



Docente: Carlos Nassif Trejo García

# Proyecto: Autobús “Arteaga”

Miembros:

Adriana Berenice Maldonado García

Edson Armijo Ruiz

Abigaíl Silva Díaz

Cesar Eduardo Cruz Martínez

Yadira Judith Cordero Morales



## **[[ Formulación del Problema ]]**

->La ruta de autobuses llamada "Arteaga" tiene un servicio de autobuses que parte desde dos municipios que son Arteaga y Ramos Arizpe, y se dirige hacia el centro de la ciudad de Saltillo.

La problemática es que la gerencia ha recibido varias quejas relacionadas a que los clientes en las paradas suburbanas tienen que esperar demasiado durante las horas pico de la mañana de 7 a 9 a.m.

Por lo que los puntos a resolver son:

- Los usuarios tienen que esperar mucho su transporte en las horas pico de la mañana (7am a 9am)
- Frecuencia de autobuses
- Llegadas y tiempos de autobuses

Para atender estas problemáticas, la idea que más se propone es incrementar la frecuencia en las que los autobuses pasan por cada parada, el tiempo promedio que tienen que esperar los usuarios en la parada para que pase el camión es de 20 minutos, por lo que en base a esto se planea reducir el tiempo de espera a 15 minutos.

## **[[ Objetivos y Plan del proyecto ]]**

Nuestro objetivo consiste en desarrollar un programa de Simulación utilizando Java, para poder así simular las soluciones que se proponen y determinar cuál es la solución más adecuada en base a los resultados arrojados por nuestro programa que se encarga de la simulación.

Las preguntas que se buscan responder con la simulación son las siguientes:

¿Se disminuye el tiempo de espera de los usuarios con la incorporación de más unidades de autobuses?

¿Qué otras maneras hay de disminuir el tiempo de espera?

¿La disminución del tiempo de espera también disminuye la saturación de asientos con techo en las paradas?

La distribución de trabajo para los integrantes del equipo se divide de la siguiente forma, Berenice se encarga del planteamiento de hipótesis y desarrollo del modelo o programa junto con Edson. César, Yadira y Abigail se encargarán de la recolección de datos, la validación, verificación y análisis de los resultados, aunque se tengan definidos los objetivos también se planea la ayuda mutua entre todos.

Lo que se espera al final de del estudio es definir cuál es la mejor manera de atender las problemáticas antes mencionadas.

## **[[ Conceptualización del modelo ]]**

### **Entidades:**

**Cliente:** Representa a las personas que esperan el autobús en la parada. Llegan a la parada del autobús y utilizan los autobuses para trasladarse

### **Atributos:**

#### **Cliente:**

**Tiempo de espera:** Tiempo que un cliente pasa esperando un autobús.

#### **Autobús:**

**Frecuencia:** Tiempo promedio entre las llegadas de los autobuses a la parada.

### **Actividades:**

**Espera de clientes:** Representa el tiempo que los clientes pasan esperando en la parada.

**Atención de clientes:** Proceso donde los clientes abordan el autobús y se reduce el número de clientes esperando.

### **Estado del sistema:**

**Número de clientes esperando en la parada:** Representa la cantidad de personas que se encuentran actualmente en espera en la parada del autobús.

**Longitud de la cola en la parada:** Refleja la cantidad de personas que están formando una fila o cola en la parada, esperando su turno para abordar el autobús.

### **Eventos:**

**Llegada de cliente:** Ocurre cuando un nuevo cliente llega a la parada.

**Llegada de autobús:** Representa la llegada de un autobús a la parada.

**Cambio en la frecuencia de llegada de autobuses:** Representa la propuesta a implementar para la mejora del autobús.

**Atención a clientes:** Cuando se aborda un autobús y los clientes son atendidos.

### **Localizaciones:**

**Parada del autobús:** Lugar donde se lleva a cabo la simulación.

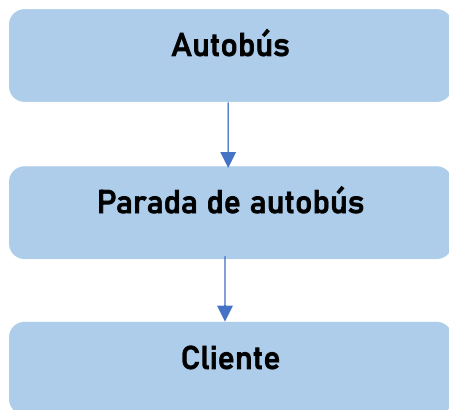
### Variables:

**Tiempo de espera promedio:** Registro del tiempo promedio que los clientes pasan esperando en la parada.

**Clientes atendidos:** Conteo de la cantidad total de clientes atendidos durante la simulación.

**Máximo de clientes esperando:** Número máximo de clientes que esperan el autobús en un momento dado.

### Diagrama del modelo conceptual:



Este diagrama conceptual muestra las entidades principales: Autobús, Parada de autobús y Cliente. Los clientes esperan en la parada de autobús para abordar los autobuses que llegan a intervalos de tiempo determinados.

