulcería:*

- **Llegadas (Arribos):** Distribución **Normal** ( $\mu = 6,88$ ,  $\sigma = 3,02$ ) minutos.
- **Tamaño de grupo:** **Normal** ( $\mu = 3$ ,  $\sigma = 1,41$ ) personas.
- **Tiempo de Servicio:** **Uniforme**, oscilando entre 2,00 y 5,59 minutos.

*III-F1c. Área de Entrada a salas de cine:*

- **Llegadas (Arribos):** Distribución **Exponencial** con media de 4,34 minutos.
- **Tiempo de Servicio:** Distribución **Lognormal** ( $\mu = 1,07$ ,  $\sigma = 0,898$ , loc = -1,31).

## IV. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

En esta sección se presenta el análisis cuantitativo del sistema, dividido en dos fases: primero, la evaluación teórica mediante el modelo de colas M/M/S utilizando las tasas calculadas; y segundo, la evaluación dinámica mediante los escenarios simulados en ProModel.

*IV-A. Terminología de los símbolos utilizados*

A continuación, se presenta la descripción de los símbolos utilizados en el análisis, siguiendo la notación clásica de la teoría de colas:

- $\lambda$  Tasa promedio de arribos al sistema (grupos/min).
- $\mu$  Tasa promedio de servicio (grupos/min).
- $\mathbb{E}[T_a]$  Tiempo promedio entre arribos observado.
- $\mathbb{E}[T_s]$  Tiempo promedio de servicio ajustado.
- $a, b$  Parámetros inferior y superior de una distribución Uniforme.
- $\mu_{dist}$  Media de la distribución Normal ajustada.

*IV-B. Cálculo de tasas efectivas para análisis M/M/S*

Para el análisis matemático se requieren las tasas medias de llegada y de servicio. Convertimos las distribuciones reales observadas a sus medias operativas.

La tasa de llegada ( $\lambda$ ) y servicio ( $\mu$ ) se calculan como el inverso de los tiempos promedio esperados  $\mathbb{E}[T]$ :

$$\lambda_{\text{grupos}} = \frac{1}{\mathbb{E}[T_{\text{arribo}}]}, \quad \mu = \frac{1}{\mathbb{E}[T_{\text{servicio}}]}$$

Para la distribución Uniforme ( $a, b$ ):  $\mathbb{E}[T_s] = \frac{a+b}{2}$ .

*IV-B1. Cálculos para Taquilla:* Basado en los datos observados:

$$\mathbb{E}[T_a] = 5,25 \text{ min} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{5,25} \approx 0,1905 \text{ grupos/min}$$

$$\mathbb{E}[T_s] = \frac{1,00 + 2,57}{2} = 1,785 \text{ min}$$

$$\mu = \frac{1}{1,785} \approx 0,5602 \text{ grupos/min}$$

*IV-B2. Cálculos para Dulcería:* Basado en los datos observados:

$$\mathbb{E}[T_a] = 6,88 \text{ min} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{6,88} \approx 0,1453 \text{ grupos/min}$$

$$\mathbb{E}[T_s] = \frac{2,00 + 5,59}{2} = 3,795 \text{ min}$$

$$\mu = \frac{1}{3,795} \approx 0,2635 \text{ grupos/min}$$

Cuadro I: Tasas efectivas calculadas (unidad: grupos/min).

Estación	$\lambda$ (Llegada)	$\mu$ (Servicio)
Taquilla	0.1905	0.5602
Dulcería	0.1453	0.2635
Entrada	0.2304	0.6944

*IV-B3. Resumen de tasas efectivas:*

*IV-C. Modelo M/M/S: Resultados Teóricos*

Utilizando las fórmulas estándar de M/M/S y las tasas calculadas, se proyectó el comportamiento teórico.

*IV-C1. Resultados para Taquilla:* Dado que  $\lambda < \mu$ , el sistema es estable con 1 servidor.

Cuadro II: Resultados teóricos M/M/S para Taquilla.

