

# **Análisis de parqueadero principal de la Universidad de los Llanos, Sede Barcelona**

**Universidad De Los Llanos**

**Juan Pablo Contreras Ospina, Código 160003748,  
juan.contreras.ospina@unillanos.edu.co**

**Greissy Alejandra López Mendoza, Código 160003517, greissy.lopez@unillanos.edu.co**

Resumen.

La Universidad de los Llanos ofrece un servicio de parqueo a quienes deseen acceder a las instalaciones, ya sea para asuntos académicos, administrativos o de otra índole. Durante el transcurso de una jornada laboral y académica, los horarios de ocupación de vehículos y automóviles varían en el parqueadero principal de la Universidad de los Llanos sede Barcelona. Debido al aumento de la comunidad estudiantil y de visitantes, se ha observado un incremento en la demanda de los espacios del parqueadero, por tanto, se convierte en una problemática de interés institucional para un estudio de simulación computacional, donde se pueda analizar tiempos de ocupación y la capacidad del sistema, para plantear así, soluciones de posibles escenarios de crecimiento y mejora para el uso del parqueadero.

Palabras clave: Parqueadero, simulación

## **1. Formulación del problema**

### **1.1. Definición del problema**

Con el paso del tiempo y las afectaciones que dejó el Covid-19, se dio un aumento considerable en la población estudiantil y administrativa, ya que llegaron dos generaciones de estudiantes nuevos a la universidad, debido a que se realizaron dos semestres de manera virtual y además llegaron nuevos estudiantes, de las nuevas carreras, las cuales son ingeniería de procesos y ambiental. Por tanto, el flujo de estudiantes, administrativos y visitantes, se vio aumentado para este 2022 y por consiguiente una mayor ocupación del parqueadero principal de la Universidad de los Llanos, lo cual ha llevado a una posible saturación e incluso alcanzado la capacidad total, en algunas horas del día. Por lo tanto, es necesario analizar algunos escenarios, además del actual de crecimiento y mejora para el uso del parqueadero principal de la Universidad de los Llanos sede Barcelona.

## **1.2. Objetivos generales del estudio de simulación**

- Diseñar un modelo conceptual del sistema del parqueadero principal de la Unillanos Sede Barcelona.
- Aproximar los tiempos de llegada y servicio de los vehículos que hacen uso del parqueadero a una distribución de probabilidad asociada.
- Identificar estrategias frente al aumento de la demanda del parqueadero principal de la Universidad de los Llanos.
- Identificar los momentos más críticos de ocupación, ya sea por alta tasa de llegada o por una larga estancia de vehículos dentro del parqueadero.
- Establecer conclusiones a partir del análisis que soporten las decisiones que se puedan tomar respecto a la disponibilidad de los espacios de parqueo establecidos para la sede Barcelona.

## **1.3. Preguntas específicas a ser respondidas por el estudio de simulación**

- ¿Cuál es la cantidad de vehículos que permanecen y salen del parqueadero?
- ¿Qué tan eficiente es el servicio en general del sistema?
- ¿Es necesario incrementar el número de espacios de parqueo disponibles actualmente?

## **1.4. Medidas de desempeño**

- **Tiempo promedio en el sistema:** Tiempo promedio que durán los autos en el parqueadero( administrativos, estudiantes y visitantes)
- **Total de carros dependiendo del tipo:** total de carros de cada tipo (administrativos, estudiantes y visitantes)
- **Número total de vehículos:** Número total de vehículos entrantes y salientes en la ventana de tiempo.
- **Porcentaje de Ocupación del parqueadero:** Porcentaje de ocupación de automóviles dentro parqueadero de acuerdo a su capacidad.

## **1.5. Alcance del modelo**

El diseño y la posterior simulación del sistema de parqueadero de la Universidad de los Llanos está contemplado para el parqueadero principal de la sede Barcelona. El servicio de parqueadero de la Universidad de los Llanos sede Barcelona va a ser simulado con el propósito de analizar las medidas de ocupación que han venido cambiando recientemente debido a la reciente vuelta a clases presenciales, con dos grupos de estudiantes de nuevo ingreso que reduce la capacidad actual del parqueadero. Inicialmente se examina un modelo del servicio normal de ingresos vehículos (administrativos, profesores o visitantes), posterior a esto se construye un modelo simulado y así, poder evidenciar los tiempos de ocupación del servicio en su normalidad y con la implementación, observando la mejora del servicio. Luego, comparando los resultados de las implementaciones se puede observar cuál es la más eficiente para el problema. Esta simulación mostrará una jornada de servicio en el parqueadero de la sede Barcelona teniendo en cuenta que se asume que está en el horario pico, se tomarán horarios de 8 a.m. a 10 a.m. donde se presenta una mayor tasa de llegadas.

## **1.6. Configuraciones del sistema**

Para la simulación del escenario actual del sistema de parqueo de la Sede Barcelona se plantea lo siguiente:

El primer escenario se establece como el flujo actual de la ocupación del parqueadero sin eventos fuera de lo normal, solo teniendo en cuenta el posible aumento de estudiantes según la llegada de nuevas carreras, variando la tasa de llegada de estudiantes, administrativos y particulares.

En el segundo escenario se considera un posible incremento en la ocupación de los espacios, debido a la realización de diferentes eventos como congresos o ceremonias de grado, se simularán escenarios futuros, variando la tasa de llegada de estudiantes, administrativos y particulares.

## **1.7 Ventana de tiempo**

El periodo de tiempo establecido para la toma de muestras en campo es de dos semanas, que inicia desde el lunes 21 de febrero de 2022 y finaliza el viernes 4 de marzo del mismo año, entre los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes.

La ventana de tiempo del experimento se tiene contemplada en dos jornadas:

- De 8:00 am hasta las 10:00 am. Con unidad de tiempo en intervalos de 10 minutos.

