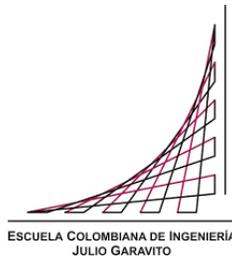


Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Maestría en Ingeniería Electrónica

MODELADO DE LA GESTIÓN ENTRE PARQUEADEROS Y VEHÍCULOS MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE AGENTES INTELIGENTES

José Alejandro Franco Calderon



Bogotá D.C., Julio de 2020

MODELADO DE LA GESTIÓN ENTRE PARQUEADEROS Y VEHÍCULOS
MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE AGENTES INTELIGENTES

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería Electrónica con énfasis en
Automatización Industrial

Ingeniero Enrique Estupiñan Escalante

Director del Trabajo de Grado

Jurado: Roncancio Torres Weimar H.

Jurado: Bora Santos Gustavo A.

Nota de Aceptación:

El trabajo de grado titulado “MODELADO DE LA GESTIÓN ENTRE PARQUEADEROS Y VEHÍCULOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE AGENTES INTELIGENTES” presentada por José Alejandro Franco Calderon, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Electrónica con énfasis en Automatización Industrial.

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., Julio de 2020

*Dedico el presente trabajo a Dios y a mi familia
a quienes les debo con creces gran parte de todo
lo que tengo presente en mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

A mi familia

Por ser el pilar fundamental en mi vida que a base de esfuerzo y amor me ayudan y apoyan siempre en mi crecimiento integral como ser humano.

A mi novia

Evelyn, por tu apoyo incondicional, calidez humana y constante exigencia. Palabras justas en los momentos justos, cuando dejas que tu mente te intenta doblegar para no alcanzar tus sueños.

Gracias por existir en mi vida.

A la Corporación Universitaria Republicana

En especial al Doctor Gustavo Téllez Riaño y la Doctora Lilia Cristina Fandiño Grisales por su apoyo total durante toda la maestría. Gracias, por tanto. Los quiero con todo mi corazón.

A mis profesores de maestría y a la Escuela

En especial al Ingeniero Enrique Estupiñan, por su paciencia, sabios consejos e incondicionalidad a lo largo de toda la maestría, y a los Ingenieros Javier Soto Vargas y Alexander Pérez, por todo el apoyo, tardes de acompañamiento académico y espacios brindados para la reflexión y socialización del conocimiento.

A mis compañeros

Del programa de Maestría en Ingeniería Electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, por su apoyo y compañía durante este proceso académico.

A los administradores de parqueaderos

A todos aquellos administradores de parqueaderos que sin ningún interés en particular confiaron en mi y me han ayudado a lo largo de este proceso con el fin de unir su mundo al mío en pro del avance de nuestra ciudad.

Tabla de contenido

1. OBJETIVOS	15
1.1. Objetivo general	15
1.2. Objetivos específicos.....	15
2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO.....	16
2.1. Etapas para el desarrollo del proyecto	16
2.1.1. Etapa 1: Encuestas de caracterización de conductores y parqueaderos	16
2.1.2. Etapa 2: Simulación de ocupación de parqueaderos	16
2.1.3. Etapa 3: Gestión entre agentes inteligentes	17
2.1.4. Etapa 4: Pruebas de funcionamiento	18
2.1.5. Etapa 5: Interacción entre agentes (vehículos y parqueaderos)	18
2.2. Enfoque seleccionado para el desarrollo del software	18
2.3. Resumen de las etapas metodológicas para el desarrollo del proyecto.....	20
3. MARCO REFERENCIAL.....	21
3.1. Introducción.....	21
3.2. Ciudades inteligentes (Smart cities).....	22
3.3. Transporte y movilidad inteligente (Smart mobility)	24
3.3.1. Revisión preliminar de aplicaciones en el contexto del transporte inteligente	25
3.4. Simulación estocástica	27
3.4.1. Introducción al concepto de simulación	28
3.4.2. Experimentación real y simulación.....	28
3.4.3. Ventajas e inconvenientes de la simulación.....	28
3.4.4. Definición de proceso estocástico.....	29
3.4.5. Procesos de conteo: El proceso de Poisson.....	30
3.4.6. Procesos de nacimiento y muerte	30
3.4.7. Descripción del sistema de una cola	31
3.4.8. Terminología y notación.....	32
3.4.9. Fórmulas Little.....	32
3.4.10. Notación de Kendall	33
3.4.11. Modelos con tasas de llegada y de servicio tipo Poisson.....	33
3.4.12. El modelo $M/M/s$	34
3.5. Agentes inteligentes.....	34
3.5.1. Definición de un agente	35
3.5.2. El agente racional.....	35
3.5.3. Entorno de trabajo de los agentes	35
3.5.4. Estructura de los agentes	35
3.6. Solución de problemas de búsqueda mediante agentes inteligentes	36
3.6.1. Búsqueda.....	37
3.6.2. Problema	37
3.6.3. Árbol de búsqueda	37
3.6.4. Estado inicial de la búsqueda	37

3.6.5.	Expansión de estados	37
3.6.6.	Estrategia de búsqueda	37
3.6.7.	Nodo	38
3.6.8.	Frontera.....	38
3.6.9.	Nodo hoja.....	38
3.6.10.	Diferencia entre nodos y estados	38
3.7.	Medición del rendimiento de la solución del problema	39
3.8.	Estrategias algorítmicas de búsqueda no informada.....	39
3.8.1.	Búsqueda primero en anchura	39
3.8.2.	Búsqueda primero en profundidad	40
3.8.3.	Búsqueda de costo uniforme	40
3.8.4.	Búsqueda de profundidad limitada.....	40
3.8.5.	Búsqueda de profundidad iterativa.....	40
3.8.6.	Comparación de estrategias de búsqueda no informada	40
3.9.	Estrategias algorítmicas de búsqueda informada.....	41
3.9.1.	Búsqueda primero el mejor.....	41
3.9.2.	Búsqueda voraz primero el mejor	41
3.9.3.	Búsqueda A estrella (A*)	41
3.9.4.	Búsqueda recursiva primero el mejor (BRPM)	42
3.9.5.	Búsqueda A* con memoria acotada y simplificada (A*MS)	42
3.9.6.	Comparación de estrategias de búsqueda informada	42
3.10.	Aprendizaje automático	43
3.10.1.	Definición	43
3.10.2.	Conceptos clave y terminología	44
3.10.3.	Datos e inconsistencias en el aprendizaje automático	47
3.10.4.	Tipos de problemas de aprendizaje	48
3.10.5.	Algunos algoritmos en el contexto de aprendizaje automático	51
3.11.	Revisión del estado del arte	56
4.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	59
4.1.	Introducción.....	59
4.2.	Eta 1: Encuestas de caracterización de conductores y parqueaderos.....	59
4.2.1.	Población y muestra	59
4.2.2.	Diseño de las encuestas	60
4.2.3.	Metodología para la aplicación de las encuestas	61
4.2.4.	Estadísticas básicas.....	62
4.2.5.	Análisis de las encuestas	62
4.3.	Eta 2: Simulación de ocupación de parqueaderos	62
4.3.1.	Simulación de un parqueadero según el tamaño.....	62
4.3.2.	Simulación de múltiples parqueaderos	70
4.4.	Eta 3: Gestión entre agentes inteligentes	85
4.4.1.	El modelo de datos de la aplicación	85
4.4.2.	Las vistas de la aplicación	87
4.4.3.	Los controladores de la aplicación	91

5.	RESULTADOS Y CONTRIBUCIÓN	94
5.1.	Introducción.....	94
5.2.	Etapa 4: Pruebas de funcionamiento	94
5.2.1.	Elección del algoritmo de búsqueda	94
5.2.2.	Elección de las curvas ajuste para el modelo de predicción a partir de datos simulados o recolectados.....	99
5.3.	Etapa 5: Interacción entre agentes (vehículos y parqueaderos)	111
5.3.1.	El modelo propuesto	111
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
6.1.	Conclusiones	119
6.2.	Recomendaciones	120
7.	REFERENCIAS.....	123
8.	ANEXOS.....	128
8.1.	Anexo 1.....	128
8.2.	Anexo 2.....	130
8.3.	Anexo 3.....	233

Índice de tablas

TABLA 1. ETAPAS DEL DESARROLLO METODOLÓGICO Y SU ALINEACIÓN CON CADA OBJETIVO ESPECIFICO DEL PROYECTO.....	20
TABLA 2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA	29
TABLA 3. RESUMEN DE LAS FÓRMULAS LITTLE	33
TABLA 4. RESUMEN DE FÓRMULAS MATEMÁTICAS PARA EL MODELO M/M/s.....	34
TABLA 5. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA NO INFORMADA	41
TABLA 6. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA INFORMADA	43
TABLA 7. DEFINICIÓN DE LOS AGENTES SEGÚN EL MODELO REAS (RENDIMIENTO, ENTORNO, ACTUADORES Y SENSORES).....	72
TABLA 8. CLASIFICACIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO DE LOS AGENTES DE BÚSQUEDA.....	73
TABLA 9. RESUMEN DE CRITERIOS TEÓRICOS RELEVANTES AL MOMENTO DE PROGRAMAR LOS ALGORITMOS PARA EL ANÁLISIS PRACTICO	111
TABLA 10. MUESTRA DE 10 EJECUCIONES DE DISTINTOS ALGORITMOS DE BÚSQUEDA COMPARANDO SU RENDIMIENTO EN TIEMPO DE EJECUCIÓN	98
TABLA 11. R ² PARA DATOS SIMULADOS Y RECOLECTADOS PARA CURVAS AJUSTADAS DESDE LUNES AL VIERNES Y LA CURVA PROMEDIO.....	110

Índice de Figuras

FIGURA 1. LA CIUDAD INTELIGENTE.....	23
FIGURA 2. ECOSISTEMA DE LA MOVILIDAD INTELIGENTE.....	24
FIGURA 3. INTERFAZ DE AJUSTE DE PARÁMETROS PARA LA SIMULACIÓN DEL MODELO M/M/S PARA PARQUEADEROS SEGÚN CAPACIDAD	64
FIGURA 4. EJEMPLO DE LOS CÁLCULOS OBTENIDOS AL INGRESO DE PARÁMETROS SEGÚN DINÁMICA DE OPERACIÓN DE UN PARQUEADERO CARACTERIZADO	64
FIGURA 5. RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE VEHÍCULOS POR HORA VS. EL TIEMPO QUE DEMORA UN ESPACIO OCUPADO (MINUTOS)	66
FIGURA 6. RELACIÓN ENTRE EL VALOR ESPERADO DE VEHÍCULOS OCUPANDO UN ESPACIO VS. EL TIEMPO QUE DEMORA UN ESPACIO OCUPADO (MINUTOS).....	66
FIGURA 7. RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO MEDIO DE ESPERA POR UN ESPACIO (SEGUNDOS) VS. EL TIEMPO QUE DEMORA UN ESPACIO OCUPADO (MIN)	67
FIGURA 8. RELACIÓN ENTRE LA PROBABILIDAD DE ENCONTRAR EL PARQUEADERO VACÍO VS. EL TIEMPO QUE DEMORA UN ESPACIO OCUPADO (MINUTOS).....	67
FIGURA 9. RELACIÓN ENTRE LA PROBABILIDAD QUE UN NUEVO VEHÍCULO TENGA QUE ESPERAR VS. EL TIEMPO QUE DEMORA UN ESPACIO OCUPADO (MINUTOS).....	68
FIGURA 10. INTERFAZ DE GESTIÓN DE LA BASE DE DATOS SIMULACIONES	68
FIGURA 11. REGISTROS E INTERFAZ DE GESTIÓN DE LA TABLA DINAMICA DE OPERACION EN LA BASE DE DATOS SIMULACIONES	69
FIGURA 12. REGISTROS E INTERFAZ DE GESTIÓN DE LA TABLA PARQUEADEROS EN LA BASE DE DATOS SIMULACIONES	70
FIGURA 13. REGISTROS EN DETALLE DE LA TABLA PARQUEADEROS.....	72
FIGURA 14. GRAFO SIMPLIFICADO DEL MODELO DE BÚSQUEDA. CASO GENERAL	74
FIGURA 15. MATRIZ DE PESOS QUE RELACIONA UBICACIÓN DE ORIGEN CON POTENCIALES PARQUEADEROS DE DESTINO. CASO GENERAL	75
FIGURA 16. MATRIZ DE ACCESO QUE RELACIONA UBICACIÓN DE ORIGEN CON POTENCIALES PARQUEADEROS DE DESTINO Y EL VALOR A MINIMIZAR V_m . CASO GENERAL.....	75
FIGURA 17. GRAFO SIMPLIFICADO DEL MODELO DE BÚSQUEDA. CASO PARTICULAR	76
FIGURA 18. MATRIZ DE PESOS QUE RELACIONA UBICACIÓN DE ORIGEN CON POTENCIALES PARQUEADEROS DE DESTINO. CASO PARTICULAR (MODO RADAR).....	76
FIGURA 19. INTERFAZ DE CREACIÓN DE PARQUEADEROS Y ANÁLISIS DE ALGORITMOS DE BÚSQUEDA IMPLEMENTADOS	79
FIGURA 20. SECCIÓN DE ANÁLISIS DE ALGORITMOS DE BÚSQUEDA.....	79
FIGURA 21. SECCIÓN DE CREACIÓN DE PARQUEADEROS PARA SIMULAR LAS BÚSQUEDAS ENTRE AGENTES.....	80