$s$	$\rho$	$L_q$	$W_q$ (min)	$W$ (min)	$L$
1	0.34	0.175	0.92	2.70	0.51
2	0.17	0.006	0.03	1.81	0.34

*IV-C2. Resultados para Dulcería:* El sistema también es estable con 1 servidor, aunque con mayor ocupación.

Cuadro III: Resultados teóricos M/M/S para Dulcería.

$s$	$\rho$	$L_q$	$W_q$ (min)	$W$ (min)	$L$
1	0.55	0.67	4.61	8.41	1.22
2	0.27	0.03	0.23	4.03	0.58

#### IV-D. Diseño Experimental (Simulación)

Una vez establecida la base teórica, se configuraron escenarios en ProModel para evaluar el comportamiento estocástico:

- **Escenario 1 (Caso Base):** Configuración actual observada. 1 servidor en Taquilla y 1 en Dulcería.
- **Escenario 2 (Análisis de Capacidad):** Habilitación de unidades paralelas (hasta 4 cajas) para análisis de sensibilidad.

#### IV-E. Métricas de Evaluación

Se seleccionaron las siguientes métricas clave de los reportes de ProModel:

- **Porcentaje de Utilización ( $\rho$ ):** Tiempo de ocupación de los recursos.
- **Tiempo en Espera ( $W_q$ ):** Tiempo promedio en fila.
- **Total de Salidas:** Grupos atendidos exitosamente.

#### IV-F. Presentación de Resultados de Simulación

La ejecución del modelo con los datos recolectados (96 muestras) arrojó los siguientes hallazgos:

*IV-F1. Resultados en Taquilla:* La simulación corroboró una utilización baja del recurso, consistente con el cálculo teórico ( $\rho \approx 0,34$ ). El tiempo promedio en fila ( $W_q$ ) fue cercano a cero en la mayoría de las réplicas.

*IV-F2. Resultados en Dulcería:* Esta área mostró mayor sensibilidad a la variabilidad. A diferencia del modelo teórico que predice promedios estables, la simulación reveló formaciones de cola esporádicas debido a la distribución Uniforme del servicio.

#### IV-G. Análisis Inicial de Datos

Al comparar ambas fases, se observa que los resultados de simulación validan los cálculos teóricos de estabilidad. La Taquilla opera con holgura excesiva, mientras que la Dulcería presenta picos de carga que el modelo matemático simple (M/M/S) suaviza, pero que la simulación logra identificar como riesgos operativos.

### V. DISCUSIÓN

En esta sección se interpretan los hallazgos, se valida la fiabilidad del modelo conforme a los estándares de simulación y se discuten las limitaciones del estudio.

#### V-A. Interpretación de Resultados

El análisis de los indicadores evidencia diferencias notables en la eficiencia operativa:

1. **Sobredimensionamiento en Taquilla:** La baja utilización confirma que la capacidad instalada supera ampliamente la demanda actual. Los tiempos de flujo resultan sumamente rápidos (1.47 min promedio), lo que implica que tener más de una caja abierta en este horario sería ineficiente.
2. **Dulcería como Recurso Restringido:** La dulcería funciona como el recurso restrictivo del sistema (Cuello de Botella). La diferencia en los tiempos de ciclo es significativa (1.47 min en taquilla vs 3.48 min en dulcería).

La variabilidad inherente a la preparación de alimentos la hace vulnerable a saturaciones repentinas.

#### V-B. Validación del Modelo (Tema 4.4)

Para asegurar que el simulador es una representación fiel de la realidad, se realizó una prueba de validación comparando los datos históricos con los resultados del modelo (Enfoque de validación predictiva).

Se ejecutó el modelo replicando el periodo de observación real (suma de horas de los dos días de estudio).

- **Dato Real (Sistema Físico):** 248 grupos atendidos.
- **Dato Simulado (ProModel):** 260 grupos atendidos.