## 2. Recolectar Información/Datos y Construir un Modelo Conceptual

### 2.1. Diagrama general del diseño del sistema actual y/o diagrama de flujo

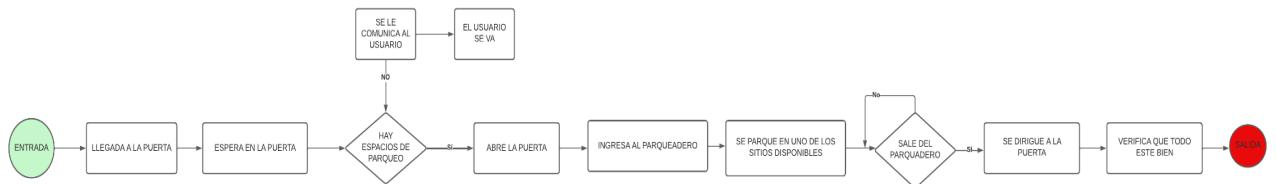


Figura 1. Diagrama de flujo

- Entrada: El usuario llega y el personal de seguridad da o niega el acceso al parqueadero
- Parqueadero: El usuario parquea su vehículo en alguno de los sitios disponibles.
- Salida: El usuario se dirige a la salida, el personal de seguridad hace una breve revisión y autoriza la salida.

### 2.2. Parámetros del modelo y posibles distribuciones de probabilidad

Mediante el uso de EasyFit<sub>[1]</sub> como herramienta para ajustar curvas automáticamente de las distribuciones a los datos de la muestra y seleccionar la distribución de probabilidad más apropiada con sus respectivos parámetros. Se determina que, para los carros, se utilizará una distribución de probabilidad exponencial para las tasas de llegada, una distribución de valores extremos para las tasas de salida y una distribución de valores extremos para la tasa de ocupación. En este aspecto hay que tener en cuenta las limitantes al momento de generar los datos por cuestiones de tiempo, debido a que solo se destinaron 3 horas diarias de lunes a viernes. (Se van a tomar nuevos datos en el

transcurso de las siguientes semanas, para poder tener en cuenta la tasa de servicio para solo los automóviles y ajustar los datos para realizar la simulación en anylogic)

Los datos de muestreo obtenidos en la ventana de tiempo definida se muestran a continuación:

Toma de muestras por día - Semana 1 (A)					
Intervalos de tiempo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
8:00 - 8:10	5	7	4	5	6
8:10 - 8:20	5	5	6	4	5
8:20 - 8:30	4	4	5	4	3
8:30 - 8:40	4	3	0	1	2
8:40 - 8:50	2	0	3	2	5
8:50 - 9:00	3	1	0	1	2
9:00 - 9:10	1	3	3	2	1
9:10 - 9:20	0	2	3	1	3
9:20 - 9:30	1	1	2	2	0
9:30 - 9:40	1	2	0	2	3
9:40 - 9:50	2	1	2	1	0
9:50 - 10:00	0	1	0	3	1

**Fig. 2.** Cantidad de vehículos administrativos que entran al Parqueadero Sede Barcelona. Semana 1 de muestreo.

Toma de muestras por día - Semana 2 (A)					
Intervalos de tiempo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
8:00 - 8:10	5	4	6	5	6
8:10 - 8:20	4	5	4	5	4
8:20 - 8:30	4	3	4	4	3
8:30 - 8:40	3	2	2	1	2
8:40 - 8:50	0	2	3	2	4
8:50 - 9:00	3	3	0	2	1
9:00 - 9:10	2	2	1	3	1
9:10 - 9:20	0	2	3	1	3
9:20 - 9:30	1	2	2	1	2
9:30 - 9:40	2	1	2	2	0
9:40 - 9:50	2	1	2	1	2
9:50 - 10:00	1	1	0	2	1

**Fig. 3.** Cantidad de vehículos administrativos que entran al Parqueadero Sede Barcelona. Semana 2 de muestreo.

Toma de muestras por día - Semana 1 (E)					
Intervalos de tiempo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
8:00 - 8:10	4	6	6	5	6
8:10 - 8:20	3	1	4	6	5
8:20 - 8:30	2	4	3	2	0
8:30 - 8:40	1	2	2	1	2
8:40 - 8:50	2	0	2	2	1
8:50 - 9:00	2	2	3	2	0
9:00 - 9:10	2	3	0	2	1
9:10 - 9:20	0	1	2	1	2
9:20 - 9:30	3	1	3	0	1
9:30 - 9:40	1	3	2	2	2
9:40 - 9:50	1	2	1	1	2
9:50 - 10:00	2	0	0	1	1

**Fig. 4.** Cantidad de vehículos de estudiantes que entran al Parqueadero Sede Barcelona. Semana 1 de muestreo.

Toma de muestras por día - Semana 2 (E)					
Intervalos de tiempo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
8:00 - 8:10	4	5	4	6	5
8:10 - 8:20	1	3	3	5	5
8:20 - 8:30	0	3	3	1	2
8:30 - 8:40	1	2	1	2	3
8:40 - 8:50	3	0	1	2	1
8:50 - 9:00	2	2	3	2	0
9:00 - 9:10	2	3	0	2	1
9:10 - 9:20	0	0	2	1	2
9:20 - 9:30	3	1	3	0	0
9:30 - 9:40	1	1	0	1	0
9:40 - 9:50	2	2	1	2	2
9:50 - 10:00	2	0	0	1	1

**Fig. 4.** Cantidad de vehículos de estudiantes que entran al Parqueadero Sede Barcelona. Semana 2 de muestreo.

Toma de muestras por día - Semana 1 (V)					
Intervalos de tiempo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
8:00 - 8:10	2	1	3	2	0
8:10 - 8:20	1	1	0	2	1
8:20 - 8:30	0	0	2	1	3
8:30 - 8:40	3	0	0	1	2
8:40 - 8:50	1	2	2	2	1
8:50 - 9:00	0	2	1	3	0
9:00 - 9:10	1	2	1	0	0
9:10 - 9:20	1	0	1	2	0
9:20 - 9:30	2	0	0	1	1
9:30 - 9:40	0	0	1	2	0
9:40 - 9:50	1	2	1	1	2
9:50 - 10:00	2	1	0	0	1