FIGURA 22. PRIMERA VERSIÓN, VISTA GENERAL DE OCUPACIÓN DE PARQUEADEROS PARA UNA SIMULACIÓN A LAS 7:00 AM.....	82
FIGURA 23. PRIMERA VERSIÓN, VISTA GENERAL DE OCUPACIÓN DE PARQUEADEROS PARA UNA SIMULACIÓN A LAS 1:00 PM	82
FIGURA 24. PRIMERA VERSIÓN, VISTA GENERAL DE OCUPACIÓN DE PARQUEADEROS PARA UNA SIMULACIÓN A LAS 7:00 PM	83
FIGURA 25. VERSIÓN GEORREFERENCIADA WEB, VISTA GENERAL DE OCUPACIÓN DE PARQUEADEROS PARA UNA SIMULACIÓN A LAS 7:00 AM.....	83
FIGURA 26. VERSIÓN GEORREFERENCIADA WEB, VISTA GENERAL DE OCUPACIÓN DE PARQUEADEROS PARA UNA SIMULACIÓN A LAS 1:00 PM	84
FIGURA 27. VERSIÓN GEORREFERENCIADA WEB, VISTA GENERAL DE OCUPACIÓN DE PARQUEADEROS PARA UNA SIMULACIÓN A LAS 7:00 PM	84
FIGURA 28. ESQUEMA DE LAS COLECCIONES COMO MODELO DE ALMACENAMIENTO DE DATOS EN MONGODB	86
FIGURA 29. VISTA EN FORMATO JSON DE LA COLECCIÓN PARQUEADERO	86
FIGURA 30. VISTA EN FORMATO JSON DE LA COLECCIÓN HORARIO	87
FIGURA 31. VISTA DE USUARIO PARA EL INICIO DE SESIÓN	88
FIGURA 32. VISTA DE USUARIO DEL MENÚ GENERAL	88
FIGURA 33. VISTA DE USUARIO DEL LISTADO DE PARQUEADEROS ORGANIZADO POR PREFERENCIAS	89
FIGURA 34. VISTA DE USUARIO DE AJUSTE DE PREFERENCIAS.....	89
FIGURA 35. VISTA DE USUARIO PARA GESTIONAR UN PARQUEADERO	90
FIGURA 36. VISTA DE USUARIO PARA REGISTRAR OCUPACIÓN EN UN PARQUEADERO.....	90
FIGURA 37. VISTA DE USUARIO GENERAL DEL SISTEMA DE PARQUEADEROS.....	91
FIGURA 38. VISTA DE USUARIO PARA EL CALCULO DE LA RUTA OPTIMA.....	91
FIGURA 39. VISTA DE USUARIO CON LA RUTA OPTIMA CALCULADA.....	91
FIGURA 40. PROGRAMACIÓN DEL SERVICIO WEB PARA CONSULTA TOTAL DE PARQUEADEROS REGISTRADOS EN UNA BASE DE DATOS	92
FIGURA 41. CONSUMO DEL SERVICIO WEB GETPARQUEADEROS() POR PARTE DE UNA DE LAS VISTAS DE LA APLICACIÓN MÓVIL	93
FIGURA 42. DATOS SIMULADOS. SEMANA 1. CUPOS DISPONIBLES VS. HORA DEL DÍA	101
FIGURA 43. DATOS SIMULADOS. SEMANA 2. CUPOS DISPONIBLES VS. HORA DEL DÍA	101
FIGURA 44. DATOS SIMULADOS. SEMANA 3. CUPOS DISPONIBLES VS. HORA DEL DÍA	102
FIGURA 45. DATOS SIMULADOS. SEMANA 4. CUPOS DISPONIBLES VS. HORA DEL DÍA	102
FIGURA 46. DATOS RECOLECTADOS. SEMANA 1. CUPOS DISPONIBLES VS. HORA DEL DÍA.....	103
FIGURA 47. DATOS RECOLECTADOS. SEMANA 2. CUPOS DISPONIBLES VS. HORA DEL DÍA.....	104
FIGURA 48. DATOS RECOLECTADOS. SEMANA 3. CUPOS DISPONIBLES VS. HORA DEL DÍA.....	104
FIGURA 49. DATOS RECOLECTADOS. SEMANA 4. CUPOS DISPONIBLES VS. HORA DEL DÍA.....	105
FIGURA 50. DINÁMICA DE OPERACIÓN DEL PARQUEADERO ANALIZADO CON LOS DATOS RECOLECTADOS	106
FIGURA 51. DINÁMICA DE OPERACIÓN POR DÍAS	106

FIGURA 52. DINÁMICA DE OPERACIÓN SOLO LUNES	106
FIGURA 53. DINÁMICA DE OPERACIÓN SOLO MARTES	107
FIGURA 54. DINÁMICA DE OPERACIÓN SOLO MIÉRCOLES	107
FIGURA 55. DINÁMICA DE OPERACIÓN SOLO JUEVES.....	107
FIGURA 56. DINÁMICA DE OPERACIÓN SOLO VIERNES.....	107
FIGURA 57. EJEMPLO DE ALGUNOS VALORES RETORNADOS POR EL ALGORITMO DE PREDICCIÓN	108
FIGURA 58. CURVA DE PREDICCIÓN. GRADO = 14.....	109
FIGURA 59. CURVA DE PREDICCIÓN. GRADO = 10.....	109
FIGURA 60. CURVA DE PREDICCIÓN. GRADO = 12.....	109
FIGURA 61. CURVA DE PREDICCIÓN. GRADO = 20.....	109
FIGURA 62. CURVA DE PREDICCIÓN. GRADO = 14.....	109
FIGURA 63. CURVA DE PREDICCIÓN. GRADO = 13.....	109
FIGURA 64. MODELO PROPUESTO PARA LA GESTIÓN ENTRE PARQUEADEROS Y VEHÍCULOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE AGENTES INTELIGENTES	112
FIGURA 65. FLUJO DE DATOS QUE INGRESA Y RECIBE DEL MODELO UN USUARIO CONDUCTOR.....	113
FIGURA 66. FLUJO DE DATOS QUE INGRESA Y RECIBE DEL MODELO UN USUARIO ADMINISTRADOR DE PARQUEADERO	113
FIGURA 67. FLUJO DE DATOS E INTERACCIONES DEL CONTENEDOR DE CONTROLADORES.....	114
FIGURA 68. FLUJO DE DATOS E INTERACCIONES DEL CONTENEDOR DE DATOS.....	116
FIGURA 69. FLUJO DE DATOS E INTERACCIONES DEL MODELO DE OCUPACIÓN Y BÚSQUEDA EN TIEMPO-REAL	117

RESUMEN

Las ciudades representan la evolución de la sociedad y según los últimos informes de la ONU, se espera que para el año 2050 concentren al 70% de la población mundial. Esto significa que 6.300 millones de personas, o lo que es lo mismo, toda la población mundial de hace tan solo 7 años, convivirán en poco más de 35 años en entornos urbanos (Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial & Madrid Network, 2012). Por otro lado, en el contexto local, la ciudad de Bogotá cuenta con una densidad poblacional de 19.130 habitantes por kilómetro cuadrado, (Bogotá ciudad de estadísticas, 2010), densidad tan solo superada por ciudades como Lagos (Nigeria), Shenzhen (Citymayors, 2006). Esto presupone grandes retos para distintos sectores, pero uno de los que sin lugar a duda tendrá una gran impacto es el sector de la movilidad urbana, ya que, sumado a las deficiencias propias de los sistemas de transporte urbano, la falta de regulaciones para el seguimiento y control en la ejecución de obras de infraestructura pública y las tendencias al alza en el consumo del ciudadano promedio de la capital colombiana en torno al uso del vehículo, conlleva a mantener un estado de caos, desorden y sensación de pérdida de la productividad debido a la falta de movilidad y pocas soluciones a la vista con el fin de mejorar dicha situación (López, 2014).

El objetivo del presente trabajo es proponer un prototipo de un modelo que permita la gestión entre parqueaderos y vehículos mediante la implementación de agentes inteligentes, con el fin de ayudar en la planificación y toma de decisiones de los viajes por parte de los conductores al interior de la ciudad. Todo esto porque está demostrado que el problema de la movilidad urbana es altamente complejo en términos de la cantidad de variables que intervienen y en efecto impactan en el flujo vehicular, de los citados en el párrafo anterior, el sub sistema de transporte denominado estacionamientos (o parqueaderos) cobra especial importancia, ya que, al no encontrar un sitio para estacionar, los conductores llegan a afectar la movilidad urbana en un 8% en horas valle y hasta en un 30% en horas pico o temporadas especiales (Mingardo, Wee, & Rye, 2015).

Dado el anterior contexto, el desarrollo del prototipo del modelo contempló una serie de actividades que van desde la recolección de información para caracterizar usuarios (conductores de vehículos y administradores de parqueaderos) mediante encuestas, hasta la integración tecnológica en una aplicación web y móvil híbrida con capacidad de solucionar problemas implementando técnicas de inteligencia artificial. La integración del modelo aquí propuesto no solo hace énfasis en que es posible el uso de un dispositivo móvil para presentar de una mejor manera información que puede ayudar en

el contexto de la movilidad urbana, sino, que algoritmos de búsqueda como A* (A estrella) y de regresión en el contexto del aprendizaje automático son totalmente factibles de integrar para mejorar el rendimiento en el análisis de los datos que luego será traducida en información útil.

Teniendo en cuenta que el prototipo del modelo que aquí se describe se encuentra en la fase de mínimo viable teórica y tecnológicamente, se recomienda realizar pruebas de funcionamiento y validación de producto con población objetivo acorde al contexto, todo esto con el fin de evidenciar en una etapa de producción de la aplicación si esta funciona mejor con datos simulados o recolectados por parte de los usuarios, o en contraposición, si es viable una mezcla de los dos escenarios, llevando el modelo en si mismo a una validación que le permita ser implementado tanto en la ciudad de Bogotá como en ciudades que compartan las mismas características, con el fin de propender por el avance hacia Bogotá como una ciudad inteligente.

1. OBJETIVOS

A continuación, se presentan los objetivos planteados para el desarrollo del proyecto.

1.1. Objetivo general

Diseñar y modelar un sistema que permita gestionar espacios libres de estacionamientos con vehículos mediante la implementación de agentes inteligentes.

1.2. Objetivos específicos

1.2.1. Diseñar y simular espacios disponibles y no disponibles para distintos tipos de estacionamiento.

1.2.2. Diseñar y construir un servicio web que implemente agentes inteligentes encargados de la gestión de espacios de estacionamientos.

1.2.3. Diseñar y construir un aplicativo de gestión y control para los administradores de estacionamientos.

1.2.4. Diseñar y construir un aplicativo de gestión y control que conecte a conductores de vehículos con una red de estacionamientos disponibles.

2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

El proyecto tiene una base tecnológica aplicada según una adecuada conceptualización teórica, por consiguiente, se pretende que a partir de la aplicación de distintos conceptos se pueda modelar la gestión entre parqueaderos y vehículos mediante la implementación de agentes inteligentes. Para llevar a cabo el proyecto se hace necesario definir cinco grandes etapas, estas son: **Encuestas de caracterización de conductores y parqueaderos, simulación de ocupación de parqueaderos, gestión entre agentes inteligentes, interacción vehículos – agentes inteligentes y pruebas de funcionamiento** y, a partir de ellas definir momentos de diseño o desarrollo según sea el caso, con el fin de lograr mediante actividades específicas solucionar los distintos problemas que permitan cumplir con el objetivo general presupuestado.

2.1. Etapas para el desarrollo del proyecto

A continuación, se describen cada una de las etapas que han sido necesarias para desarrollar el proyecto de acuerdo con lo expuesto en el objetivo general y de acuerdo con los objetivos específicos.

2.1.1. Etapa 1: Encuestas de caracterización de conductores y parqueaderos

Para lograr definir características importantes en el sistema se hace necesario realizar dos encuestas: una enfocada hacia un grupo de administradores de parqueaderos y la otra hacia grupo de conductores de vehículos que hagan uso de parqueaderos de forma regular. Esta parte del proceso tendría caracterizada de forma adecuada las dos grandes entidades que intercambiaran información en el sistema, conductores y vehículos.

2.1.2. Etapa 2: Simulación de ocupación de parqueaderos

Para alimentar de información al sistema sobre el estado de ocupación de un determinado parqueadero, se hace necesario simular estos espacios por medio de datos aleatorios discretos que permitan caracterizar de una mejor forma un entorno más adecuado a la realidad. Por lo tanto, se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- Definir parámetros tales como: tipo de estacionamiento, cantidad de espacios disponibles, cantidad de espacios para personas en condición de discapacidad,

tarifa, ubicación, entre otros. Estos datos están fuertemente relacionados con la **Etapa 1** ya que allí es donde se recopila información útil para la construcción tanto de las simulaciones como de los aplicativos en sí.

- Definir las estructuras de simulación que permita simular y modelar distintos estacionamientos.
- Construir un aplicativo que permita almacenar en un sistema persistente de datos (base de datos o archivo de texto plano) los estacionamientos previamente caracterizados.

2.1.3. Etapa 3: Gestión entre agentes inteligentes

Para lograr hacer una gestión mediante agentes inteligentes en el contexto del desarrollo de una solución de software, se hacen necesario levantar los requerimientos mínimos viables para:

- Diseñar el software que permita publicar por parte del administrador del parqueadero parámetros relacionados con el funcionamiento de este.
- Diseñar el software que permita gestionar por medio de agentes inteligentes las distintas peticiones y necesidades vía servicio web, tanto de administradores de parqueadero como de conductores de vehículos.
- Diseñar el software que permita encontrar parqueaderos por parte de los conductores de acuerdo con parámetros y preferencias de usuario preestablecidas.
- Evaluar las tecnologías disponibles adecuadas al desarrollo de software tanto web como móvil con el fin de buscar una integración armoniosa entre ellas.
- Construir el software previamente diseñado acorde a los requerimientos de dispositivos y sistemas a integrar.

2.1.4. Etapa 4: Pruebas de funcionamiento

Durante esta etapa se realizan pruebas con el fin de comprobar el funcionamiento de las búsquedas acordes a parámetros configurados por el usuario y al estado dinámico del sistema de parqueaderos simulado, se hacen las siguientes pruebas:

- Pruebas en torno a la creación de los datos que simularán distintos estados al interior de un estacionamiento.
- Pruebas de estimación de ocupación de parqueaderos según hora del día mediante aprendizaje automático a partir de datos históricos simulados.
- Pruebas de búsquedas de estacionamientos según necesidades de conductores con y sin la integración de agentes inteligentes.
- Cálculo de la ruta óptima de llegada hacia el estacionamiento por parte de un conductor.

2.1.5. Etapa 5: Interacción entre agentes (vehículos y parqueaderos)

Durante esta etapa, los datos producto de las simulaciones de distintos estacionamientos se vinculan como información útil para los aplicativos de software que harán las búsquedas y negociaciones con los distintos administradores de parqueaderos y los conductores de vehículos. En esta etapa se pretende proponer un modelo que permita gestionar la interacción entre dichos actores (conductores de vehículos y administradores de parqueaderos) mediante agentes inteligentes.

2.2. Enfoque seleccionado para el desarrollo del software

Gran parte de la solución requiere de la integración funcional de grupos de datos con aplicativos desarrollados bajo un lenguaje de programación. Esta integración debe estar alineada bajo algún enfoque para el desarrollo de software, existen varios enfoques tales como: modelos lineales, modelos en cascada, modelos basados en prototipos rápidos, modelos incrementales, modelos en espiral, entre otros. Para el proyecto se hará uso del **modelo basado en prototipos rápidos** modelo de desarrollo que adoptan empresas como Facebook, Google, Instagram, Amazon, entre otras, para la prueba y validación rápida de

ideas o nuevos productos de base tecnológica, ya que ofrece una serie de ventajas y etapas de desarrollo que permiten el crecimiento evolutivo de las aplicaciones que permite centrarse en objetivos en particular más allá del desarrollo de un sistema completo. El modelo seleccionado cumple con las siguientes etapas para el desarrollo de un prototipo:

- Comunicación de objetivos.
- Plan rápido.
- Modelado y diseño rápido.
- Construcción del prototipo.
- Desarrollo entrega y retroalimentación.
- Entrega del prototipo final.

Algunas **ventajas** de este tipo de modelo son:

- No modifica el flujo del ciclo de vida así reduce el riesgo de construir productos que no satisfagan las necesidades de los usuarios.
- Reduce costo y aumenta la probabilidad de éxito de módulos particulares en el desarrollo.
- Exige disponer de las herramientas adecuadas.
- Este modelo es útil cuando el cliente conoce los objetivos generales para el software, pero no identifica los requisitos detallados de entrada, procesamiento o salida.
- También ofrece un mejor enfoque cuando el responsable del desarrollo del software está inseguro de la eficacia de un algoritmo, de la adaptabilidad de un sistema operativo o de la forma que debería tomar la interacción humano-máquina.

Algunos de los **inconvenientes** de este modelo pueden ser:

- Debido a que el usuario ve que el prototipo funcional piensa que este es el producto terminado y no entiende que recién se va a desarrollar el software.
- El desarrollador puede caer en la tentación de ampliar el prototipo para construir el sistema final sin tener en cuenta los compromisos de calidad y mantenimiento que tiene con el cliente y la solución final.