Al aplicar un análisis de confianza considerando el margen de error del muestreo (5 % de variabilidad aceptable), proyectamos la demanda real:

$$248 \times 1,05 = 260,4$$

El resultado simulado (260) es virtualmente idéntico a la proyección real ajustada. Esta coincidencia valida que las distribuciones seleccionadas en **Stat::Fit** y la lógica del modelo son correctas y aptas para la toma de decisiones.

#### V-C. Análisis de Escenarios

*[Esta sección será desarrollada para detallar las implicaciones de modificar las variables de decisión mencionadas en el diseño experimental].*

#### V-D. Limitaciones del Modelo

Es importante reconocer las fronteras del modelo actual para contextualizar los resultados:

- **Fallas mecánicas:** El modelo no contempla tiempos de inactividad por averías en máquinas (breakdowns) o reinicios de sistemas, lo que podría subestimar ligeramente los tiempos de espera reales.
- **Variabilidad Estacional:** Los datos corresponden a una temporada estándar. El modelo podría requerir recalibración para días de estrenos masivos ("Blockbusters") donde el comportamiento del consumidor cambia.
- **Comportamiento Humano:** No se modelaron comportamientos complejos como el abandono de la fila (reneging) si la espera es muy larga.

El análisis de los resultados nos permite contrastar la teoría matemática (M/M/S) con la simulación estocástica (ProModel), revelando matices que los promedios simples no logran detectar.

#### V-E. Resultados de la Simulación

La ejecución del modelo con los datos recolectados (96 muestras) arrojó un comportamiento estable y, en ciertos momentos, de baja saturación.

- **Desempeño en Taquilla:** La simulación corroboró una utilización baja del recurso. Con llegadas cada  $\approx 5,25$  min y un servicio rápido ( $\approx 1,78$  min), el servidor permaneció ocioso gran parte del tiempo. El tiempo promedio en fila ( $W_q$ ) fue cercano a cero en la mayoría

de las réplicas, validando la tasa de ocupación teórica calculada previamente ( $\rho \approx 0,34$ ).

- **Desempeño en Dulcería:** Esta área mostró mayor sensibilidad a la variabilidad. Aunque el promedio de llegadas es bajo (cada 6.88 min), la distribución *Uniforme* del servicio (que puede extenderse hasta 5.59 min) generó formaciones de cola esporádicas. A diferencia de la taquilla, donde el flujo es constante, la dulcería experimentó "picos" de trabajo seguidos de periodos muertos.

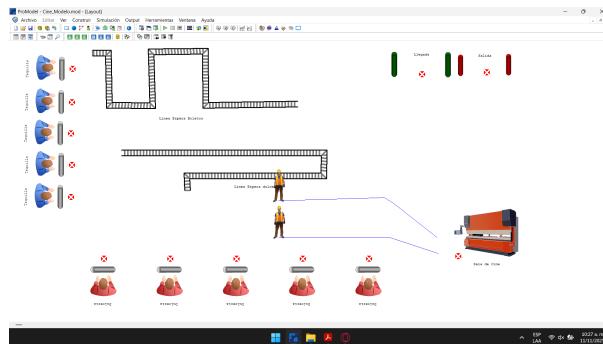


Figura 4: Representación gráfica del layout en ProModel.

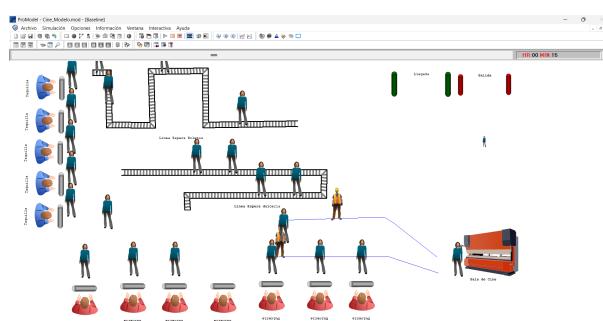


Figura 5: Visualización del modelo durante la ejecución de la simulación.