**Fig. 5.** Cantidad de vehículos de visitantes que entran al Parqueadero Sede

Barcelona. Semana 1 de muestreo

Toma de muestras por día - Semana 1 (V)					
Intervalos de tiempo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
8:00 - 8:10	2	1	3	2	0
8:10 - 8:20	1	1	0	2	1
8:20 - 8:30	0	0	2	1	3
8:30 - 8:40	3	0	0	1	2
8:40 - 8:50	1	2	2	2	1
8:50 - 9:00	0	2	1	3	0
9:00 - 9:10	1	2	1	0	0
9:10 - 9:20	1	0	1	2	0
9:20 - 9:30	2	0	0	1	1
9:30 - 9:40	0	0	1	2	0
9:40 - 9:50	1	2	1	1	2
9:50 - 10:00	2	1	0	0	1

**Fig. 6.** Cantidad de vehículos de visitantes que entran al Parqueadero Sede Barcelona. Semana 2 de muestreo.

### 2.3. Distribuciones de probabilidad

Con la información obtenida anteriormente, al realizar un proceso de filtración con los datos recolectados y tras un proceso de unificación y filtrado de la información obtenida, se generan las siguientes gráficas que soportan la elección de las distribuciones de probabilidad:

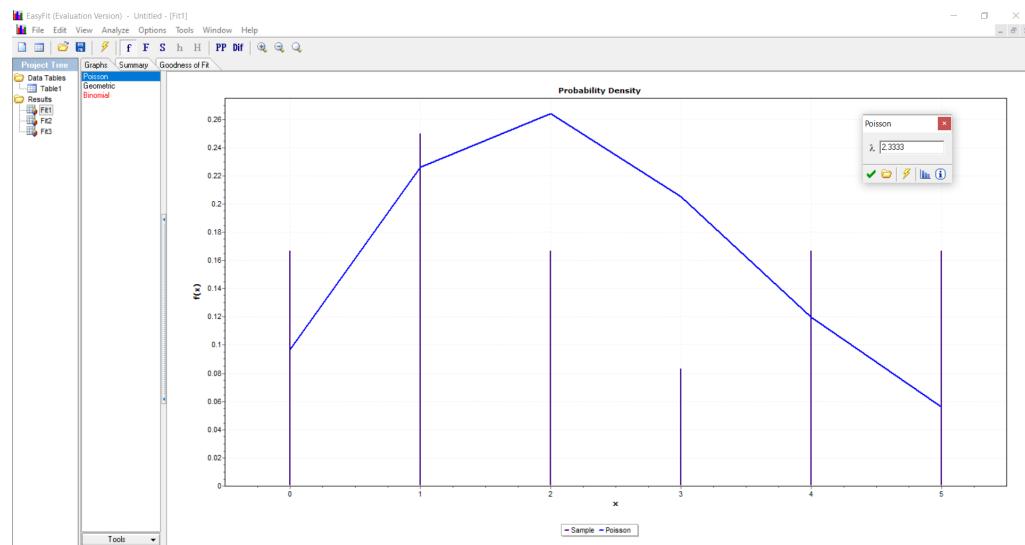


Figura 7. Distribución de probabilidad Administrativos.