2.3. Resumen de las etapas metodológicas para el desarrollo del proyecto

Con los datos recopilados por medio de las encuestas se puede entonces definir de forma adecuada las dos entidades que compartirán información (conductores y vehículos). Este proceso sirve a la vez para el levantamiento de requerimientos mínimos en torno al diseño y posterior construcción de los aplicativos. Las simulaciones de los datos dinámicos de los parqueaderos pretenden modelar un grupo de ellos con información aleatoria y variante en el tiempo con el fin de poder modelar o estimar algunos parámetros en el funcionamiento de los distintos parqueaderos. Con los aplicativos construidos en gran parte gracias al levantamiento de requerimientos realizado en las encuestas y con los datos simulados del grupo de parqueaderos, se integrarán luego las peticiones provenientes por parte de los conductores, con el fin de poder buscar y encontrar espacios disponibles gestionando estas interacciones mediante un sistema de agentes inteligentes. La Tabla 1 relaciona los objetivos específicos con las etapas para el desarrollo del proyecto anteriormente definidas.

Objetivo específico	Etapas del desarrollo metodológico
Diseñar y simular espacios disponibles y no disponibles para distintos tipos de estacionamiento	Etapa 1 y Etapa 2
Diseñar y construir un servicio web que implemente agentes inteligentes encargados de la gestión de espacios de estacionamientos	Etapa 3 y Etapa 4
Diseñar y construir un aplicativo de gestión y control para los administradores de estacionamientos	Etapa 3, Etapa 4 y Etapa 5
Diseñar y construir un aplicativo de gestión y control que conecte a conductores de vehículos con una red de estacionamientos disponibles	Etapa 3, Etapa 4 y Etapa 5

Tabla 1. Etapas del desarrollo metodológico y su alineación con cada objetivo específico del proyecto.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. Introducción

Gestionar sustentablemente los recursos naturales disponibles e integrarlos con las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones está a la orden del día si se desea mejorar la calidad de vida de los ciudadanos (Vélez, 2015).

Es entonces donde construir o reformar paulatinamente una ciudad hacia un entorno inteligente (Smart City) presupone grandes compromisos tanto gubernamentales como sociales (Soumaya, 2015). El ciudadano hoy en día es más activo en la participación e influye de forma más significativa en la toma de decisiones para una ciudad, esto genera que no solo las iniciativas provengan de una administración tradicionalmente lenta en la puesta en marcha de acciones concretas, sino que se involucre el sector privado para realizar cambios al interior de las empresas que impulsen una gestión cada vez mas eficiente de la ciudad (Tossell, 2014).

La construcción de una ciudad inteligente abarca factores claves como: el manejo inteligente de la infraestructura energética, la economía colaborativa inteligente, la movilidad urbana inteligente y la información oportuna de productos y servicios que rodean a una ciudad, entre otros; los cuales determinan el grado de sustentabilidad y crecimiento económico la urbe (Ruiz, Colmenar, Mur, & López, 2014).

Alrededor del concepto de la movilidad inteligente (Smart Mobility) se hace relevante y además pertinente evaluar el impacto que genera el sistema de estacionamientos de una ciudad en las redes de tráfico, ya que debido a las actividades propias de la búsqueda, ubicación y llegada a un sitio de parqueo el flujo vehicular puede verse afectado por conductores que reducen la velocidad, se detienen para preguntar sobre un lugar donde parquear o sencillamente se estacionan de forma inadecuada en la vía (López, 2014).

3.2. Ciudades inteligentes (Smart cities)

Una ciudad puede ser vista como el espacio donde interactúan estructuras sociales junto con proveedores de bienes y servicios. Por excelencia es el lugar donde se supone los seres humanos pasan gran parte de sus vidas. Según (Tossell, 2014) para el año 2040 aproximadamente el 65% de la población mundial estará viviendo en áreas urbanas, generando no solo una afectación social sino también a nivel económico y ambiental. Esto presupone que alrededor del 60% de PIB mundial será concebido en estas grandes urbes.

Las distintas ciudades se clasifican hoy en día en términos de desarrollo sostenible, logrando identificar cuales de ellas poseen desempeños adecuados, pero se debe tener en cuenta el contexto, el tamaño y los recursos disponibles que rodean el crecimiento homogéneo de cada ciudad. (Soumaya, 2015). La planificación para determinar el crecimiento de una determinada ciudad estará sujeta entonces a políticas gubernamentales que brinden directrices claras hacia donde y como serán las ciudades del futuro. (Soumaya, 2015).

Con este marco referencial, en la última década aparece un concepto relativamente nuevo denominado Smart Cities, Ciudades Inteligentes. Este concepto permite que la sostenibilidad no este solamente ligada al desarrollo económico, sino que cada país, de cada gobierno, con base en los recursos naturales disponibles y de las capacidades de aplicar conocimiento relacionado a infraestructura tecnológica puedan plantear soluciones a un determinado problema social bajo esta perspectiva. (Weisi & Ping, 2014).

Las Smart Cities, son entonces, aquella agrupación conceptual de las denominadas ciudades creativas y ciudades eficientes, las cuales buscan integrar y sincronizar de forma efectiva los recursos disponibles para los habitantes, minimizando el impacto ambiental y mejorando la calidad de vida de los ciudadanos, esto posibilita determinar seis indicadores comunes en ellas, estos son: gente inteligente, gobierno inteligente, movilidad inteligente, entorno inteligente, economía inteligente y estilo de vida inteligente (Soumaya, 2015). Una apuesta por lograr integrar en una ciudad estos seis indicadores llevaría a los seres humanos en una nueva era en las telecomunicaciones.



Figura 1. La ciudad inteligente¹

Norte América, Japón, Corea del Sur, China, India y parte de Europa han dado pasos realmente significativos en torno al tema medioambiental, esto en gran medida debido al compromiso acordado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) el cual fijó como meta que para finales del año 2020 los países considerados como los mayores productores de Gases de Efecto Invernadero (GEI) reduzcan dichas emisiones en un 5.4% con relación a la década de los 90 (Hernández & Bastidas, 2015). Todo un reto para las ciudades del futuro si tenemos en cuenta que estas serán las que albergarán gran parte de la población mundial.

Latinoamérica por otro lado no es ajena a esta tendencia, países como México, Argentina, Uruguay, Brasil y Colombia hacen esfuerzos significativos al reconocer en estudios preliminares que no son grandes productores de los GEI en comparación con el resto del mundo (Hernández & Bastidas, 2015), pero no por ello son ajenos a brindar soluciones eficientes para las ciudades del mañana. Por este motivo desarrollan estudios y pruebas piloto que aportan soluciones a las ciudades actuales (Vivas, Britos, García, & Cambarieri, 2013), hasta la puesta en marcha de proyectos para educar a la población entorno al desarrollo sostenible de ciudades en crecimiento (Vélez, 2015). Aproximaciones que se ven tímidas con relación a las tecnologías disponibles y su implementación en países como Estados Unidos, Inglaterra, Japón, Corea del Sur o China, los cuales sugieren una hoja de

¹ Imagen tomada de <http://www.automation-sense.com/medias/images/ville-intelligente.jpg>

ruta que promueve un avance mas significativo en el tema medioambiental sin depender del ritmo de cada país.

3.3. Transporte y movilidad inteligente (Smart mobility)

Según (Tossell, 2014) la alta concentración demográfica en las grandes ciudades representara para el año 2040 un reto para el sistema de transito vehicular. El problema del tráfico debe ser entonces abordado desde una perspectiva macroscópica que integre tanto la planeación del flujo vehicular (asignación de carriles, semaforización pertinente, prevención vial, construcción de nuevas vías) como el sistema urbano de parqueaderos (Cao & Mendez, 2015).

La Movilidad Inteligente se refiere entonces a la sostenibilidad, la seguridad y la eficiencia de los sistemas de transporte e infraestructuras, así como a la accesibilidad local, nacional e internacional (Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial & Madrid Network, 2012).

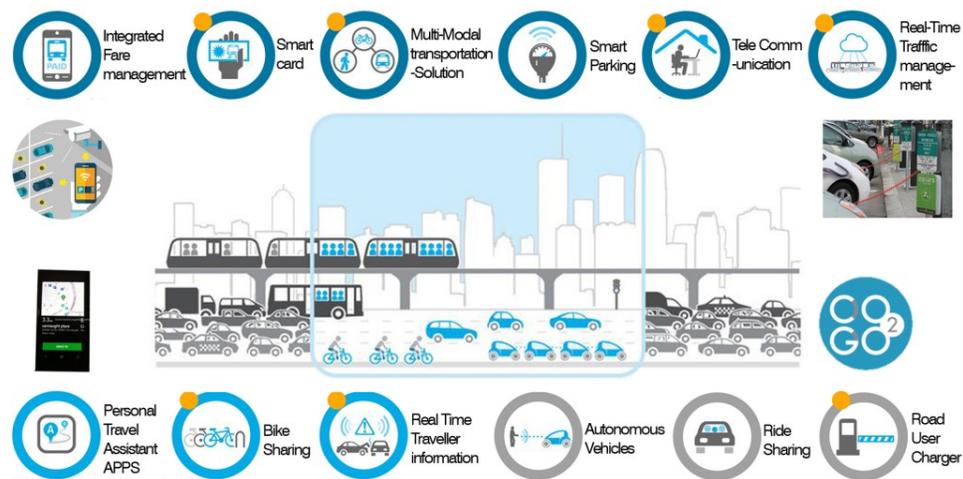


Figura 2. Ecosistema de la Movilidad Inteligente²

La eficiencia de los sistemas de transporte e infraestructuras depende entonces de varios factores, tales como: bloqueos en intersecciones, vehículos lentos en vías rápidas, mala semaforización, accidentes ocasionales o factores ambientales (Gonzales , 2015), como ya se menciona, algunos estudios americanos y europeos estiman que los vehículos que buscan parqueaderos afectan el flujo vehicular reduciendo la velocidad promedio entre en un 8% y

² Imagen tomada de <http://portfolio.cept.ac.in/wp-content/uploads/2015/03/Untitled-3-1024x512.jpg>.

hasta en un 30% en áreas comerciales o centrales durante las horas pico, esto debido en gran medida por la ineficiente forma de proporcionar información en tiempo real hacia los conductores (Mingardo, Wee, & Rye, 2015).

3.3.1. Revisión preliminar de aplicaciones en el contexto del transporte inteligente

A continuación, se resume una serie de trabajos que aportan soluciones en el contexto global de la movilidad inteligente.

En (Roca-Riu, Fernández, & Estrada, 2015) se propuso un modelo matemático para la ciudad de Barcelona (España), que simuló la liberación /ocupación de espacios de parqueo y analizó su impacto en la congestión vehicular, comprobando la relación casi directa entre el aumento en la densidad de tráfico y la dinámica de búsqueda, selección y ubicación de un parqueadero.

En (Gonzales , 2015) se propone un sistema de cobro por congestión. En donde Singapur, Londres y Oslo implementan un sistema dinámico de pago basado en la cantidad de flujo vehicular en una determinada vía.

En (Veintimilla, Sigüencia, & Nieto, 2014) se propuso un prototipo que procesa señales de video. El sistema mediante técnicas de visión artificial determina de manera automática la disponibilidad de espacios en el parqueadero.

En (Chou, Lin, & Li, 2008) se propone un sistema que usa agentes inteligentes y considera una negociación de precios entre el parqueadero y el vehículo. El sistema se propone como una alternativa de comercio electrónico en donde pretende visibilizar los parqueaderos y que estos sean mejor aprovechados por los conductores. Busca una sana competencia entre administradores de parqueaderos y usuarios.

En (Wang, Bertrant, & Chalon, 2015) se propone un sistema de gestión dinámico de carriles vehiculares para compartir de una forma adecuada el espacio durante el tráfico. El modelo esta basado en la visualización de datos y la adquisición de estos por medio

de redes de sensores. Segmenta y clasifica los vehículos que están en la vía para ubicarlos adecuadamente según la densidad de tráfico y los carriles disponibles. Concluye que el aumento de carriles por si solo no soluciona la problemática de la densidad de tráfico. Es decir que, al aumentar el número de carriles estos deberán estar ligados a un sistema de gestión inteligente para el mejor su aprovechamiento.

En (Macas, García, & Sánchez, 2015) se propone el estudio, análisis e implementación de un prototipo de parqueadero inteligente haciendo uso de una cámara web para determinar espacios libres en tiempo real. Es una solución de propósito específico, presentando problemas al determinar la mejor ubicación de las cámaras. Concluye con grandes problemas debido a oclusiones ya sea por otros vehículos, personas u objetos que afectaban la visualización y posterior conteo de espacios disponibles.

En (Teodorovic & Lucic, 2006) se propone un sistema inteligente en la búsqueda de parqueaderos, el propósito particular es realizar un inventario de espacios disponibles basado en lógica difusa y técnicas de programación.

Para (Jara, y otros, 2014) la solución es la plataforma Digcovery donde se provee a los clientes un control y monitoreo de sus "cosas", productos desde un navegador web o un teléfono inteligente. Se introduce e implementa el concepto del internet de las cosas (IoT).

En (Pedraza, López, & Hernández, 2013) se propone un sistema de comunicación para el control de una intersección de tráfico vehicular. Este permite monitorear las luces de los semáforos para detectar anomalías y responder adecuadamente ante posibles eventualidades. Introduce el concepto del semáforo inteligente para la auto gestión y control de vías altamente transitadas.

En (Godoy, Sosa, Sosa, Belloni, & Benítez, 2015) se presenta un proyecto para optimizar la recolección de contenedores con desechos domiciliarios. Pretende implantar en los contenedores de basura sensores ambientales, acelerómetros, GPS, entre otros, que le permita determinar el estado de un determinado contenedor, con el fin de notificar al carro recolector una ruta óptima para recoger los residuos urbanos.

En (Silva, Henao, Pedraza, & Vega, 2015) se hace el uso de tecnologías emergentes para el monitoreo de tráfico vehicular, hace uso de redes de sensores inalámbricos para crear un sistema de monitoreo vehicular inteligente como una estrategia para mejorar el flujo de vehículos.

En (Formoso, Mazilli, & Sotelo, 2014) se presenta Parkit como una plataforma inteligente para la gestión de estacionamientos públicos o privados. Hace uso de redes de sensores magnéticos conectados inalámbricamente.

Por otro lado (Acosta, Tintos, & Guerrero, 2014) presentan el sistema iPARKING donde hacen uso de la red de parquímetros públicos de la ciudad para la instalación y monitoreo de sensores de forma inalámbrica.

En (Ping Lau, Merrett, Weddell, & White, 2015) se define una red de sensores para controlar el sistema de iluminación de una ciudad. Presenta un esquema adaptativo (mediante un algoritmo) en tiempo real que permite el ajuste del brillo de las luces en la ciudad teniendo en cuenta la detección de vehículos y peatones.

Pero de poco o nada servirán algunas de las soluciones anteriormente mencionadas, si no se logra cambiar lo que (López, 2014) evidenció en el contexto Latinoamericano, una marcada tendencia a usar de vehículos particulares, debido en gran parte a deficientes sistemas de transporte masivo y políticas gubernamentales poco estrictas en torno a la regulación y uso del suelo para la administración y gestión de parqueaderos, que contribuyen de forma negativa al flujo vehicular en una ciudad. La solución no solo estaría en crear nuevos sitios de parqueo, sino hacer de los que están disponibles lugares más eficientes con el ciudadano y el medio ambiente (Pachón, Liscano, & Montoya, 2015).