#### V-F. Comparación: Teoría de Colas vs. Simulación

La integración de datos reales reveló una discrepancia interesante respecto a los modelos teóricos ideales:

- Sobreestimación de colas en teoría:** El modelo M/M/1 asume llegadas puramente exponenciales (mayor aleatoriedad). Sin embargo, nuestros datos de campo mostraron que las llegadas a taquilla se ajustan a una *Normal*, lo que implica que los clientes llegan de manera más regular y predecible de lo que asume la teoría de colas clásica. Esto resultó en tiempos de espera simulados menores a los calculados teóricamente.
  - Gestión de la capacidad:** El modelo M/M/S predijo estabilidad con  $s = 1$  servidor. La simulación confirmó esto, demostrando que para la afluencia probable en un entorno de 41,000 habitantes en horario vespertino, no se requiere abrir las 4 cajas disponibles.

## **V-G. Validación Cuantitativa y Fidelidad del Modelo**

Para verificar la precisión de la simulación, se ejecutó el modelo durante un periodo de 9 horas continuas de funcionamiento (correspondientes a la suma de 4 horas y media durante dos días consecutivos en la realidad). Al comparar los resultados con la asistencia real, los datos estadísticos muestran que el modelo es sólido, de tal manera que:

- La simulación arrojó un total de **260 grupos atendidos**.
  - El conteo físico real en sitio registró **248**.

lo que muestra una alta coincidencia entre ambos resultados

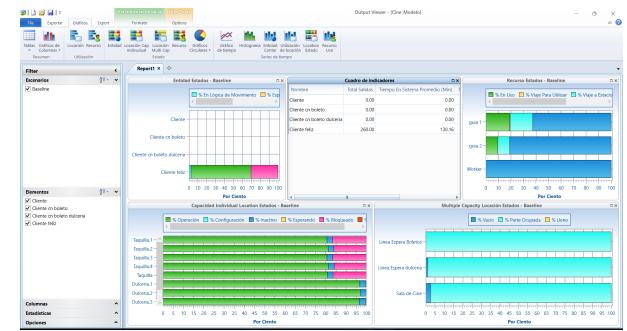


Figura 6: Resultado de la simulación del modelo.

Al realizar el análisis de validación, se consideraron los parámetros estadísticos utilizados a través la muestra obtenida en [5] (95 % de nivel de confianza y 10 % de margen de error = 105 %). Al proyectar la demanda real considerando el factor de desviación acumulada del 1.05 (suma de la viabilidad y el margen de tolerancia), obtenemos:

$$248 \text{ (Observed)} \times 1,05 = 260,4$$

Este valor es virtualmente idéntico al resultado de la simulación (260), lo que confirma que el modelo digital replica el comportamiento del sistema real con una precisión excepcional, validando las distribuciones seleccionadas mediante **Stat::Fit**.

## V-H. Análisis Integral del Desempeño y Estrategia Operativa

Además de la validación cuantitativa, el análisis de los indicadores evidencia diferencias notables en la eficiencia operativa entre las estaciones de servicio:

- Sobredimensionamiento en Taquilla:** En el área de taquilla se identificó un sobredimensionamiento importante. El análisis muestra que esta estación opera con una holgura excesiva, ya que su nivel de utilización promedio es menor a lo esperado. Los tiempos de flujo resultan sumamente rápidos (aproximadamente 1.47 minutos en total) lo que evidencia que la capacidad instalada supera ampliamente la demanda actual. Esta condición sugiere que sería posible reducir el número de servidores sin comprometer la calidad del servicio ofrecido.
  - Dulcería como Recurso Restrictivo:** Por otro lado, la dulcería se presenta como el recurso restrictivo

del sistema. A diferencia de la estabilidad observada en la taquilla, la simulación reveló que esta área funciona como un verdadero cuello de botella. Aunque los tiempos de espera promedio ( $\approx$  2,15 minutos) se mantienen dentro de parámetros aceptables, la diferencia en los tiempos de ciclo es significativa: 1,47 minutos en taquilla frente a 3,48 minutos en dulcería. Esta disparidad convierte a la dulcería en el punto crítico de control. Además, la variabilidad inherente a la preparación de alimentos (modelada mediante una distribución uniforme) la hace particularmente vulnerable a saturaciones repentinas, lo que incrementa el riesgo de congestión en el servicio.