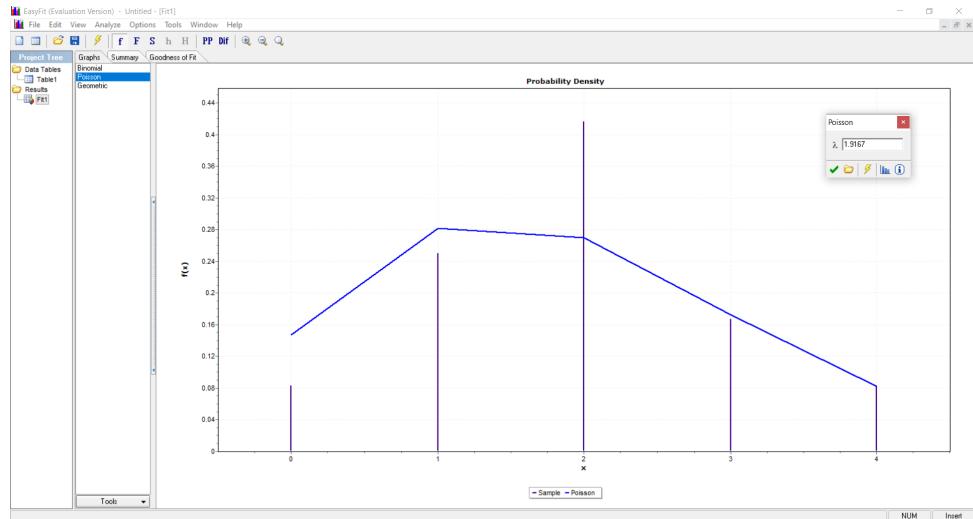


Figura 8. Distribución de probabilidad Estudiantes

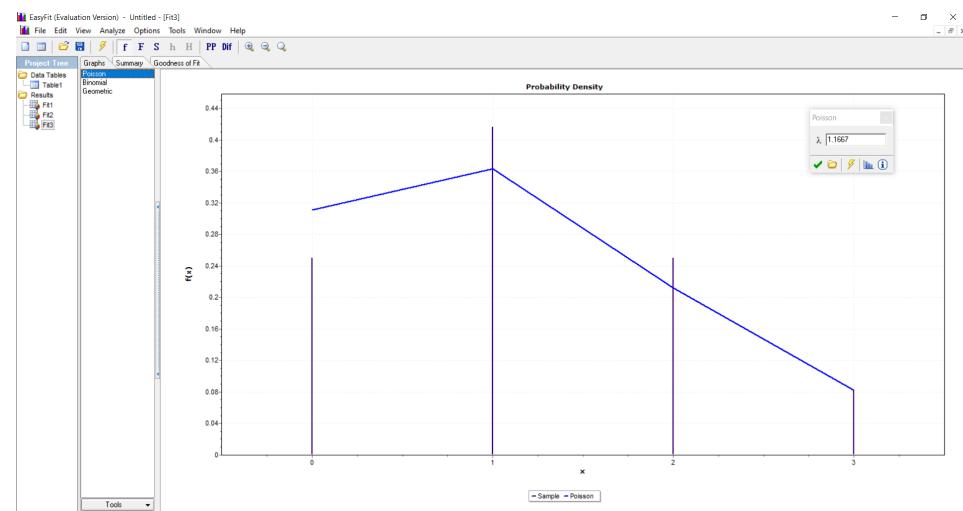


Figura 9. Distribución de probabilidad Visitantes

## 2.4. Especificaciones técnicas del computador

Para el análisis de este caso de estudio se implementará a través de una simulación haciendo uso del software de AnyLogic, el cual está compuesto por herramientas y opciones muy completas que ofrecen de manera gratuita, tiene una documentación bastante intuitiva, ayuda, soporte y demás ítems que lo convierten en uno de los software más usados actualmente para la instalación. Su versión es la PLE, el lanzamiento inicial es en el año 2000 escrita en Java SE y opera en sistemas como Windows, macOS, Linux. Para su buen funcionamiento es necesario contemplar las siguientes características:

Entorno de desarrollo de modelos AnyLogic:

- El entorno de desarrollo de AnyLogic Model es una aplicación basada en Java y Eclipse y se ha probado en las siguientes plataformas:
- Microsoft Windows 10, x64, Internet Explorer 11
- Apple Mac OS X 10.15 (Catalina), Universal, Safari 9+
- Ubuntu Linux 18 y 20, x64 (con GTK + instalado, libwebkitgtk-1.0-0, libudev, libssl), Firefox 24+
- Linux Mint 17, x64 (con GTK + instalado, libwebkitgtk-1.0-0, libudev, libssl), Firefox 24+

AnyLogic también puede instalarse en otras plataformas no incluidas en esta lista (como otras distribuciones de Linux), pero no podemos garantizar su compatibilidad total con la plataforma.

Recomendaciones de hardware:

- La instalación de AnyLogic requiere 1,5 GB de espacio libre en disco.
- Recomendamos 4-8 GB de memoria y un procesador moderno con al menos 2 núcleos para un rendimiento óptimo (más núcleos benefician el modelado peatonal y los experimentos con múltiples ejecuciones).
- Por lo general, se prefiere el mouse al touchpad para la edición gráfica.

## **2.5. Restricciones de tiempo y dinero**

Para el desarrollo de la simulación del sistema del parqueadero, se ejecutará las simulaciones de máximo una hora, ya que este es el límite de la versión de Anylogic PLE, por tanto, el análisis se implementará en una hora pico, donde se presente más demanda del parqueadero y se forme más cola de espera para ingresar al estamento, luego se realizará un cálculo aproximado de datos en dos semanas. La toma de datos se hará de lunes a viernes en la disponibilidad de miembros del equipo, en las horas acordadas y con la ayuda de terceros.

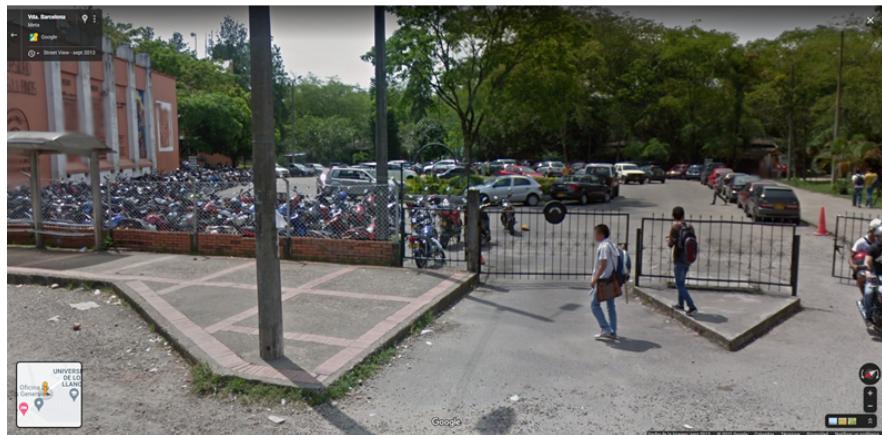
En cuestión de dinero no se presenta ninguna restricción dado que los implementos, la toma de datos y demás recursos (computadores y programas) están a la mano de los miembros del equipo.

### **3. Validación del modelo conceptual**

El proceso en el parqueadero principal de la Universidad de los Llanos, consiste en 2 puertas, una para la entrada y otra para salida de carros y motos. Siempre hay 2 celadores que se encargan de revisar las placas y las tarjetas de propiedad de los vehículos. Un factor importante dentro del análisis, es que existen intervalos de tiempo más concurridos que otros, como lo son las horas de inicio o finalización de clases, 8:00 am, 10:00 am.

Por las limitantes que se detallan en la recolección de datos, el funcionamiento que nos interesa del parqueadero principal de la Universidad de los Llanos podría describirse de la siguiente manera:

- Horario de conteo de 8:00 am a 10:00 am de lunes a viernes.
- Una entrada y una salida del parqueadero.
- Capacidad máxima de 53 carros.
- 2 celadores que revisan documentos antes del ingreso de vehículos y antes de la salida de vehículos.



**Figura 10. Imagen de Google Street View del Parqueadero principal Universidad de los Llanos, Sede Barcelona.**  
**Fuente: Google Maps.**

Teniendo en cuenta lo anterior, el modelo conceptual fue consultado con algunos de los usuarios, algunos de los cuales también ayudaron a realizar la toma de datos y con el personal encargado de la portería del parqueadero dado su conocimiento respecto a la ocupación del mismo.