3.4. Simulación estocástica

Las definiciones de esta sección son un extracto o han sido parafraseadas según (Abad, 2002), pretende introducir el concepto de simulación estocástica y como los diferentes modelos de la Teoría de Colas pueden ayudar a entender problemas que por sí solos no son fáciles de desarrollar y comprender de una forma analítica.

3.4.1. Introducción al concepto de simulación

La simulación es la técnica que consiste en realizar experimentos de muestreo sobre el modelo de un sistema. Un modelo no es más que un conjunto de variables y restricciones que junto con ecuaciones matemáticas buscan una relación sobre dichas variables. En muchas ocasiones, la realidad es bastante compleja como para ser estudiada directamente y es preferible la formulación de un modelo que contenga las variables más relevantes que aparecen en el fenómeno en estudio y las relaciones más importantes entre ellas.

3.4.2. Experimentación real y simulación

La experimentación directa sobre la realidad suele tener muchos inconvenientes, tales como:

- Un costo muy alto.
- Gran lentitud.
- En ocasiones las pruebas son destructivas.
- Algunas veces no es ética (experimentar sobre humanos, animales en peligro, entre otros).
- Puede resultar imposible de realizar.

Razones como las anteriores expuestas pueden indicar la ventaja de trabajar con modelos de los sistemas reales. La estadística es precisamente la ciencia que se preocupa de cómo estimar los parámetros y contrastar la validez de un modelo a partir de los datos observados del sistema real que se pretende modelizar.

3.4.3. Ventajas e inconvenientes de la simulación

La Tabla 2 resume algunas ventajas e inconvenientes al optar por una simulación estocástica de la realidad.

Ventajas	Inconvenientes
En casos en los que la resolución analítica no puede llevarse a cabo	La construcción de un buen modelo puede ser una tarea muy laboriosa
Si se desea experimentar antes de que exista el sistema	Frecuentemente el modelo omite algunas variables o relaciones importantes entre ellas
Cuando es imposible experimentar sobre el sistema real por ser dicha experimentación destructiva	Resulta difícil conocer la precisión de la simulación, especialmente en lo relativo a la precisión del modelo formulado
En ocasiones en las que la experimentación es posible pero no ética.	
Es de utilidad en sistemas que evolucionan muy lentamente en el tiempo.	

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de la simulación estocástica

3.4.4. Definición de proceso estocástico

Un proceso estocástico no es más que una colección de variables aleatorias que se denotarán por $X(t)/ t \in T$ o bien $[X_t]_{t \in T}$. Es decir, cada X_t es una variable aleatoria $X_t: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ todas ellas definidas sobre el mismo espacio de probabilidad Ω . El subconjunto, E , de \mathbb{R} en el que toman valores todas las variables se conoce como espacio de estados, mientras que el conjunto de índices, T , se denomina espacio de tiempos. Según el espacio E y T sean finitos (o infinitos numerables) o contengan al menos un intervalo, se hablará de procesos estocásticos con espacio de estados (discreto o continuo) y en tiempo (discreto o continuo).

Algunos ejemplos de situaciones reales que se podrían modelar mediante procesos estocásticos son los siguientes:

- El tiempo de respuesta de un sistema informático multiusuario, según la hora del día. Aquí el espacio de estados puede ser $E = (0, \infty)$ y el de tiempos $T = [0, 24)$, por tanto, se trata de un proceso estocástico en tiempo continuo y espacio de estados continuo.

- El número de terminales conectadas a un servidor según el instante del día. De nuevo $T = [0, 24)$, mientras que ahora $E = (0, 1, 2, \dots)$. Se trata pues de un proceso estocástico en tiempo continuo y con espacio de estados discreto.
- El tiempo de CPU de un servidor dedicado a usuarios según el día del año. Se trata de un proceso estocástico en tiempo discreto y con espacio de estados continuo, pues $T = (1, 2, 3, \dots, 365)$ y $E = [0, \infty)$.

3.4.5. Procesos de conteo: El proceso de Poisson

Un proceso estocástico en tiempo continuo y con espacio de estados discreto, $[N_t]_t \in [0, \infty)$ se dice de contar si verifica tres axiomas:

- $N_0 = 0$
- N_t toma únicamente valores enteros no negativos.
- Si $s < t$ entonces $N_s(w) \leq N_t(w)$ para todo $w \in \Omega$.

Algunas situaciones prácticas que se pueden modelizar mediante procesos de contar son:

- El número de procesos enviados a un servidor hasta un tiempo t .
- El número de llamadas telefónicas recibidas por una oficina de reserva de billetes hasta un tiempo t .
- El número de errores de software habidos en un sistema informático hasta un instante t .

3.4.6. Procesos de nacimiento y muerte

Existen otros procesos más generales, llamados de nacimiento y muerte, que contemplan la posibilidad de que dicho número pueda disminuir. Los procesos de nacimiento y muerte, además de generalizar el proceso de Poisson en el sentido más estricto, también son más generales por el hecho de permitir que las tasas de nacimientos y muertes puedan depender del número de individuos de la población.

3.4.7. Descripción del sistema de una cola

En muchas ocasiones de la vida real, un fenómeno muy común es la formación de colas o líneas de espera. Esto suele ocurrir cuando la demanda real de un servicio es superior a la capacidad que existe para atender dicho servicio. Todos los fenómenos de línea de espera comparten ciertas características comunes que dan lugar al modelo de sistema de una cola. En dicho modelo se distinguen los siguientes elementos:

- **Fuente de entrada o población inicial:** Es un conjunto de individuos (no necesariamente seres vivos) que pueden llegar a solicitar el servicio en cuestión. Se puede considerar finita o infinita. Aunque el caso de ser infinita no es realista, sí permite resolver de forma más sencilla situaciones de la realidad.
- **Cliente:** Es todo individuo de la población inicial que solicita el servicio.
- **Capacidad de la cola:** Es el máximo número de clientes que pueden estar haciendo cola (antes de comenzar a ser atendidos). También se puede suponer finita o infinita, para efecto de los cálculos es común suponerla infinita.
- **Disciplina de la cola:** Es el modo en que los clientes son seleccionados para ser servidos. Las más habituales son: **FIFO** (first in first out), se atiende primero al cliente que antes haya llegado. **LIFO** (last in first out), se atiende primero al último cliente que haya llegado. **RSS** (random selection of service), selecciona a los clientes de forma aleatoria.
- **Mecanismo de servicio:** Es el procedimiento por el cual se da servicio a los clientes que se solicitan. Para determinar totalmente el mecanismo de servicio se debe conocer el número de servidores de dicho mecanismo y la distribución de probabilidad del tiempo que le lleva a cada servidor atender un servicio.
- **La cola:** Es el conjunto de clientes que esperan, es decir, los clientes que ya han solicitado el servicio pero que aún no han pasado al mecanismo de servicio.

- **El sistema de la cola:** Es el conjunto formado por la cola y el mecanismo de servicio, junto con la disciplina de la cola, que es los que indica el criterio de qué cliente de la cola elegir para pasar al mecanismo de servicio.

3.4.8. Terminología y notación

Todos los modelos de cola que se analizan en las simulaciones presentes en este documento son estacionarios, en ellos las distribuciones de probabilidad marginal de los procesos estocásticos no cambian en el tiempo. En tales condiciones tiene efecto definir los siguientes conceptos:

- λ : Tasa de llegadas.
- μ : Tasa de servicio.
- S : Número de servidores.
- ρ : Factor de utilización del sistema o intensidad de tráfico.
- L : Valor esperado de número de clientes en el sistema.
- L_q : Valor esperado de número de clientes en la cola.
- W : Tiempo medio de espera en el sistema.
- W_q : Tiempo medio de espera en la cola.
- P_0 : Probabilidad que el sistema este vacío.
- P_n : Probabilidad de que n clientes estén en el sistema en estado estacionario.
- P_w : Probabilidad de que un nuevo cliente tenga que esperar.

3.4.9. Fórmulas Little

En los modelos con distribución del tiempo entre llegadas y distribución del servicio exponencial se verifican ciertas fórmulas que relacionan los números medios de clientes, en el sistema o en la cola, con los tiempos medios de un cliente en el sistema o en la cola. La Tabla 3 muestra las denominadas fórmulas Little.

$L = \lambda \cdot W$ (Ecu 1)	$L = \lambda \cdot W_q$ (Ecu 2)
$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$ (Ecu 3)	$W = W_q + \frac{1}{\mu}$ (Ecu 4)
$P_n = \frac{\lambda_{n-1} \cdots \lambda_1 \cdot \lambda_0}{\mu_n \cdots \mu_1 \cdot \mu_0}$ (Ecu 5)	$P_0 + P_1 + P_2 + \cdots + P_n = 1$ (Ecu 6)

Tabla 3. Resumen de las fórmulas Little

3.4.10. Notación de Kendall

Para clasificar los posibles tipos de sistemas de colas se debe especificar las características que determinan los elementos que lo componen. Así, Kendall introdujo la notación con nomenclatura extendida $A/B/s/K/H/Z$ donde:

- **A** es la distribución del tiempo entre llegadas. Algunas abreviaturas más usadas para las distribuciones entre llegadas son: **M** (exponencial), **D** (determinística), **E_k** (Erlang con segundo parámetro k), **U** (uniforme), **G** (genérica), entre otras.
- **B** es la distribución del tiempo de servicio. Se usan las mismas abreviaturas que el ítem anterior.
- **s** es el número de servidores del sistema.
- **K** es la capacidad de la cola (o longitud máxima de la misma). Este valor se puede omitir, tomando por defecto el valor de $K = \infty$.
- **H** es el tamaño de la población inicial.
- **Z** es la disciplina de la cola. LIFO, FIFO, RSS, GD, entre otras.

3.4.11. Modelos con tasas de llegada y de servicio tipo Poisson

Existen diferentes modelos para sistemas de una cola en la que se supone que la distribución del tiempo entre llegadas y el tiempo de servicio son exponenciales. Algunos pueden ser:

- M/M/1
- M/M/s

- M/M/1/K
- M/M/1/∞/H
- M/M/s/∞/H
- M/M/∞

3.4.12. El modelo M/M/s

Es una generalización del modelo más simple $M/M/1$. Se trata pues de una cola en la que la distribución del tiempo entre llegadas consecutivas es una $\text{exp}(\lambda)$ la distribución del tiempo de servicio es $\text{exp}(\mu)$ y hay s servidores. La población inicial y la capacidad de la cola es infinita y la disciplina de la cola es FIFO. Las fórmulas matemáticas que describen el modelo son las que se pueden ver en la .

$\rho = \frac{\lambda}{s \cdot \mu} \quad (\text{Ecu 7})$	$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s! \cdot (1-\rho)}} \quad (\text{Ecu 8})$
$L_q = \frac{(\lambda/\mu)^s \cdot P_0 \cdot \rho}{s! \cdot (1-\rho)^2} \quad (\text{Ecu 9})$	$P_n = \frac{(\lambda/\mu)^n \cdot P_0}{s! \cdot s^{n-s}} \quad \text{si } n > s \quad (\text{Ecu 10})$
$P_n = \frac{(\lambda/\mu)^n \cdot P_0}{n!} \quad \text{si } 0 \leq n \leq s \quad (\text{Ecu 11})$	$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (\text{Ecu 12})$
$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (\text{Ecu 13})$	$L = \lambda \cdot W = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (\text{Ecu 14})$
$P_w = (\lambda/\mu)^s \cdot \frac{P_0}{s! \cdot (1-\rho)} \quad (\text{Ecu 15})$	

Tabla 4. Resumen de fórmulas matemáticas para el modelo $M/M/s$

3.5. Agentes inteligentes

Esta sección pretende orientar al lector sobre la base fundamental de la naturaleza propia de los agentes inteligentes ideales, sus diversos entornos y la forma de organizar y clasificar agentes existentes. Toda definición encontrada en esta sección es tomada o parafraseada según (Russell & Norvig, 2013).

3.5.1. Definición de un agente

Una agente es cualquier cosa capaz de percibir su entorno (medio) con ayuda de sensores y actuar en dicho medio con ayuda de actuadores.

3.5.2. El agente racional

Es aquel que, en cada posible secuencia de percepciones, debe emprender aquella acción que maximice su medida de rendimiento, basándose en las evidencias aportadas por la secuencia de percepción y el conocimiento que el agente mantiene almacenado de forma histórica.

3.5.3. Entorno de trabajo de los agentes

Un entorno de trabajo es esencialmente los problemas para los que un determinado agente racional deberá dar soluciones. Todos los entornos de trabajo de un agente se pueden clasificar según el REAS (Rendimiento, Entorno, Sensores y Actuadores). Estos entornos de trabajo varían según distintos parámetros. Pueden ser, total o parcialmente visibles, deterministas o estocásticos, episódicos o secuenciales, estáticos o dinámicos, discretos o continuos, y formados por un único agente o por múltiples agentes.

3.5.4. Estructura de los agentes

Un agente básicamente es la unión armoniosa de dos grandes conceptos, por un lado, la arquitectura y por el otro lado el programa del agente $agente = arquitectura + programa$. La **arquitectura** debe estar directamente relacionada con las funciones que podrá ejecutar un determinado agente (ejemplo: si el agente debe obtener una coordenada GPS para alguna función propia de su diseño) dicho agente entonces debería estar equipado con este tipo de sensor para poder ejecutar de la mejor forma esta tarea. Por otro lado, el **programa del agente** debe recibir las percepciones del entorno y transformarlas en acciones claramente definidas para ser interpretadas por los actuadores mediante la función del agente. Con base en lo anterior, es posible definir cinco tipos de agentes, estos son:

- **Agentes reactivos simples:** Es el agente más sencillo, estos seleccionan las acciones sobre la base de las percepciones actuales, ignorando el resto de las percepciones históricas.
- **Agentes reactivos basados en modelos:** Estos agentes mantienen un estado interno que les permiten seguir el rastro de aspectos del medioambiente que los rodea, este estado no es evidente según las percepciones actuales, pero con dicho estado logran definir un modelo del mundo para efectuar luego una secuencia de acciones.
- **Agentes basados en objetivos:** Estos agentes no solo pueden entender mejor el medio dado el modelo, sino que a su vez necesitan información sobre la meta que deben cumplir, esto con el fin de describir mejores acciones deseables para que el agente pueda ejecutar.
- **Agentes basados en utilidad:** Estos agentes no solo son capaces de cumplir con una meta, deben ser capaces de maximizar su función de utilidad según el problema que deseen resolver.
- **Agentes que aprenden:** Estos agentes ya son capaces de maximizar la función de utilidad para el problema a resolver, además son capaces de aprender dadas las retroalimentaciones históricas del entorno en el que se desenvuelve para tomar mejores acciones posibles.

3.6. Solución de problemas de búsqueda mediante agentes inteligentes

En esta sección se guía al lector para que pueda entender como un agente inteligente simple puede encontrar una secuencia de acciones que alcance sus objetivos, cuando ninguna acción simple-reactiva lo hará. Toda definición encontrada en esta sección, en la sección de medición de rendimiento a problemas de búsqueda (3.7) y en las secciones de búsqueda (3.8) y (3.9) (no informada e informada) han sido tomadas o parafraseadas según (Russell & Norvig, 2013). Estas definiciones serán importantes desde el contexto de los agentes que pueden solucionar problemas mediante búsquedas inteligentes.