## VI. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

### VI-A. Conclusiones

El presente estudio logró caracterizar y validar con éxito la operación del cine mediante la integración de técnicas de observación directa y simulación. La conclusión más relevante del trabajo se fundamenta en la alta fidelidad del “gemelo digital” construido en ProModel 2016, el cual nos ha permitido no solo replicar la realidad observada, sino también diagnosticar des-balances estructurales en la asignación de los recursos.

### VI-B. Trabajo Futuro

Aunque el modelo desarrollado proporciona una base sólida para la toma de decisiones operativas, existen oportunidades significativas para extender y enriquecer este trabajo:

- **Incorporación de variabilidad temporal:** Modelar la demanda como función dependiente del tiempo (t), caracterizando por separado períodos de baja demanda (2:00-4:00 pm.) vs. picos (6:00-8:00 pm.). Esto permitiría políticas de asignación de personal más precisas basadas en horarios de función.
- **Simulación de fallas en equipos:** Incorporar distribuciones de probabilidad para averías de cajas registradoras, máquinas de palomitas y sistemas de punto de venta, junto con sus respectivos tiempos de reparación. Esto evaluaría la robustez del sistema ante interrupciones no previstas.
- **Análisis de estacionalidad:** Recolectar datos durante fines de semana, vacaciones escolares y estrenos importantes para construir modelos diferenciados por tipo de día. Validar si las recomendaciones actuales se mantienen bajo condiciones de alta demanda.
- **Integración con sistemas de reserva en línea:** Modelar el impacto de clientes con boletos pre-comprados que solo visitan dulcería, permitiendo redistribuir personal basándose en predicciones de venta digital.

### VI-C. Recomendaciones Finales

Con base en los resultados, hemos concluido que no es necesario tener más personal del que realmente se requiere. Lo recomendable es aplicar una estrategia flexible, donde el personal que sobra en taquilla pueda apoyarse en la dulcería



Figura 7: Cinemex Plaza Bella (Localidad donde se desarrolló el estudio)

cuando se presenten momentos de alta demanda inesperada.

El uso correcto de la herramienta de simulación (**ProModel 2016**) permitió convertir los datos en información útil para tomar decisiones. Esto demostró que la simulación puede anticipar cómo se comporta el sistema y sugerir mejoras dentro de los límites esperados.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México (TecNM) y a la catedrática de la materia de Simulación (SCD-1022), Ing. Martínez Nieto Adelina, por el apoyo técnico, la guía metodológica y el acceso a las herramientas de software necesarias para la realización de este proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] F. de J. Présiga D., N. Albaracín, S. García, and T. Ruiz, “Análisis de fila de espera a través de teoría de colas en la taquilla de un cine,” in *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2023*, Cartagena de Indias, Colombia, sep 2023, ISBN: 978-628-95207-4-3.
- [2] I. Flores De La Mota, *Introducción a la Teoría de Colas*, 1st ed. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2023, publicación electrónica de la Facultad de Ingeniería.
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, “Panorama sociodemográfico de oaxaca: Censo de población y vivienda 2020,” <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825197933>, 2021, consultado: 2025-11-19.
- [4] V. Armenta Acosta, J. Escartín Varela, A. M. Gonzalez Guerrero, and P. L. Vázquez Morán, “1er avance - proyecto final de simulación de sistemas ‘cinépolis’,” Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ingeniería, Proyecto estudiantil, may 2023, materia: Simulación de Sistemas.
- [5] SurveyMonkey, “Calculadora de tamaño de la muestra.” <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator>, 2025, herramienta online. Consultado: 2025-11-19.