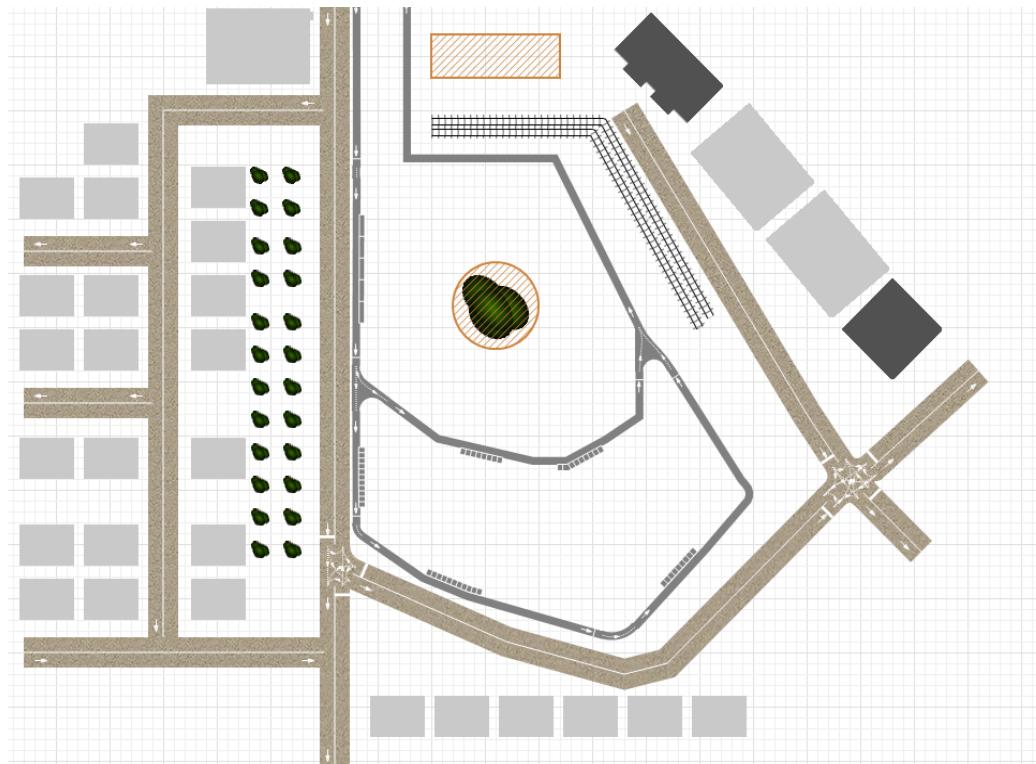
## **4. Programación del modelo**

### **4.1. Descripción del lenguaje o software de simulación seleccionado**

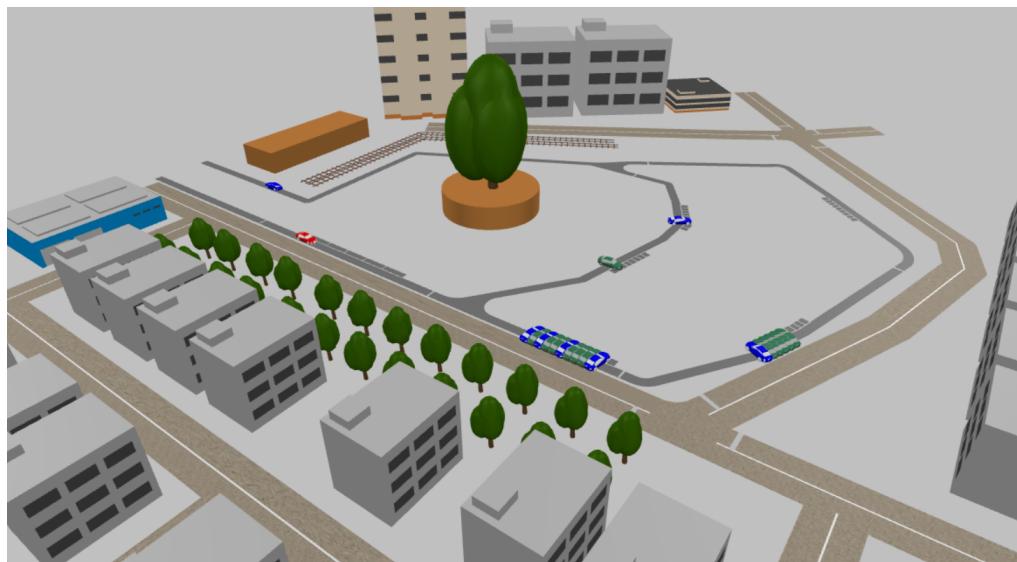
Para realizar la simulación el software utilizado fue AnyLogic ya que posibilita las simulaciones basadas en agentes y eventos discretos.

### **4.2. Implementación del modelo en el software de simulación.**

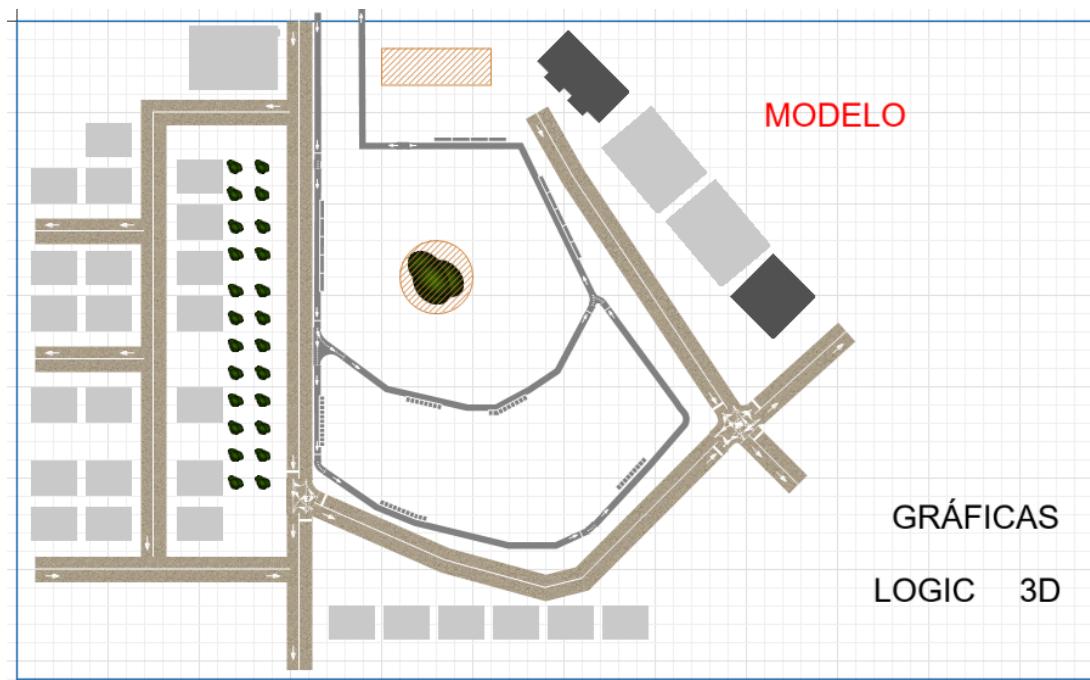
Para diseñar el sistema, se utilizan varios componentes de la librería de modelado de procesos para identificar a los agentes (Process Modeling Library); para añadir las carreteras y los vehículos se usa la librería de tráfico (Road Traffic Library), y se cuenta una ventana para la representación visual del sistema en 3D.