3.6.1. Búsqueda

Cuando un agente inteligente puede emprender un grupo de acciones en los ambientes deterministas, observables, estáticos y conocidos con el fin de **alcanzar objetivos claramente definidos**.

3.6.2. Problema

Es una abstracción del mundo real, donde el agente deberá encontrar una solución a partir del objetivo inicial. Los problemas consisten en cuatro partes: el **estado inicial**, la definición de la **secuencia de acciones** adecuadas, determinar una función para la **prueba objetivo** y la evaluación de una **función de costo** del camino. Al entorno del problema se le denomina el **espacio de estados posibles** y a la **solución** se le denomina camino, que es trayecto a través del estado inicial hasta el estado objetivo.

3.6.3. Árbol de búsqueda

Es una representación abstracta que parte de un estado inicial explícito y que a través de la función sucesora continúa definiendo el espacio de estados del mundo conocido aceptable

3.6.4. Estado inicial de la búsqueda

Es la raíz del árbol de búsqueda, está correspondiente al inicio del espacio de estados posibles.

3.6.5. Expansión de estados

Cuando a un problema no se le ha encontrado una solución, es necesario aplicar la función sucesora al estado actual con el fin de ampliar (o expandir) el espacio de estados posibles, con el fin de generar un nuevo conjunto de estados.

3.6.6. Estrategia de búsqueda

Para todo estado actual, se hace necesario definir un algoritmo formal que permita evaluar dicho estado para así generar el árbol de búsqueda.

3.6.7. Nodo

Es una estructura de programación abstracta compuesta por cinco componentes:

- **Estado:** Es el estado del espacio de estados posibles al cual corresponde el nodo.
- **Nodo padre:** Es el nodo en un árbol de búsqueda que ha generado este (u otro) nodo.
- **Acción:** Es la función que se le aplicará al nodo padre para generar este (u otro) nodo.
- **Costo del camino:** Tradicionalmente se denomina $g(n)$ de un camino, desde el estado inicial al nodo actual, conectado por medio de punteros a los nodos padres.
- **Profundidad:** Es el número de pasos a lo largo del camino desde el estado inicial.

3.6.8. Frontera

Es una colección de nodos que se han generado, pero aún no se han expandido.

3.6.9. Nodo hoja

Cada elemento en una frontera se denomina un nodo hoja, es decir, nodos sin sucesores en el árbol.

3.6.10. Diferencia entre nodos y estados

Un **nodo** es una estructura de datos que se usa para representar el árbol de búsqueda. Por otro lado, un **estado** corresponde a una configuración del mundo. Así, los nodos están en caminos particulares, según lo definido por los punteros del nodo padre, mientras que los estados no lo están.

3.7. Medición del rendimiento de la solución del problema

La salida típica de la estrategia de búsqueda (algoritmo) es binaria, esto quiere decir que puede existir un fallo o se ha encontrado una solución. Evaluar entonces el rendimiento de dicho algoritmo se puede hacer de cuatro formas distintas:

- **Complejidad:** Hace referencia a la garantía que tiene un algoritmo para encontrar una solución cuando ésta exista.
- **Optimización:** El algoritmo ha encontrado una solución que maximiza la función objetivo.
- **Complejidad en tiempo:** Hace referencia a cuanto tiempo tarda el algoritmo en encontrar la solución.
- **Complejidad en espacio:** Hace referencia a cuanta memoria necesita el algoritmo para el funcionamiento de la búsqueda.

Las complejidades tanto de tiempo como de espacio dependerán entonces de los factores: b (factor de ramificación en el espacio de estados) y d (profundidad de la solución más superficial).

3.8. Estrategias algorítmicas de búsqueda no informada

Este tipo de estrategias de búsqueda (también llamadas búsquedas a ciegas) no tienen información adicional acerca de los estados más allá de la que proporciona la definición del problema. Todo lo que estas estrategias pueden hacer es generar los sucesores y distinguir entre un estado objetivo de uno que no lo es.

3.8.1. Búsqueda primero en anchura

Es una estrategia de búsqueda sencilla en la que se expande primero el nodo raíz, a continuación, se expanden todos los nodos sucesores del nodo raíz, después sus sucesores y así sucesivamente. En general expanden todos los nodos a una profundidad en el árbol de búsqueda antes de expandir cualquier nodo del próximo nivel. Se considera una estrategia completa, óptima para una función de costo unitaria, y tiene la

complejidad en tiempo y en espacio de $O(b^d)$. Siendo la complejidad en espacio un impedimento práctico en la mayoría de los casos.

3.8.2. Búsqueda primero en profundidad

Esta estrategia siempre expande el nodo más profundo en la frontera actual del árbol de búsqueda. La búsqueda procede inmediatamente al nivel más profundo del árbol, donde los nodos no tienen un sucesor. Cuando los nodos se expanden, son removidos de la frontera, así entonces la búsqueda “retrocede” al siguiente nodo más superficial que todavía tenga sucesores inexplorados. No es ni completa ni óptima (depende del tipo de problema a solucionar), la complejidad de tiempo es de $O(b^m)$ y la complejidad en espacio es de $O(bm)$ donde m es la profundidad máxima de cualquier camino en el espacio de estados.

3.8.3. Búsqueda de costo uniforme

El principio de funcionamiento es igual al de la búsqueda primero en anchura, pero esta expande el nodo con el costo $g(n)$ más pequeño del camino. Es completo y óptimo si el costo de cada paso excede de una cota positiva ϵ .

3.8.4. Búsqueda de profundidad limitada

Este tipo de búsqueda es similar a la búsqueda primero en profundidad, pero está ahora impone un límite fijo de profundidad donde se desea buscar.

3.8.5. Búsqueda de profundidad iterativa

Este tipo de búsqueda es similar a la búsqueda primero en profundidad, pero está aumenta el límite paulatinamente hasta encontrar el objetivo. Es completa, óptima para funciones de costo unitario, tiene una complejidad de tiempo de $O(b^d)$ y una complejidad en espacio de $O(bd)$

3.8.6. Comparación de estrategias de búsqueda no informada

La Tabla 5 compara las estrategias de búsqueda no informada en términos de los cuatro criterios base (completitud, tiempo, espacio y optimización).

Criterio	Primero en anchura	Costo uniforme	Primero en profundidad	Profundidad limitada	Profundidad iterativa
Completo	Si^a	$Si^{a,b}$	No	No	Si^a
Tiempo	$O(b^{d+1})$	$O(b^{\lceil c^*/\epsilon \rceil})$	$O(b^m)$	$O(b^l)$	$O(b^d)$
Espacio	$O(b^{d+1})$	$O(b^{\lceil c^*/\epsilon \rceil})$	$O(bm)$	$O(bl)$	$O(bd)$
Óptimo	Si^c	Si	No	No	Si^c

b es el factor de ramificación. **d** es la profundidad de la solución más superficial. **m** es la máxima profundidad del árbol de búsqueda. **l** es el límite de la profundidad. Los súper índices significan: ^a completa si **b** es finita. ^b completa si los costos son $\geq \epsilon$ para ϵ positivo. ^c óptimo si los costos son iguales. ^d si ambas direcciones se utiliza búsqueda primero en anchura.

Tabla 5. Evaluación de estrategias de búsqueda no informada

3.9. Estrategias algorítmicas de búsqueda informada

Este tipo de estrategias de búsqueda, hacen uso de un conocimiento específico del problema más allá de la definición de este, puede encontrar soluciones de manera más eficiente que una estrategia no informada debido a la estimación de una función heurística.

3.9.1. Búsqueda primero el mejor

Es un tipo de búsqueda donde los nodos no explorados de costo mínimo (según alguna medida) se escogen para la expansión. Los algoritmos primero el mejor utilizan típicamente una función heurística $h(n)$ que estima el costo de una solución desde n .

3.9.2. Búsqueda voraz primero el mejor

Este tipo de búsqueda trata de expandir los nodos más cercanos al objetivo, alegando que a lo mejor conduzca más rápidamente a una solución. Así, evalúa los nodos utilizando solamente la función heurística $f(n) = h(n)$ (Ecu 15). No es óptima, pero a menudo es muy eficiente en problemas de reducción de posibilidades.

3.9.3. Búsqueda A estrella (A*)

Este tipo de búsqueda expande nodos con mínimo $f(n) = g(n) + h(n)$ (Ecu 16). A* es un algoritmo completo y óptimo, con tal que se garantice una $h(n)$. admisible (para

búsqueda en árboles) o consistente (para búsqueda en grafos). La complejidad en espacio de este algoritmo es todavía muy prohibitiva en algunos problemas.

3.9.4. Búsqueda recursiva primero el mejor (BRPM)

Es un algoritmo sencillo recursivo que intenta imitar la operación de la búsqueda primero el mejor estándar, pero utilizando un espacio de memoria lineal. Más que seguir indefinidamente hacia abajo del camino actual, mantiene una pista del valor de la función $f(n)$ del mejor camino alternativo disponible desde cualquier antepasado del nodo actual. Si el nodo actual excede este límite, la recursividad vuelve atrás al camino alternativo. Es un algoritmo robusto y óptimo, con suficiente tiempo pueden resolver problemas que A* no puede resolver porque se queda sin memoria.

3.9.5. Búsqueda A* con memoria acotada y simplificada (A*MS)

Es un algoritmo que avanza de la misma forma que A*, expande la mejor hoja hasta que la memoria se llena. En este punto, no se puede añadir un nuevo nodo al árbol sin retirar uno viejo. A*MS siempre retira el peor nodo de la hoja (o el $f(n)$ evaluado con valor más alto). Es un algoritmo robusto y óptimo, con suficiente tiempo pueden resolver problemas que A* no puede resolver porque se queda sin memoria.

3.9.6. Comparación de estrategias de búsqueda informada

La Tabla 6 compara las estrategias de búsqueda informada en términos de los cuatro criterios base (completitud, tiempo, espacio y optimización).

Criterio	Primero mejor	Voraz primero mejor	A estrella (A*)	BRPM	A*MS
Completo	No	No	S_i^a	$S_i^{a,b}$	$S_i^{a,b}$
Tiempo	$O(b^m)$	$O(d)$	$O(b^d)$	$O(bd)$	$O(bd)$
Espacio	$O(b^m)$	$O(b^m)$	$O(b^d)$	$O(bd)$	$O(bd)$
Óptimo	No	No	S_i^a	$S_i^{a,b}$	$S_i^{a,b}$
<p>b es el factor de ramificación. d es la profundidad de la solución más superficial. m es la máxima profundidad del árbol de búsqueda. Los súper índices significan: ^a existe una función heurística admisible o consistente. ^b con que frecuencia cambia la mejor ruta a medida que se expanden los nodos.</p>					

Tabla 6. Evaluación de estrategias de búsqueda informada

3.10. Aprendizaje automático

El objetivo de esta sección es llevar al lector a través de un panorama global entorno a la terminología, conceptos clave y algoritmos en el contexto del aprendizaje automático. Se presentan de forma general las técnicas y algoritmos de cada campo complementario y la arquitectura general que forma parte del núcleo de cualquier implementación de un proyecto basado en este campo del desarrollo. Toda la terminología presente en esta sección ha sido tomada de forma literal o parafraseada de (Gollapudi, 2016).

3.10.1. Definición

Existen muchas definiciones técnicas y funcionales para el concepto de aprendizaje automático, especialmente se tomará como referencia las siguientes:

“Se dice que un programa de computadora aprende de la experiencia E con respecto a alguna clase de tareas T y la medida de rendimiento P, si su desempeño en las tareas en T, medido por P, mejora con la experiencia E”

Tom M. Mitchell

“El aprendizaje automático es el entrenamiento de un modelo a partir de datos que generalizan una decisión en contra de una medida de desempeño. Esto habitualmente estará permitido o restringido según la aplicabilidad de reglas computacionales”

Jason Brownlee

Más allá de estas definiciones, un solo término para la definición de aprendizaje automático es clave para facilitar la comprensión del contexto, este es, problema – búsqueda. Básicamente, es un mecanismo para la búsqueda de patrones y la construcción de inteligencia en una máquina para poder aprender, lo que implica que podrá hacerlo mejor en el futuro desde su propia experiencia.

3.10.2. Conceptos clave y terminología

En esta sección cubre la nomenclatura o terminología estándar utilizada en el aprendizaje automático, a partir de cómo describir datos, definir ¿qué es aprendizaje?, modelado, algoritmos y tareas específicas.

3.10.2.1. ¿Qué es aprendizaje?

En el contexto del aprendizaje automático, “aprendizaje” se puede definir como: datos históricos u observaciones que se utilizan para predecir o derivar en tareas procesables.

Las siguientes son algunas consideraciones para definir un problema de aprendizaje:

- Proporcionar una definición de lo que una máquina debe aprender y que es necesario que en realidad aprenda.
- Definir muy bien los requisitos de los datos y las fuentes de los mismos.
- Definir si la máquina debe operar el conjunto de datos en su totalidad o un subconjunto funcionara.
- Los datos proporcionados se dividen en tres conjuntos de datos: entrenamiento, validación y prueba. No existe una regla estricta sobre qué porcentaje de datos deben ser los conjuntos de datos de entrenamiento, validación y prueba. Puede ser 70-10-20, 60-30-10, 50-25-25, o cualquier otro valor.
- El conjunto de datos de entrenamiento se refiere a las muestras de datos que se utilizan para aprender o construir un modelo clasificador.

- El conjunto de datos de validación se refiere a las muestras de datos que se verifican con el clasificador construido y pueden ayudar a ajustar la precisión de la salida.
- El conjunto de datos de prueba se refiere a las muestras de datos que ayudan a evaluar el rendimiento del clasificador.

Existirá entonces típicamente tres fases para abordar el desarrollo de un proyecto que implemente aprendizaje automático, estas son:

1. **Fase 1 (Fase de entrenamiento):** Esta es la fase en la que los datos de entrenamiento se utilizan para entrenar el modelo al relacionar la entrada dada con la salida esperada. El resultado de esta fase es el propio modelo de aprendizaje.
2. **Fase 2 (Fase de validación y prueba):** Esta fase consiste en medir qué tan bueno es el modelo de aprendizaje que se ha entrenado y estimar las propiedades de este, como las medidas de error, recuperación, precisión y otras. Esta fase utiliza un conjunto de datos de validación, y la salida es un modelo de aprendizaje refinado.
3. **Fase 3 (Fase de aplicación):** En esta fase, el modelo está sujeto a los datos del mundo real para los cuales se deben aplicar y analizar los resultados obtenidos.

3.10.2.2. Datos

Los datos constituyen la principal fuente de trabajo en el aprendizaje automático. Pueden estar en cualquier formato, pueden recibirse en gran volumen y frecuencia. Cuando se piensa en datos, la dimensionalidad siempre debe estar en mente. Se puede contar con agrupaciones de datos estructurados y no estructurados en forma de filas y columnas.

3.10.2.3. Datos etiquetados y sin etiquetar

Los datos en el contexto de aprendizaje automático pueden estar etiquetados o no etiquetados. Los **datos no etiquetados** suelen ser la forma más primitiva de datos. Consiste en muestras de ellos que provienen de dispositivos o creados artificialmente por los seres humanos. Esta categoría de datos está disponible en abundancia. Por ejemplo, secuencias de video, audio, fotos y trinos (twitter). Esta forma de datos generalmente no tiene explicación del significado adjunto.