Este modelo conceptual abstrae los elementos esenciales del sistema de simulación y sirve como base para representar las interacciones y comportamientos durante la simulación del servicio de autobuses.

## **[[ Recolección de datos ]]**

Mediante un análisis de datos, la ruta Arteaga ha determinado que alrededor de 30 clientes llegan a esta parada durante las horas pico, lo que se traduce a una tasa aproximada de 0.5 clientes por minuto. Además, los datos muestran que el intervalo de tiempo entre la llegada de dos clientes puede modelarse mediante una distribución exponencial con una tasa promedio ( $\lambda$ ) de 0.5 por minuto.

Un estudio de tiempos también ha revelado que los autobuses generalmente llegan a sus paradas programadas con un retraso que sigue una distribución normal, con una media de 4 minutos y una desviación estándar de 1 minuto, entonces para resumir:

#### **Llegada de clientes:**

- La tasa de llegada de clientes a la parada es de aproximadamente 0.5 por minuto o 30 clientes por hora.
- El tiempo entre las llegadas de clientes sigue una distribución exponencial con una tasa promedio de  $\Lambda = 0.5$  por minuto.

#### **Llegada de autobuses:**

- La llegada de los autobuses a la parada sigue una distribución normal.
- La media de tiempo que los autobuses llegan tarde a sus paradas programadas es de 4 minutos.
- La desviación estándar de este tiempo es de 1 minuto.

**Con estos datos, se pueden hacer varias cosas:**

#### **Para la llegada de clientes:**

- Se puede simular la llegada de clientes a lo largo del tiempo usando una distribución exponencial con una tasa promedio de 0.5 clientes por minuto para entender cómo varía la cantidad de clientes en la parada.
- Se puede calcular la probabilidad de que pasen ciertos intervalos de tiempo antes de que llegue el próximo cliente.

#### **Para la llegada de autobuses:**

- Se puede calcular la probabilidad de que un autobús llegue tarde a su parada.
- Se puede simular la llegada de autobuses para entender la variabilidad en cuanto a la puntualidad de los mismos.

## **[[ Construcción del modelo ]]**

```
package simulacion;  
import java.util.LinkedList;  
import java.util.Queue;  
import java.util.Random;
```

```
public class Simulacion {
```

```
    private static double tiempoTotalEspera = 0;  
    private static int clientesAtendidosTotal = 0;
```

```

private static int maxClientesEsperando = 0;

public static void main(String[] args) {
    // Parámetros de la simulación
    int duracionSimulacion = 120; // Duración de la simulación en minutos
    int frecuenciaActual = 20; // Frecuencia actual de los autobuses en minutos
    int nuevaFrecuencia = 15; // Nueva frecuencia de los autobuses en minutos

    // Inicializar la simulación
    Queue<Double> llegadasClientes = generarLlegadasClientes();
    Queue<Double> llegadasAutobuses = generarLlegadasAutobuses();

    int clientesEsperando = 0;

    // Simulación
    for (int tiempo = 0; tiempo < duracionSimulacion; tiempo++) {
        // Verificar si llega un cliente
        if (!llegadasClientes.isEmpty() && llegadasClientes.peek() <= tiempo) {
            llegadasClientes.poll();
            clientesEsperando++;
        }

        // Verificar si llega un autobús
        if (tiempo % frecuenciaActual == 0) {
            // Cambiar a la nueva frecuencia cuando corresponda
            if (tiempo >= duracionSimulacion / 2) {
                frecuenciaActual = nuevaFrecuencia;
            }
            // Atender a los clientes
            int clientesAtendidos = Math.min(clientesEsperando, 8);
            clientesEsperando -= clientesAtendidos;
            // Llamada a la función de atención a los clientes
            atenderClientes(tiempo, clientesAtendidos, clientesEsperando);

            System.out.println("Tiempo: " + tiempo + " - Llegó un autobús. Atendidos: " + clientesAtendidos
+
                ", Esperando: " + clientesEsperando);
        }
    }
}

private static void atenderClientes(int tiempo, int clientesAtendidos, int clientesEsperando) {
    // Determinar el tiempo de espera promedio de los clientes atendidos en esta ronda
    if (clientesAtendidos > 0) {
        double tiempoEsperaPromedio = tiempoTotalEspera*120 / clientesAtendidosTotal;
        System.out.println("Tiempo de espera promedios: " + tiempoEsperaPromedio);
    }
}