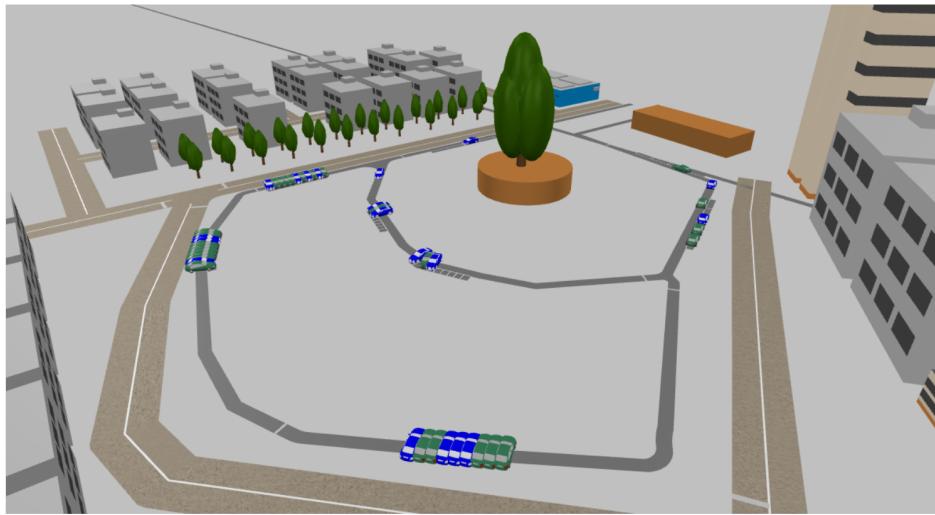
**Fig. 11.** Vista 2D del sistema



**Fig. 12.** Vista 3d del sistema



**Fig. 13.** Vista 3d del sistema con más parqueaderos



**Fig. 14.** Vista 3d del sistema con más parqueaderos

## 5. ¿Es el modelo programado válido?

### Comparación cualitativa del modelo simulado y el sistema existente

Se tiene en cuenta que el número de espacios de parqueo establecidos en la simulación no es el número exacto de los espacios existentes, dado a que el conteo que se realizó y los datos proporcionados por el personal de portería no son precisos dado a que la señalización de los lugares de parqueo es deficiente y se borra muy fácilmente. Además de que se toma a consideración que según el tipo de vehículos (grandes o pequeños), existe la posibilidad de ingresar un número mayor o menor de autos a la zona establecida para parqueo.

Según lo descrito anteriormente, para la implementación y simulación del modelo del parqueadero principal de la Universidad de los Llanos, se tuvieron en cuenta un número aproximado de espacios de parqueo según los datos.

## 6. Diseñar, realizar, y analizar los experimentos de simulación

### 6.1. Modelo lógico implementado.

En el diseño del modelo lógico, se estableció un mismo modelo (*Fig.13*) para cada uno de los tipos de vehículos (administrativos, estudiantes y visitantes) que ingresan al parqueadero, y este fue implementado tres veces para la simulación del sistema, variando los parámetros de las distribuciones de probabilidad obtenidas previamente.

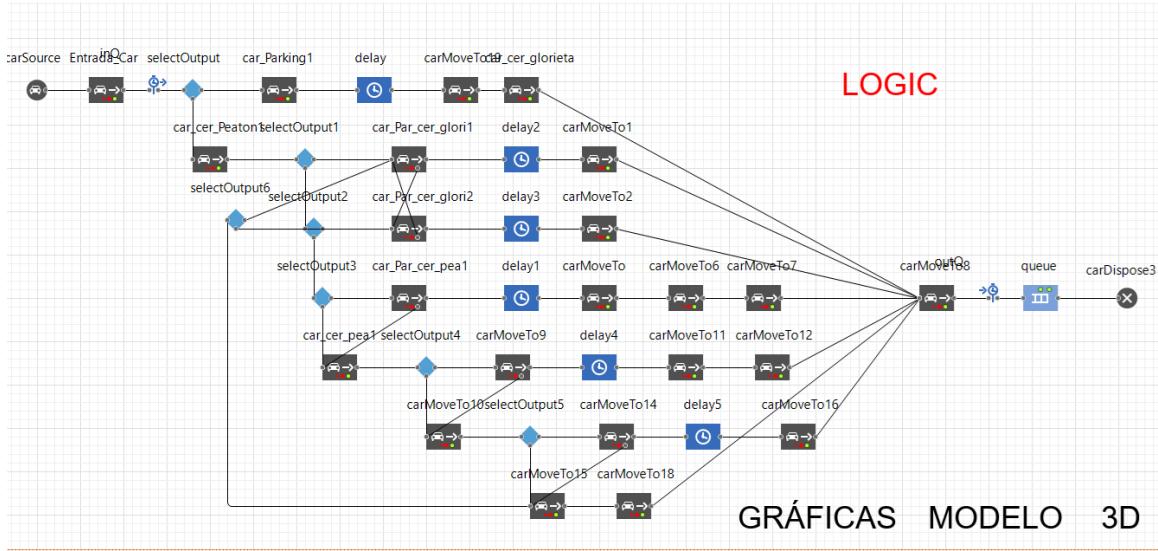


Fig. 15. Modelo entrada, estancia y salida del parqueadero.