Los datos no etiquetados se convierten **en datos etiquetados** en el momento que se crea un significado para los mismos. Aquí, se habla de adjuntar una "etiqueta" o "tag" que se requiere, y es obligatorio para interpretar y definir la relevancia. Por ejemplo, las etiquetas para una foto pueden ser los detalles de lo que contiene, como animal, árbol, universidad, incluso si corresponde al tipo de tomas realizadas, video 2D, 3D, imágenes en formato médico o las convencionales RGB. Muy a menudo, las etiquetas están mapeadas o definidas por humanos y son mucho más difíciles de obtener que los datos sin procesar sin etiquetar.

3.10.2.4. Tarea

Una tarea es un problema que un algoritmo de aprendizaje automático está diseñado para resolver. Es importante que se mida el rendimiento en una tarea. El término "rendimiento" en este contexto no es más que la medida o confianza con la que se resuelve el problema.

3.10.2.5. Algoritmos

Después de obtener una comprensión clara del problema de aprendizaje automático que se desea abordar, la atención se centra en qué datos y algoritmos son relevantes o aplicables. Hay varios algoritmos disponibles. Estos algoritmos están agrupados por los subcampos de aprendizaje (como supervisado, no supervisado, reforzado, semi-supervisado o profundo) o las categorías de problemas (como clasificación, regresión, agrupación en clústeres u optimización). Estos algoritmos se aplican de manera iterativa en diferentes conjuntos de datos, y se capturan los modelos de salida que evolucionan con los nuevos datos.

3.10.2.6. Modelos

Los modelos son fundamentales para cualquier implementación de aprendizaje automático. Un modelo describe los datos que se observan en un sistema. Los modelos son la salida de algoritmos aplicados a un conjunto de datos. En muchos casos, estos modelos se aplican a nuevos conjuntos de datos que ayudan a los modelos a aprender nuevos comportamientos y también a predecirlos.

3.10.3. Datos e inconsistencias en el aprendizaje automático

Manejar datos puede llevar a tomar decisiones erróneas si no se entiende que pueden aparecer inconsistencias en los datos, estos problemas pueden encontrarse al implementar proyectos de aprendizaje automático y son necesarios de depurar desde las fases iniciales del proyecto para no tener modelos poco adecuados a la realidad del contexto que se desea dar una solución, algunos problemas que pueden aparecer son:

- **Bajo ajuste (under-fitting):** Se dice que un modelo no es adecuado por “bajo ajuste” cuando no tiene en cuenta la información suficiente para modelar con precisión los datos reales. Por ejemplo, si solo se toman dos puntos en una curva exponencial, esto posiblemente se convierta en una representación lineal, pero podría darse el caso de que no exista un patrón. En casos como estos, se observará errores crecientes y posteriormente un modo impreciso.
- **Sobre ajuste (over-fitting):** Este caso es justo lo contrario del caso explicado anteriormente. Si bien una muestra demasiado pequeña no es apropiada para definir una solución óptima, un conjunto de datos grande también corre el riesgo de que el modelo se ajuste a los datos. El ajuste excesivo generalmente ocurre cuando el modelo estadístico describe el ruido en lugar de describir las relaciones. Al elaborar el ejemplo anterior en este contexto, digamos que tenemos 500.000 puntos de datos. Si el modelo termina adaptándose a los 500.000 puntos de datos, esto se convierte en un ajuste excesivo. Esto significará en efecto que el modelo está memorizando los datos y no ajustará con facilidad nuevos datos que ingresen al modelo.

- **Inestabilidad en los datos:** Los algoritmos de aprendizaje automático son generalmente robustos al ruido que provienen de los datos. Se producirá un problema si los valores atípicos se deben a un error manual o a una mala interpretación de los datos relevantes. Esto dará como resultado un sesgo de los datos, que finalmente terminará en un modelo incorrecto.
- **Formato de los datos impredecibles:** El aprendizaje automático está destinado a trabajar con nuevos datos que ingresan constantemente al sistema y aprenden de estos. La complejidad se introducirá cuando los nuevos datos que ingresan al sistema vienen en formatos que no son compatibles con el sistema de aprendizaje automático modelado. Ahora es difícil decir si los modelos funcionan bien para los nuevos datos dada la inestabilidad en los formatos en que se reciben estos nuevos datos, a menos que exista un mecanismo creado para manejar esto, el modelo fallará.

3.10.4. Tipos de problemas de aprendizaje

Esta sección se centra en el entendimiento de las diferentes categorías de problemas de aprendizaje. Los algoritmos de aprendizaje automático también se clasificarán bajo estos problemas.

3.10.4.1. Clasificación

La clasificación es una técnica de agrupación para un conjunto de datos determinado de tal manera que, dependiendo del valor del atributo de destino o de salida, todo el conjunto de datos puede ser calificado para pertenecer a una clase. Esta técnica ayuda a identificar los patrones de comportamiento de los datos. Esto es, en definitiva, un mecanismo de discriminación.

3.10.4.2. Agrupamiento

En muchos casos, al analista de datos solo se le dan algunos datos y se espera que descubra patrones interesantes que puedan ayudar a obtener algo de “inteligencia”. La diferencia principal entre esta tarea y la de una clasificación es que, en el problema de clasificación, el usuario especifica lo que está buscando (un buen cliente o un mal cliente, un éxito o un fracaso, etcétera).

3.10.4.3. Predicción o regresión

Similar a la clasificación, el pronóstico o la predicción también trata de identificar la forma en que sucederían las cosas en el futuro. Esta información se deriva de la experiencia o el conocimiento del pasado. En algunos casos, no hay suficientes datos y es necesario definir el futuro a través de la regresión. Los resultados de pronóstico y predicción siempre se presentan junto con el grado de incertidumbre o probabilidad. Este tipo de problema también se le denomina como de extracción de reglas.

3.10.4.4. Simulación

Además de todas las técnicas que se han definido hasta ahora, puede haber situaciones en las que los datos en sí tengan mucha incertidumbre, el costo para recolectar los mismo desborda las expectativas o simplemente en algunos casos la ética se interpone ante el contexto de la situación que se desea estudiar. Ante estos inconvenientes la mejor manera de obtener la información es por medio de simulaciones, se pueden imaginar muchos escenarios y plantear muchas hipótesis que de por sí en un entorno real sería prácticamente imposible de realizar.

Esencialmente, con las simulaciones se pretenden resolver problemas difíciles tales como:

- Búsquedas web eficientes y extracción de información,
- Diseño de medicamentos,
- Predicciones en el comportamiento de capitales de riesgo,
- Comprender el comportamiento del tráfico,
- Diseñar robots, entre otros.

3.10.4.5. Optimización

La optimización, en términos generales, es un mecanismo de solución de problemas que pretende mejorar algo o definir un contexto para una solución que lo haga la mejor cumpliendo restricciones en algún conjunto de variables.

3.10.4.6. Aprendizaje supervisado

El aprendizaje supervisado opera bajo una expectativa conocida y, en este caso, lo que se necesita analizar (o ajustar) a partir de los datos que definen el problema. Los conjuntos de datos de entrada en este contexto también se conocen como conjuntos de datos "etiquetados". Los algoritmos para esta categoría se centran en establecer una relación entre los atributos de entrada y salida, y utilizan esta relación de forma especulativa para generar una salida para nuevos puntos de datos de entrada.

3.10.4.7. Aprendizaje no supervisado

En algunos de los problemas de aprendizaje, no tenemos ningún objetivo específico en mente para resolver, es decir, que no podemos categorizar o etiquetar posibles salidas a datos de entrada preestablecidos. El objetivo en este caso es descifrar la estructura en los datos contra la relación entre los atributos de entrada y salida de estos y, de hecho, los atributos de salida no están definidos. Estos algoritmos de aprendizaje trabajan en un conjunto de datos "sin etiqueta" por este motivo.

3.10.4.8. Aprendizaje semi-supervisado

El aprendizaje semi-supervisado consiste en utilizar datos etiquetados y no etiquetados para lograr mejores modelos de aprendizaje. Es importante que haya suposiciones apropiadas para los datos sin etiquetar ya que cualquier suposición inapropiada puede invalidar el modelo (o hacer que el modelo no entregue resultados esperados). El aprendizaje semi-supervisado obtiene su motivación de la forma humana de aprender.

3.10.4.9. Aprendizaje por reforzamiento

El aprendizaje por refuerzo es un aprendizaje que se enfoca en maximizar las recompensas a medida que mejora el resultado esperado. Lo más importante es que, en el aprendizaje por refuerzo, el modelo es además responsable de tomar decisiones por las que se recibe una recompensa periódica. Los resultados en este caso, a diferencia del aprendizaje supervisado, no son inmediatos y pueden

requerir de una secuencia de pasos a ejecutar antes de que se vea el resultado final. Idealmente, el algoritmo generará una secuencia de decisiones que ayudan a lograr una mayor recompensa o utilidad.

3.10.4.10. Aprendizaje profundo

El aprendizaje profundo es un área del aprendizaje automático que se centra en unificar el aprendizaje automático con la inteligencia artificial, en términos de buscar la mejor relación en el diseño y construcción de redes neuronales artificiales. Este campo presupone un avance más significativo sobre lo trabajado anteriormente en redes neuronales, ya que, estas redes trabajan de forma dinámica con grandes conjuntos de datos para obtener mejores representaciones prácticas. Se trata entonces de construir redes neuronales más complejas para resolver problemas de difícil solución operando en conjuntos de datos que tienen muy poca información etiquetada.

3.10.5. Algunos algoritmos en el contexto de aprendizaje automático

En esta sección se mencionarán algunos algoritmos de aprendizaje automático importantes y detalles breves sobre cada uno de ellos. Estos algoritmos se clasifican según el tipo de problema o el tipo de aprendizaje. Es una clasificación simple de los algoritmos, intuitiva y no necesariamente exhaustiva.

3.10.5.1. Algoritmos basados en árboles de decisión

Los algoritmos basados en árboles de decisión definen modelos que se construyen de forma iterativa o recursiva en función de los datos proporcionados. El objetivo de estos algoritmos es predecir el valor de una variable de destino dado un conjunto de variables de entrada. Los árboles de decisión ayudan a resolver problemas de clasificación y regresión. Las decisiones se bifurcan en estructuras de árboles binarios hasta que se toma una decisión de predicción para un registro determinado. Algunos algoritmos son los siguientes:

- Random forest,
- Árbol de clasificación y regresión,

- Chi-cuadrado,
- Maquinas de aumento progresivo de gradiente,
- Regresiones adaptativas multivariante, entre otros.

3.10.5.2. Algoritmos basados en métodos Bayesianos

Los métodos bayesianos son aquellos que aplican explícitamente el teorema de inferencia de Bayes, estos resuelven problemas de clasificación y regresión. Los métodos bayesianos facilitan la probabilidad subjetiva en el modelado. Los siguientes son algunos de los algoritmos:

- Naive Bayes,
- Redes Bayesianas,
- Estimadores promedios de una dependencia, entre otros.

3.10.5.3. Algoritmos basados en ventanas de observación (Kernel)

Estos métodos suelen estar relacionados con el análisis de patrones y con el análisis de característica, incluye varias técnicas de mapeo donde los conjuntos de datos incluyen espacios vectoriales. Algunos ejemplos de algoritmos de aprendizaje basados en el método del kernel son:

- Maquinas de soporte vectorial,
- Análisis de discriminante lineal, entre otros.

3.10.5.4. Métodos de agrupamiento

Los métodos de agrupamiento, como los de regresión, describen una clase de problemas y métodos bien definidos para la búsqueda de patrones. Los métodos de agrupamiento en clústeres suelen organizarse según los enfoques de modelado, como lo son basados en centroides o jerárquicos. Estos métodos organizan grupos de datos evaluando la similitud en la estructura de los datos de entrada. Algunos algoritmos son:

- K-promedio,
- Máxima esperanza,

- K-vecino más cercano (K-NN),
- Modelos mixtos Gaussianos, entre otros.

3.10.5.5. Redes neuronales

Las redes neuronales artificiales son una clase de técnicas para el reconocimiento de patrones, estos modelos están inspirados en la estructura de las redes neuronales biológicas. Estos métodos se utilizan para resolver problemas de clasificación y de regresión. Se relacionan directamente con el aprendizaje profundo y tienen muchos subcampos en donde distintos algoritmos ayudan a resolver problemas en un contexto específico. Algunos algoritmos son:

- Perceptron,
- Backpropagation (propagación hacia atrás),
- Redes Hopfield,
- Mapas auto organizados,
- Vectores de aprendizaje y cuantización, entre otros.

3.10.5.6. Reducción de dimensión

Al igual que los métodos de agrupamiento, los métodos de reducción de dimensiones funcionan de manera iterativa en la estructura de datos de una manera recursiva. La idea es reducir las dimensiones y agrupar los datos en dimensiones más relevantes para el análisis. Esta técnica se usa generalmente para simplificar datos de alta dimensionalidad y luego aplicar una técnica de aprendizaje supervisado. Algunos algoritmos son:

- Ajuste de escala multidimensional,
- Análisis de componente principal,
- Mapeo de Sammon,
- Proyección – Persecución,
- Regresión de mínimos cuadrados parciales, entre otros.

3.10.5.7. Métodos de ensamble

Como sugiere su nombre, los métodos de ensamble abarcan múltiples modelos que se construyen de forma independiente y los resultados de estos modelos se combinan y son responsables de predicciones generales. Es fundamental identificar qué modelos independientes deben combinarse o incluirse, cómo deben combinarse los resultados y de qué manera lograr el resultado requerido. El subconjunto de modelos que se combinan a veces se denomina modelos más débiles, ya que los resultados de estos modelos no necesitan cumplir totalmente con el resultado esperado de forma independiente. Esta es una técnica muy poderosa y ampliamente adoptada al interior del aprendizaje de maquina. Algunos algoritmos son:

- Random forest,
- AdaBoost,
- Boosting,
- Pilas de generalización,
- Maquinas de aumento de gradiente, entre otros.

3.10.5.8. Algoritmos basados en análisis de regresión

La regresión es un proceso de perfeccionamiento iterativo del modelo basado en el error generado por el mismo modelo. La regresión también se utiliza para redefinir un problema de aprendizaje automático. Algunos algoritmos típicos pueden ser:

- Regresión lineal de mínimos cuadrados,
- Regresión logística,
- Regresión multivariante adaptativa,
- Regresión escalonada, entre otros.

Algunos tipos de regresión se enunciarán a continuación.

3.10.5.8.1. Regresión lineal simple

En este caso, se trabaja con solo dos variables, una variable dependiente y otra variable independiente. La regresión lineal simple consiste en comparar dos modelos; uno donde no hay una variable independiente y la línea de mejor ajuste se forma usando la variable dependiente, y la otra que usa la línea de regresión de mejor ajuste.

3.10.5.8.2. Regresión múltiple

La regresión múltiple es una extensión de la regresión lineal simple con una diferencia importante, puede haber dos o más variables independientes utilizadas para predecir o explicar la varianza en una variable dependiente. Agregar más variables independientes no necesariamente mejora la regresión. Potencialmente podrían surgir dos problemas, uno de los cuales es el sobre ajuste y el otro la complejidad de implementación del modelo.