```

```

// Actualizar estadísticas globales
tiempoTotalEspera += clientesEsperando;
clientesAtendidosTotal += clientesAtendidos;

// Actualizar el número máximo de clientes que esperan
if (clientesEsperando > maxClientesEsperando) {
    maxClientesEsperando = clientesEsperando;
}
}

// Generador de llegadas de clientes con distribución exponencial
private static Queue<Double> generarLlegadasClientes() {
    Queue<Double> llegadas = new LinkedList<>();
    Random random = new Random();
    double lambda = 0.5; // Tasa promedio de llegada de clientes por minuto

    double tiempo = 0;
    while (tiempo < 120) { // Simular durante 2 horas
        double llegada = -Math.log(1 - random.nextDouble()) / lambda;
        tiempo += llegada;
        llegadas.add(tiempo);
    }
    return llegadas;
}

// Generador de llegadas de autobuses con distribución normal
private static Queue<Double> generarLlegadasAutobuses() {
    Queue<Double> llegadas = new LinkedList<>();
    Random random = new Random();
    double media = 4; // Media de llegada de autobuses en minutos
    double desviacionEstandar = 1; // Desviación estándar de llegada de autobuses en minutos

    double tiempo = 0;
    while (tiempo < 120) { // Simular durante 2 horas
        double llegada = Math.max(0, random.nextGaussian() * desviacionEstandar + media);
        tiempo += llegada;
        llegadas.add(tiempo);
    }
    return llegadas;
}
}

```

## [[ Verificación y validación ]]

Basándonos en los resultados del programa al momento de ejecutarse, hemos determinado que los resultados son correctos y el programa esta funcionando como se espera.

Un ejemplo es la siguiente:

Aquí modificamos la frecuencia de autobuses para determinar si esto reducía el tiempo de espera, por lo cual podemos ver que si sucede.

```
run:
Tiempo: 0 - Llegó un autobús. Atendidos: 0, Esperando: 0
Tiempo de espera promedios: NaN
Tiempo: 20 - Llegó un autobús. Atendidos: 8, Esperando: 1
Tiempo de espera promedios: 15.0
Tiempo: 40 - Llegó un autobús. Atendidos: 8, Esperando: 0
Tiempo de espera promedios: 7.5
Tiempo: 60 - Llegó un autobús. Atendidos: 8, Esperando: 3
Tiempo de espera promedios: 20.0
Tiempo: 75 - Llegó un autobús. Atendidos: 8, Esperando: 4
Tiempo de espera promedios: 30.0
Tiempo: 90 - Llegó un autobús. Atendidos: 8, Esperando: 5
Tiempo de espera promedios: 39.0
Tiempo: 105 - Llegó un autobús. Atendidos: 8, Esperando: 9
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```

## [[ Diseño experimental ]]

Para evaluar la reducción del tiempo de espera:

**Variación de la frecuencia de los autobuses:** Modificar la frecuencia de llegada de los autobuses para analizar cómo afecta directamente el tiempo de espera de los usuarios.

**Incremento de la capacidad de las paradas:** Simular la capacidad de las paradas y evaluar si aumentar el número de autobuses reducirá el tiempo de espera sin saturar los asientos techados.

**Implementación de políticas de priorización:** Analizar la implementación de políticas que prioricen a ciertos usuarios o intervalos de tiempo para ver si pueden reducir el tiempo de espera sin comprometer la igualdad de servicio.



***Preguntas a responder:***

**1. ¿Se disminuye el tiempo de espera de los usuarios con la incorporación de más unidades de autobuses?**

Modificación en el modelo: Incrementar el número de autobuses en circulación y reducir la frecuencia de llegada de los mismos de 20 a 15 minutos.

Medición: Evaluar el tiempo de espera promedio de los usuarios en ambas configuraciones (frecuencia actual vs. nueva frecuencia).

**2. ¿Qué otras maneras hay de disminuir el tiempo de espera?**

Modificación en el modelo: Explorar políticas de priorización, como dar preferencia a usuarios con necesidades especiales o reducir el tiempo de espera en horas pico (por ejemplo, disminuir la frecuencia durante esas horas específicas).

Medición: Analizar el tiempo de espera en diferentes contextos de priorización.

**3. ¿La disminución del tiempo de espera también disminuye la saturación de asientos con techo en las paradas?**

Modificación en el modelo: Aumentar la capacidad de las paradas (número de asientos techados) y evaluar cómo la modificación en la frecuencia de llegada de los autobuses afecta esta capacidad.

Medición: Observar la cantidad de pasajeros en las paradas con y sin la disminución de la frecuencia de los autobuses.

## **[[ Análisis ]]**

En base a los resultados del análisis experimental, hemos notado que :

El programa simula la llegada de clientes y autobuses a través de generadores que utilizan distribuciones exponenciales y normales, respectivamente.

Los clientes llegan a la parada con una tasa promedio y un intervalo de tiempo entre las llegadas que sigue una distribución exponencial.

Los autobuses llegan con una media y una desviación estándar que siguen una distribución normal.

**Gestión del tiempo y la atención a clientes:**

El código lleva un seguimiento del tiempo transcurrido durante la simulación.

Cuando llega un autobús, se atienden a los clientes en la parada según una cantidad máxima predefinida de clientes que pueden ser atendidos.

Calcula el tiempo de espera promedio de los clientes atendidos en cada ronda.

### **Actualización de estadísticas globales:**

Lleva un registro del tiempo total de espera, clientes atendidos y la cantidad máxima de clientes esperando en la parada durante la simulación.

### **Consideración de políticas de priorización:**

No hay implementaciones sobre políticas de priorización para atender clientes.

Sería interesante modelar y evaluar cómo una política de priorización podría afectar el tiempo de espera de los clientes.

### **Análisis más detallado de estadísticas:**

Se registran estadísticas como el tiempo de espera promedio, pero se puede expandir el análisis a otros aspectos, como la distribución del tiempo de espera en diferentes momentos de la simulación.

## **[[ Documentación ]]**

Esta simulación la usamos para representar el sistema de los autobuses de la ruta Arteaga que recogen a los clientes que están esperando en una de las paradas. La simulación se realiza durante un periodo de 120 minutos.

Los parámetros que usamos son:

- **duracionSimulacion** : Representa la duración de la simulación en minutos.
- **frecuenciaActual** : Frecuencia actual de llegada de autobuses en minutos.
- **nuevaFrecuencia** : Nueva frecuencia de llegada de autobuses en minutos, que se aplica después de la mitad de la simulación.

Para la inicialización de la simulación se generan dos colas que modelan la llegada de clientes y de los autobuses, `llegadasClientes` contiene tiempos en los que llegan nuevos clientes a la parada del autobús, la cual va con una distribución exponencial. Por su lado `llegadasAutobuses` contiene tiempos en los que llegan autobuses a la parada, esta va con una distribución normal, ambas distribuciones mencionadas, son distribuciones de variables aleatorias continuas.

La simulación avanza en incrementos de un minuto, cada iteración realizada se verifica si llega un nuevo cliente y se incrementa el contador de clientes esperando, de igual forma se verifica si llega un autobús en base a la frecuencia actual. Cuando llega un autobús, se ajusta la frecuencia a la nueva frecuencia después de la mitad de la simulación. Se atienden a los clientes que están esperando el autobús, estos son representados con la variable `clientesEsperando`, mientras que el tiempo se representa con una variable con el mismo nombre, el cual indica el tiempo actual de la simulación.

La funcion de atenderClientes es llamada cada que llega un autobús y atiende a los clientes que están esperando, aquí calcula el tiempo de espera promedio de los clientes atendidos en esa ronda, imprime los datos obtenidos del tiempo total de espera y el número total de clientes atendidos para después registrar el número máximo de clientes que esperan.

En los métodos de generarLlegadasClientes y generarLlegadasAutobuses se generan los tiempos de llegada respectivos, donde permanecen con el uso de sus distribuciones.

La simulación está diseñada para representar el flujo de clientes que llegan a la parada de autobús y la llegada de autobuses que atienden a esos clientes. A medida que avanza la simulación, se recopilan estadísticas sobre el tiempo de espera promedio, el número total de clientes atendidos y el máximo número de clientes que esperan simultáneamente.