## 6.2. Experimentación del modelo implementado

En la implementación del modelo se tuvo en cuenta varios elementos que ayudan a realizar una simulación más precisa pues se tienen presente los retardos (Fig. 14) en cuanto a la toma de decisiones para las vías que toman los vehículos y los espacios de estacionamiento que van a ocupar.

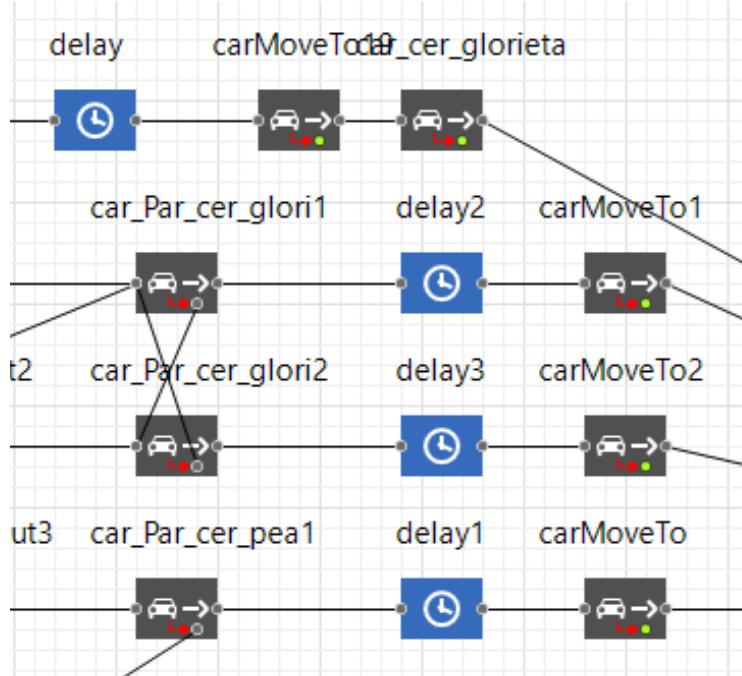
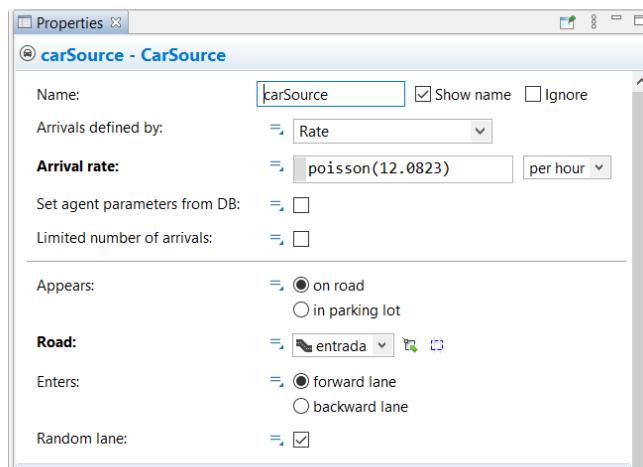


Fig. 14. Delays para la toma de decisiones.

## 7. Documentar y presentar los resultados de la simulación

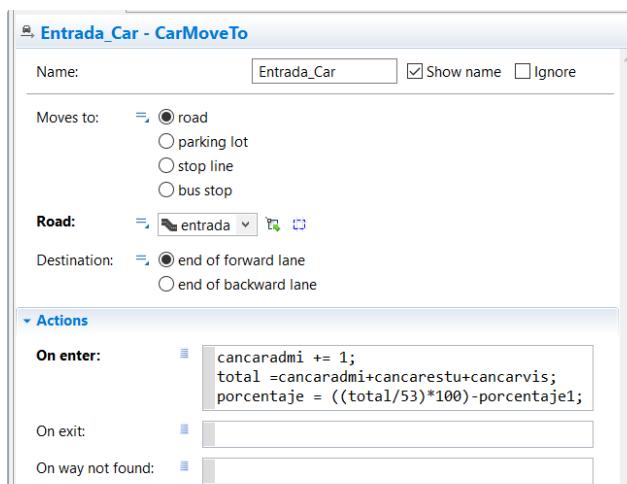
### 7.1. Descripción detallada de la implementación del modelo en el lenguaje o software de simulación

Para la implementación del modelo, se estableció el uso de la distribución de probabilidad de poisson asignando un valor determinado por la suma de los valores obtenidos en EasyFit con los datos recolectados en campo según cada tipo de vehículo (*Fig 15*).



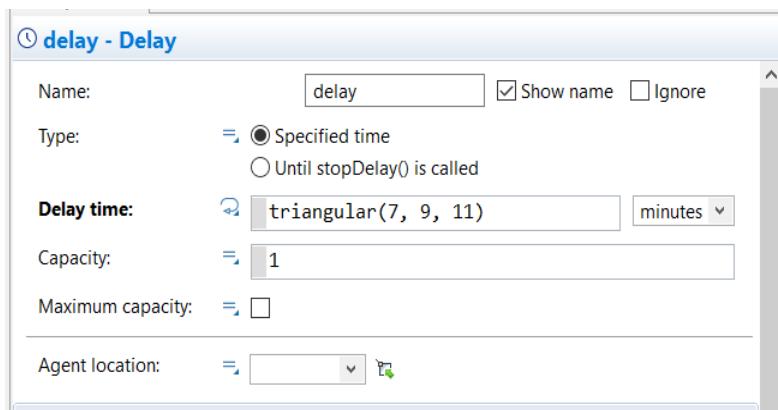
**Fig. 16.** Asignación de distribución de probabilidad para vehículos administrativos.