3.10.5.8.3. Regresión polinómica (no-lineal)

Si bien el modelo de regresión lineal $y = X \cdot \beta + \varepsilon$ es un modelo general que se ajustará a cualquier relación lineal de parámetro desconocido β , los modelos polinomiales son aplicables en los casos en que el analista sabe que los efectos curvilíneos están presentes en la función de respuesta verdadera. Los modelos polinomiales también se utilizan como funciones de aproximación de la relación no lineal desconocida y posiblemente muy compleja. El modelo polinomial es la expansión de la serie de Taylor de la función desconocida.

3.10.5.8.4. Regresión logística

La regresión logística es una extensión de la regresión lineal donde la variable dependiente es una variable categórica que es responsable de la clasificación de las observaciones.

3.11. Revisión del estado del arte

Actualmente existen una gran cantidad de dispositivos que permiten sensor y enviar información a través de redes móviles cada vez más rápidas y eficientes, por otro lado, la cantidad de procesamiento de información que un computador puede lograr ha ido aumentando sustancialmente hace unas décadas, todo ello sumado a la continua mejora en técnicas algorítmicas para el aprovechamiento y explotación al máximo de dicha información. Este contexto parece hoy en día ser muy favorable para la propuesta de sistemas de parqueaderos inteligentes analizados desde distintas perspectivas, tanto así que la revisión de trabajos aquí expuesta relaciona sensores, tecnologías de conexión y visualización de datos con la propuesta de algoritmos para la solución específica de problemas relacionados con la gestión de espacios de parqueaderos.

Existen soluciones que analizan un parqueadero en particular, como se presenta en (Grodi, Rawat, & Rios, 2016), combina sensores infrarrojo y de ultrasonido comunicados de forma inalámbrica en una red local mediante tecnología Xbee. Presenta una visualización en tiempo real de la ocupación del parqueadero integrando un sistema móvil y web basado en Node.js y MySQL, por otro lado, las soluciones que presentan (Sadhukhan, 2017) y (Shih & Tsai, 2015) hacen uso de cámaras web, gran angulares e IP, así como de sensores de ultrasonido conectados directamente a internet para lograr determinar la ocupación en tiempo real integrando infraestructura existente. A diferencia del análisis clásico de imágenes, en (Cho, Park, Kim, & Han, 2016) se presenta un análisis por medio de aprendizaje automático para determinar la ocupación de un espacio de parqueadero, se ha probado un algoritmo de poda aleatoria del árbol de clasificación para procesar grandes volúmenes de imágenes y así catalogar adecuadamente la información presente independiente de las condiciones de luz y de los posibles obstáculos.

Otra solución probada en (Kanteti, Srikar, & Ramesh, 2017) de forma experimental en un parqueadero subterráneo, se construyó con sensores PIR, cámaras IP y computadores de palcas reducida como la Raspberry Pi3 que en conjunto con información del usuario proponen un algoritmo de búsqueda lineal optimizado que mejor ubica al vehículo con el lugar en donde se debe estacionar.

En (Chen, Wang, Jia, Dong, & Li, 2016) se presenta un modelo de tres capas de sensores magnéticos ubicados en distintas partes del estacionamiento, capa uno en la entrada, capa

dos en la salida y capa tres en los pasillos y lugares propios a estacionar en el parqueadero, esta información se relaciona con distintos algoritmos para obtener mejoras en los cálculos promedios y dinámicas propias del parqueadero mediante visualización móvil y web.

De forma general en (Paidi, Fleyeh, Håkansson, & Nyberg, 2018) hacen una revisión de distintos sensores utilizados en un grupo de parqueaderos inteligentes, allí se analiza la relevancia de los distintos sensores y la integración posible con otras tecnologías. Se evidencia entonces que no todos los sensores existentes son adecuados para todo tipo de estacionamiento, esto esta condicionado debido a entornos medioambientales y de aplicación según los modelos de datos.

Otro enfoque distinto para la gestión de espacios en un parqueadero se aborda no solo desde la óptica de censado, procesado de información y visualización, como se evidencia en (Wang, y otros, 2015), allí se automatiza el proceso de estacionar un vehículo mediante un sistema de guía interno inteligente. El sistema sabe el estado general de ocupación del parqueadero y mediante control difuso e información en tiempo real acomoda el vehículo en el mejor espacio disponible. Esto permite que un usuario del sistema no tenga que esperar tiempo al momento de buscar y acomodar su vehículo en el parqueadero, logrando reducir el tiempo invertido en dicho proceso hasta en 30 minutos según una prueba experimental realizada del sistema en un parqueadero de una cadena de supermercados. Un proceso similar al anteriormente descrito se puede observar en (Thomas & Kooor, 2018), donde el vehículo guía no lo hace mediante control difuso sino mediante la aplicación de algoritmos genéticos para la búsqueda del “espacio libre”, a demás el usuario debe indicarle al sistema un tiempo tentativo durante el cual hará uso de dicho espacio, todo con el fin de mejorar el algoritmo de negociaciones del sistema.

Cuando la gestión de espacios de parqueadero no solo hace referencia a uno de ellos sino a un conjunto de estos, se presenta entonces un entorno de múltiples variantes, esto presupone la integración dinámica entre múltiples estacionamientos y vehículos. Una forma inteligente de gestionar espacios en varios parqueaderos se presenta en (Tian, Yang, Wang, & Huang, 2018), allí se evalúa la posibilidad de reservar un cupo y proponen para ello un modelo de precio dinámico para la separar el mismo. El modelo es generado mediante un análisis de Poisson que relaciona la cantidad de vehículos solicitando reservas, la cantidad de trafico en la zona de llegada y la variación del tiempo con relación al precio del parqueadero, se

demuestra que el modelo no solo ayuda a los conductores con el proceso de planeación del viaje sino a los administradores del parqueadero, ya que les permite evidenciar una mejora significativa en los ingresos percibidos al hacer un uso completo de los recursos propios del estacionamiento durante periodos de tiempo que se consideraban de poca demanda.

Dentro de la anterior dinámica de múltiples parqueaderos – vehículos y la posible interacción para gestionarlos de forma eficiente se encuentran soluciones de múltiples agentes tales como las presentadas en (Geng & Cassandras, 2012), (Hössinger, y otros, 2013) y (Shin & Jun, 2015), en estas publicaciones se contemplan factores tales como la ubicación inicial, la ubicación del destino, el costo por estacionar, volumen del flujo vehicular e información de infraestructura vial existente para ubicar a los conductores de la manera más adecuada en grupos de estacionamiento en vía y en centros o campus universitarios. Hacen uso de distintas técnicas algorítmicas de búsquedas heurísticas para lograr la integración completa de toda la información. El problema general con este tipo de análisis para múltiples agentes es la obtención de información verídica y “en tiempo real” bajo el cual se alimenta el sistema, ya que no todas las ciudades presentan los mismos recursos y desarrollos tecnológicos que puedan hacer viable la integración en si.

Por otro lado, en (Ma, Lam, & Leung, 2018) se hace una revisión a distintas aplicaciones móviles para la búsqueda de estacionamientos, donde se pretende analizar estas en términos de: seguridad de información, fuga de privacidad, islas de información en las búsquedas de estacionamientos y brechas digitales. Se encuentra que muchas aplicaciones son percibidas como inseguras y potencialmente pueden representar un riesgo a la privacidad, por el lado de las islas de información encuentran como factor primordial el no tener información actualizada o en tiempo real por parte de los operadores de los parqueaderos y la brecha digital demuestra ser grande al no tener infraestructura en la ciudad para comunicar sensores con servidores y estos a su vez con los usuarios.

Por último, en (Faheem, Mahmud, Khan, Rahman, & Zafar, 2013) se hace una revisión completa de distintas técnicas y sistemas implementados para la búsqueda inteligente de espacios de parqueadero. Allí se resumen técnicas tanto para uno como para múltiples estacionamientos, integración de sensores y algoritmos, así como de ventajas y desventajas de los grandes sistemas interconectados para la organización armoniosa de la información.

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

4.1. Introducción

El diseño e implementación de un prototipo de aplicación de software permite no solo evidenciar la integración tecnológica en sí misma, sino que a través de la construcción de ella se puede hacer el seguimiento al modelo que gestiona espacios libres de estacionamientos permitiendo la interacción con los vehículos registrados en el sistema mediante agentes inteligentes. En esta sección del documento se presentan tres de las cinco etapas metodológicas que se han realizado para lograr proponer el modelo.

4.2. Etapa 1: Encuestas de caracterización de conductores y parqueaderos

Durante esta etapa fue necesario poder caracterizar de la mejor forma posible las dos entidades que compartirán información a lo largo del modelo, dicha caracterización se logró por medio de una serie de entrevistas informales no estructuradas a los administradores de parqueaderos de la ciudad de Bogotá, y dos encuestas, una de ellas aplicada al mismo grupo de administradores y la otra aplicada a un grupo de usuarios de la red de parqueaderos públicos de la misma ciudad, teniendo como base al carro particular como medio de transporte. A continuación, se describe el proceso que se ha seguido para la elaboración de las encuestas.

4.2.1. Población y muestra

Tanto para los administradores de parqueaderos como para los usuarios (o conductores) se ha realizado una recopilación de datos por medio de un muestreo por conveniencia no probabilístico (Otzen & Manterola, 2017), ya que, se decide seleccionar solo algunos administradores y usuarios que aceptan ser incluidos para ayudar al objetivo principal del presente trabajo. Además, son rápidos y accesibles en primera instancia para poder caracterizar parcialmente estas dos entidades.

Con respecto a los administradores de parqueaderos, se lograron encuestar durante los meses de octubre y noviembre de 2016 a 50 de ellos. De una población total de 2791 parqueaderos registrados en la ciudad para el periodo 2015-2016. (Consejo-de-Bogotá, 2017).

Con respecto a los usuarios de parqueaderos, se lograron encuestar a 158 de ellos entre los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017. De una población total 2'017.779 vehículos de uso particular registrados para el periodo 2015-2016. (Movilidad-en-Cifras, 2017) y (Encuesta-de-Movilidad, 2016).

4.2.2. Diseño de las encuestas

El diseño de las encuestas tanto para administradores de parqueaderos como para los usuarios se realiza con el fin de comprender un poco mejor la dinámica de operación de los parqueaderos y los hábitos que tienen los usuarios al hacer la búsqueda de uno de ellos.

Para los administradores de parqueaderos se realizaron un total de 23 preguntas, enmarcadas en 3 grupos, estos son:

- **Caracterización del parqueadero:** aquí se realizaron preguntas tales como, ubicación, horario de servicio, tarifas, áreas de operación, cantidad de trabajadores, entre otras.
- **Capacidad y operación del parqueadero:** aquí se realizaron preguntas tales como, cantidad de cupos disponibles, áreas de circulación por el parqueadero, tiempo promedio estimado que un espacio permanece ocupado, estimado de vehículos que ingresan al día, horarios estimados donde existe una mayor cantidad de flujo de vehículos en el parqueadero, entre otras.
- **Conocimiento sobre plataformas tecnológicas para la gestión de parqueaderos e intención de uso de estas:** aquí se realizaron preguntas tales como, disposición para pagar por un servicio tecnológico que visibilice el parqueadero, conocimiento de herramientas tecnológicas que permitan atraer vehículos al parqueadero, entre otras.

El formato diligenciado de una encuesta realizada se puede observar en el Anexo 1 (documento adjunto) al presente trabajo.

Para los usuarios se realizaron un total de 21 preguntas, estas preguntas se enmarcaron en 4 grupos, estos son:

- **Caracterización demográfica:** se realizaron preguntas tales como, edad, sexo, porcentajes estimados a la manutención del vehículo, entre otras.
- **Hábitos de uso del vehículo al momento de buscar un parqueadero:** se realizaron preguntas tales como, kilómetros promedio estimados que conduce al día, gastos en parqueaderos estimados al mes, tarifas que prefiere al seleccionar un parqueadero, entre otras.
- **Caracterización tecnológica del dispositivo móvil:** se realizaron preguntas como tipo de sistema operativo, forma predilecta para acceder a internet, tipo de dispositivo que usa para acceder a internet, entre otras.
- **Hábitos en el consumo de aplicaciones móviles:** se realizaron preguntas tales como, medios de pago al comprar aplicaciones móviles, conocimientos de aplicaciones en el contexto de búsqueda de parqueaderos, integración de tecnologías móviles de comunicación con el vehículo, entre otras.

4.2.3. Metodología para la aplicación de las encuestas

Con las encuestas diseñadas, se procede a realizar las encuestas tanto a administradores como a usuario de parqueaderos.

Las respuestas a las preguntas realizadas por parte de los usuarios de parqueaderos fueron recopiladas de forma virtual, se uso como medio de divulgación las redes sociales y el correo electrónico y, la aplicación web “SurveyMonkey” como plataforma de gestión de las preguntas. Luego, durante los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017 se aplicó la encuesta.

Las preguntas realizadas a los administradores de parqueaderos fueron formuladas y recopiladas de forma presencial, se estableció una comunicación previa con el administrador o administradores de los distintos parqueaderos, luego se solicitó una visita al parqueadero para realizar la encuesta, esta visita duró en promedio 30 minutos durante los cuales se le realizaron las preguntas al administrador y se observó en el sitio la dinámica de operación, registrando toda la información observada en torno a la operación percibida durante la entrevista. Días posteriores a la aplicación de la encuesta por parqueadero, se visita de forma aleatoria cada uno de ellos en 3 oportunidades, esto con el fin de contrastar por medio de observación directa algunas impresiones

suministradas por parte de los administradores. Tanto las distintas visitas y encuestas tuvieron lugar durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2016 y, enero y febrero de 2017.

4.2.4. Estadísticas básicas

Los cálculos referentes a la mediana, la media y la desviación estándar tomados como referencia para el análisis de las encuestas son tomados de las estadísticas básicas que la aplicación SurveyMonkey cálculo al momento de tabular, graficar y caracterizar los resultados.

4.2.5. Análisis de las encuestas

Un completo análisis a las preguntas formuladas en las encuestas se puede observar en el Anexo 2 secciones A y B (documento adjunto), en este se observa tanto las preguntas como sus correspondientes mediciones estadísticas, a la vez que se realiza de forma individual una interpretación de los datos allí recopilados.

4.3. Etapa 2: Simulación de ocupación de parqueaderos

En esta etapa se ha realizado una simulación que intenta reproducir la dinámica de operación de distintos parqueaderos teniendo en cuenta valores caracterizados previamente en las encuestas realizadas a los administradores de estos. La simulación también tiene en cuenta los vehículos y los distintos parámetros que estos buscan para poder elegir un determinado parqueadero. Se hace uso del modelo M/M/s de atención de colas para múltiples clientes y múltiples servidores bajo una distribución de Poisson, esto permite determinar la ocupación o no de un determinado espacio de parqueadero al interior de este. Todos los datos producto de las simulaciones realizadas se almacenan en una base de datos y se visualiza el estado de operación del grupo de parqueaderos caracterizados mediante un mapa de la ciudad de Bogotá.

4.3.1. Simulación de un parqueadero según el tamaño

Esta simulación fue desarrollada en el lenguaje de programación Java. Aquí se analiza individualmente un parqueadero estándar mediante el modelo de colas M/M/s

para distintos tamaños de parqueadero. Pequeños (15 cupos), medianos (42 cupos) y grandes (90 cupos). En ella se pueden ajustar los parámetros:

- Lambda (λ): Número de vehículos por hora,
- Miu (μ): Número de minutos promedio que un espacio del parqueadero permanece ocupado y,
- **n**: Número de vehículos en el sistema.