Para el cálculo del total de vehículos que ingresan al parqueadero y del porcentaje de ocupación del mismo se establecen tres líneas de código en el campo On enter del ítem “Actions” (*Fig. 16*), el contador de cada tipo de vehículos, el total de autos y el porcentaje entre los espacios de estacionamiento disponibles menos el porcentaje de los autos que salieron del parqueadero.



**Fig. 17.** Cálculo del total de vehículos y porcentaje de ocupación.

Por consideraciones prácticas se estableció un tiempo de permanencia en el parqueadero asignado con la distribución de probabilidad triangular, ya que esta distribución permite la asignación tres valores que corresponden en este caso al tiempo mínimo y máximo de permanencia y una moda del mismo tiempo para poder hacer una aproximación en la ejecución de la simulación.

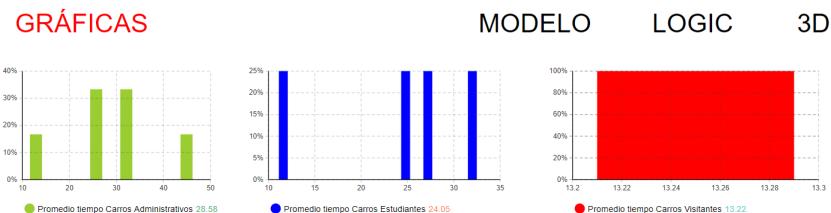


**Fig. 18.** Asignación de los tiempos de permanencia en el parqueadero.

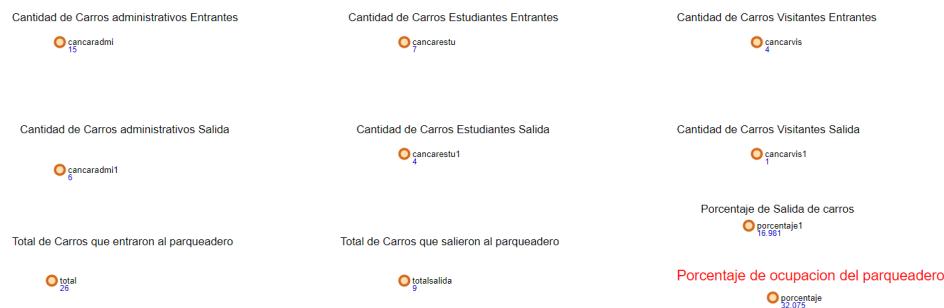
## 7.2. Objetivos y Respuestas a las Preguntas del Estudio de Simulación

Se logró diseñar el modelo conceptual del sistema del parqueadero principal de la Unillanos Sede Barcelona y realizar su respectiva simulación, lo que permitió aproximar los tiempos de llegada y servicio de los diferentes tipos de vehículos que hacen uso del parqueadero según las distribuciones de probabilidad halladas.

Con los resultados obtenidos en la simulación en AnyLogic (*Fig. 18 y 19*) se pudo dar respuesta a las preguntas planteadas. Se obtuvo la cantidad de vehículos que ingresan y salen del parqueadero, se pudo determinar la eficiencia del servicio en el sistema y se determinó que debido a la eficiencia del sistema no es necesario el incrementar los espacios disponibles, salvo en determinadas ocasiones.



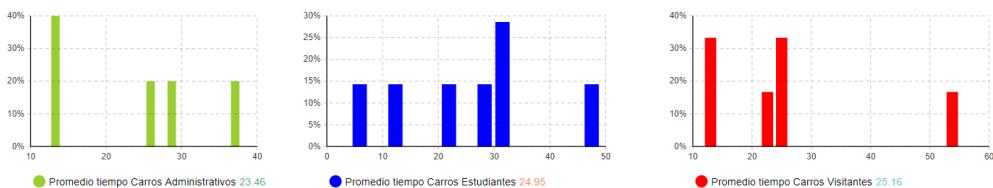
**Fig. 19.** Promedios de tiempos según cada tipo de vehículo.



**Fig. 20.** Resultados de los cálculos obtenidos en la simulación.

## GRÁFICAS

## MODELO      LOGIC      3D



**Fig. 21.** Promedios de tiempos según cada tipo de vehículo para el segundo escenario.

Cantidad de Carros administrativos Entrantes      Cantidad de Carros Estudiantes Entrantes      Cantidad de Carros Visitantes Entrantes

cancaradm1

cancarestu1

cancarvis1

Cantidad de Carros administrativos Salida

cancaradm1

Cantidad de Carros Estudiantes Salida

cancarestu1

Cantidad de Carros Visitantes Salida

cancarvis1

Total de Carros que entraron al parqueadero

total

Total de Carros que salieron al parqueadero

totalsalida

Porcentaje de Salida de carros

porcentaje1

Porcentaje de ocupacion del parqueadero

porcentaje2

**Fig. 22.** Resultados de los cálculos obtenidos en la simulación para el segundo escenario.

### **7.3. Conclusiones**

Al realizar el análisis de implementación de la simulación en AnyLogic, con las tasas de llegada determinadas según las distribuciones de probabilidad establecidas, se concluye que al aumentar la tasa de llegadas en un porcentaje bajo la disponibilidad del sistema no se ve afectada por lo cual no se considera necesario incrementar el número de espacios de estacionamiento, sin embargo al implementar una nueva simulación considerando un porcentaje muy alto en la tasa de llegadas, teniendo en cuenta ocasiones especiales, como la realización de eventos, ceremonias de grado entre otras, se considera obtener mayor disponibilidad de estacionamientos, al ceder el espacio establecido para el parqueo de motos, moviendo el sitio de parqueo de las mismas hacia otra localización dentro de la universidad.

## **Referencias**

- [1] EasyFit. (2022). Retrieved 5 March 2022, from  
<https://easyfit.en.softonic.com/>