Con el fin de poder determinar:

- L: Valor esperado de número de vehículos en el sistema.
- Lq: Valor esperado de vehículos en la cola.
- W: Tiempo medio de espera en el sistema.
- Wq: Tiempo medio de espera en la cola.
- Ro: Factor de utilización del sistema (intensidad de tráfico).
- Pn: Probabilidad que n vehículos estén en el sistema.
- Pw: Probabilidad de que un nuevo vehículo tenga que esperar.

En la Figura 4, se puede ver un ejemplo al ingresar distintos valores de (λ), (μ) y (**n**) para un determinado tamaño de parqueadero, el programa calcula los valores probabilísticos de interés para el parqueadero en cuestión. Se debe tener en cuenta que los valores tales como (λ), (μ) y tamaños del parqueadero (**n**) están directamente relacionados a los datos encontrados producto de las encuestas de caracterización realizadas a los administradores. Pero, al desarrollar esta simulación nada podía dar garantías sobre la correcta aplicación de las formulas y la programación de estas, entonces, se procede luego a comprobar el funcionamiento del programa desarrollado con ayuda de la herramienta SimEvents de Simulink de Matlab. En el Anexo 3 (documento adjunto) se puede observar como mediante la solución a dos ejercicios teóricos, tanto el desarrollo programado como la prueba realizada en SimEvents denotan tener los mismos resultados, comprobando a su vez que la formulación teórica programada funciona correctamente.

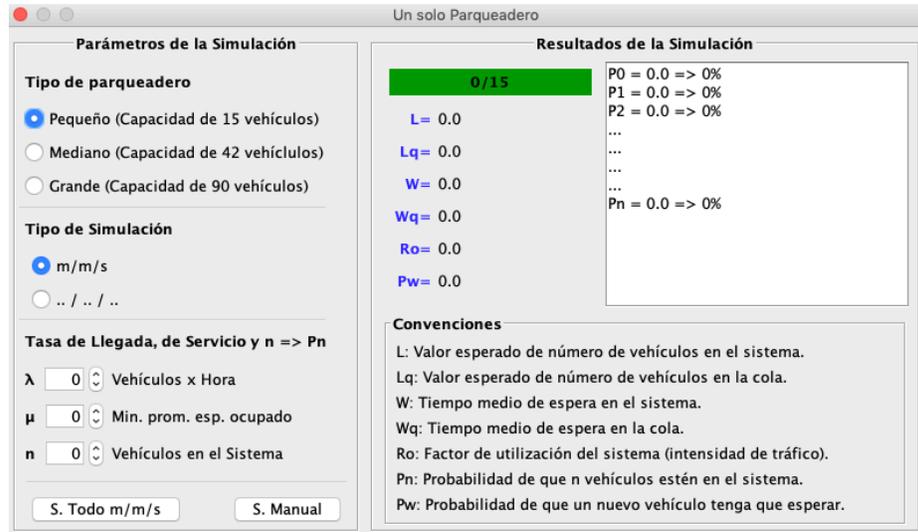


Figura 3. Interfaz de ajuste de parámetros para la simulación del modelo M/M/s para parqueaderos según capacidad

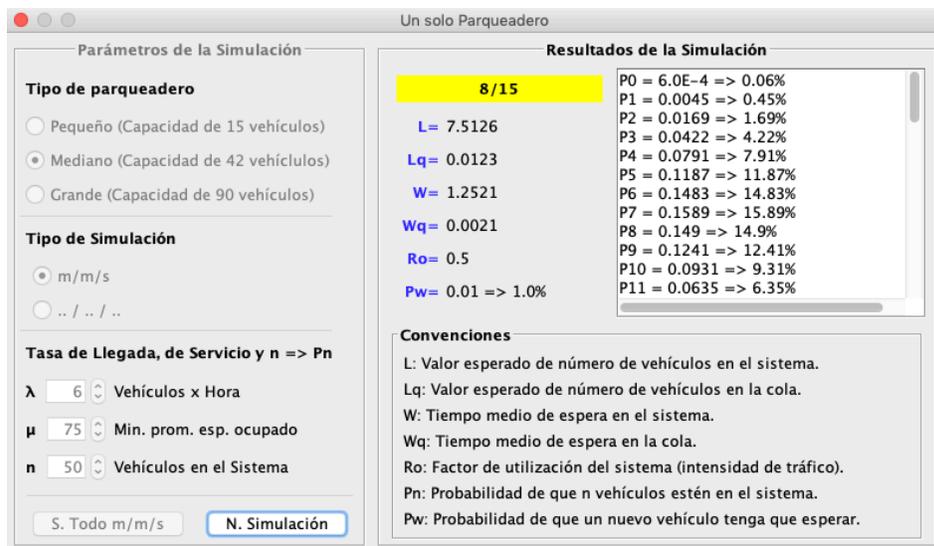


Figura 4. Ejemplo de los cálculos obtenidos al ingreso de parámetros según dinámica de operación de un parqueadero caracterizado

Después de haber comprobado la funcionalidad de la herramienta desarrollada en el lenguaje de programación Java, se realizó una simulación que relaciona distintos tiempos de ocupación promedio de los espacios de un estacionamiento hasta que la intensidad de tráfico se sature, es decir, hasta que el factor $\rho \geq 1$, con el fin de observar que cantidad de vehículos por hora podría soportar el sistema dependiendo a su vez del tamaño del parqueadero. Aunque desde la Figura 5 hasta la Figura 9 se observó

los datos para un solo estacionamiento en particular, esta simulación ha sido realizada a todos los parqueaderos caracterizados.

Se programa un botón (S. Todo m/m/s) en la interfaz gráfica, ver Figura 3, que permitía simular todos los casos posibles de (λ) en vehículos por hora, para distintos valores (μ) como promedio de ocupación de un espacio de parqueo en minutos y (S) como la cantidad de cupos en un determinado parqueadero. Esto se realiza iterativamente mientras que la intensidad de tráfico fuera menor a 1. Es decir, $\rho < 1$. Se inició con ($\mu = 15$ minutos) y este se iba incrementando de a 15 minutos hasta llegar a los 180 minutos (o 3 horas) de ocupación promedio de un espacio de parqueadero. Al realizar la encuesta de caracterización de parqueaderos se logró agrupar a los mismos según su tamaño, pequeños (S = 15 cupos), medianos (S = 42 cupos) y grandes (S = 90 cupos).

Entre los distintos parqueaderos (pequeños, medianos y grandes) se obtuvo un total de 1793 registros, que relacionaban la cantidad de cupos de un parqueadero, la cantidad de vehículos por hora y el promedio de ocupación de un espacio de estacionamiento. Con dichos valores se calculó la intensidad de tráfico, la cantidad esperada de vehículos en el sistema, la cantidad esperada de vehículos en la cola esperando por un espacio de estacionamiento, el tiempo promedio que se demora un vehículo en el sistema, así como el tiempo promedio que tarda un vehículo esperando un espacio de estacionamiento, por último, se calculó la probabilidad de encontrar el parqueadero desocupado o que un nuevo vehículo tenga que esperar.

Con los registros obtenidos, se procede luego a graficar los distintos parámetros calculados teniendo en cuenta momentos de bajo tráfico ($R_0 = \rho = 0.2$), tráfico medio ($R_0 = \rho = 0.5$) y alto tráfico ($R_0 = \rho = 0.8$). A continuación, se presenta una serie de gráficas que se han obtenido para un parqueadero pequeño simulado con capacidad inferior o igual a 15 cupos, resaltando a su vez que los resultados obtenidos mantienen el mismo comportamiento tanto para los parqueaderos medianos (42 cupos) o grandes (90 cupos).

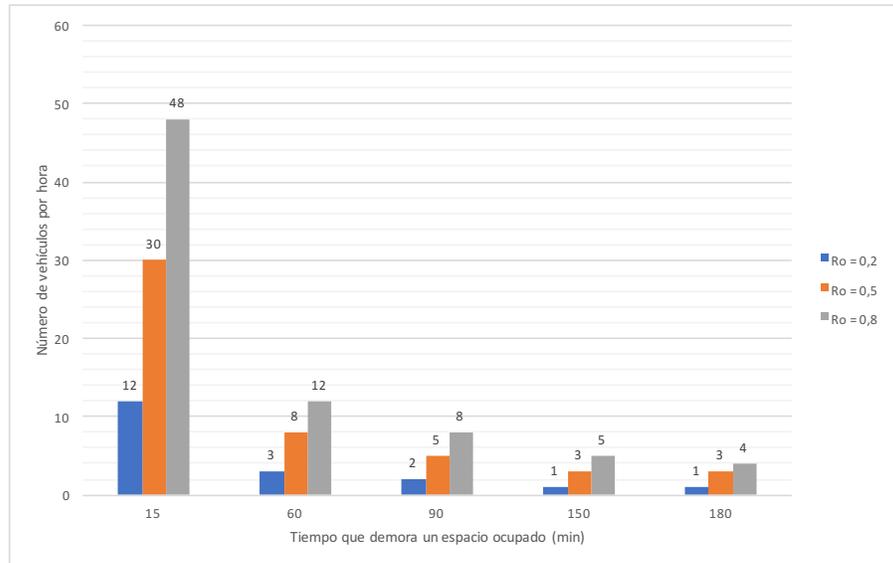


Figura 5. Relación entre el número de vehículos por hora vs. El tiempo que demora un espacio ocupado (minutos)

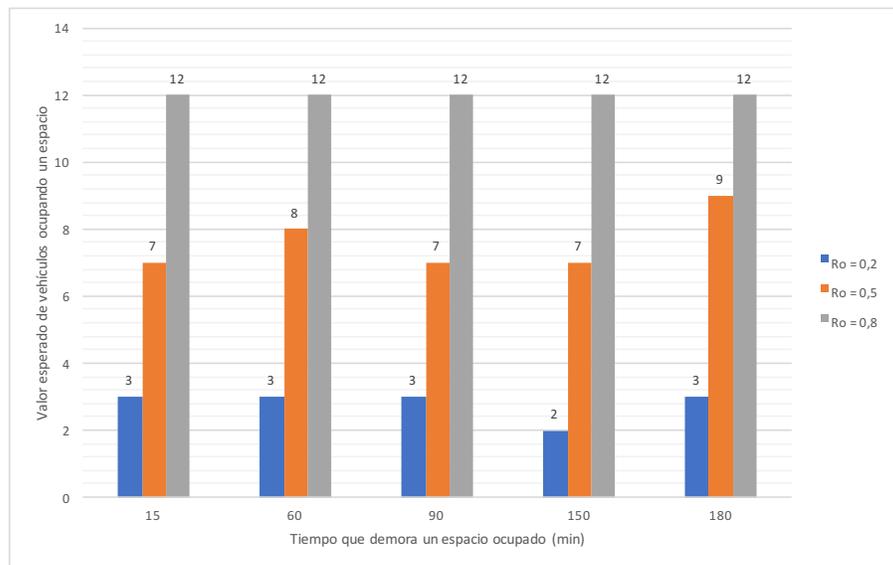


Figura 6. Relación entre el valor esperado de vehículos ocupando un espacio vs. El tiempo que demora un espacio ocupado (minutos)

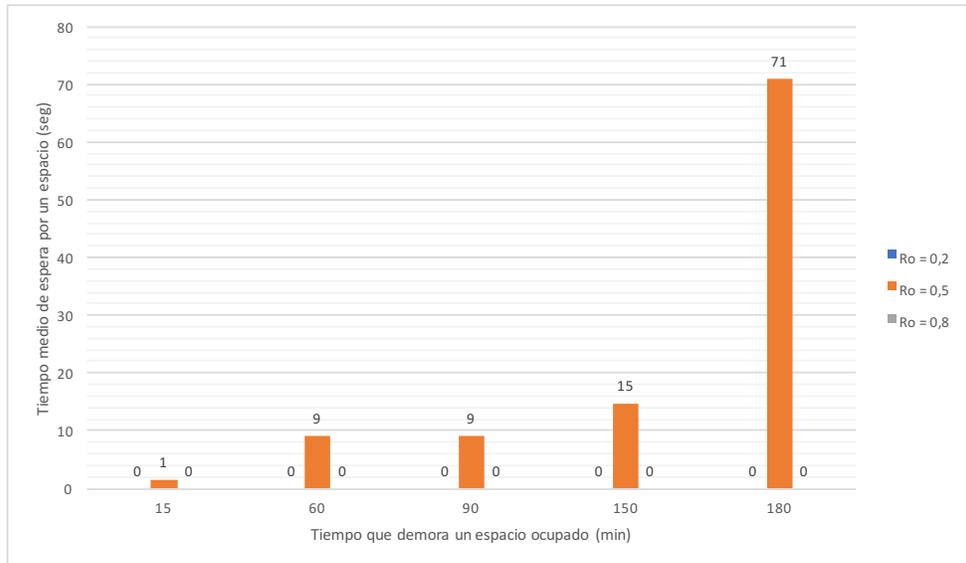


Figura 7. Relación entre el tiempo medio de espera por un espacio (segundos) vs. El tiempo que demora un espacio ocupado (min)

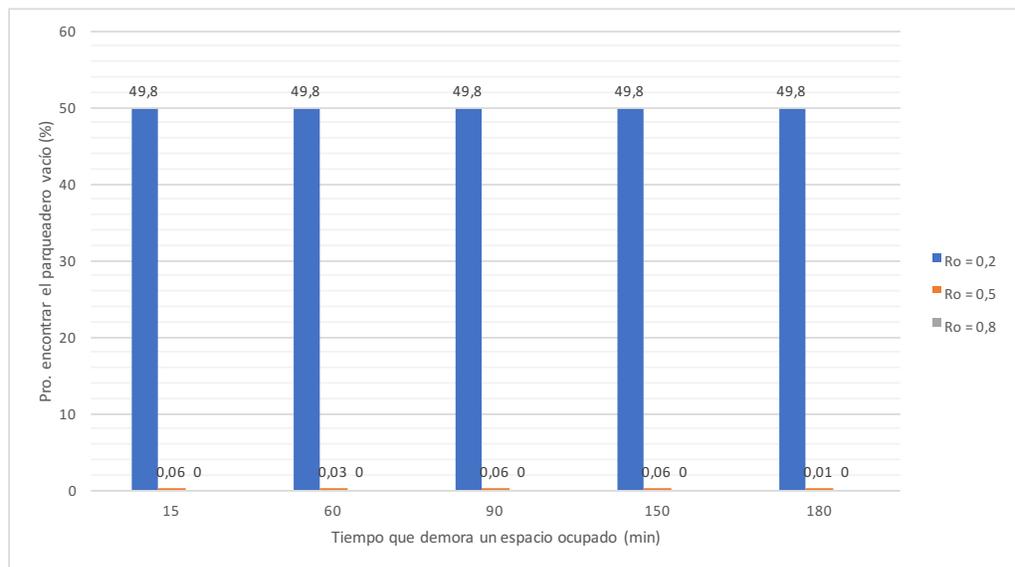


Figura 8. Relación entre la probabilidad de encontrar el parqueadero vacío vs. El tiempo que demora un espacio ocupado (minutos)

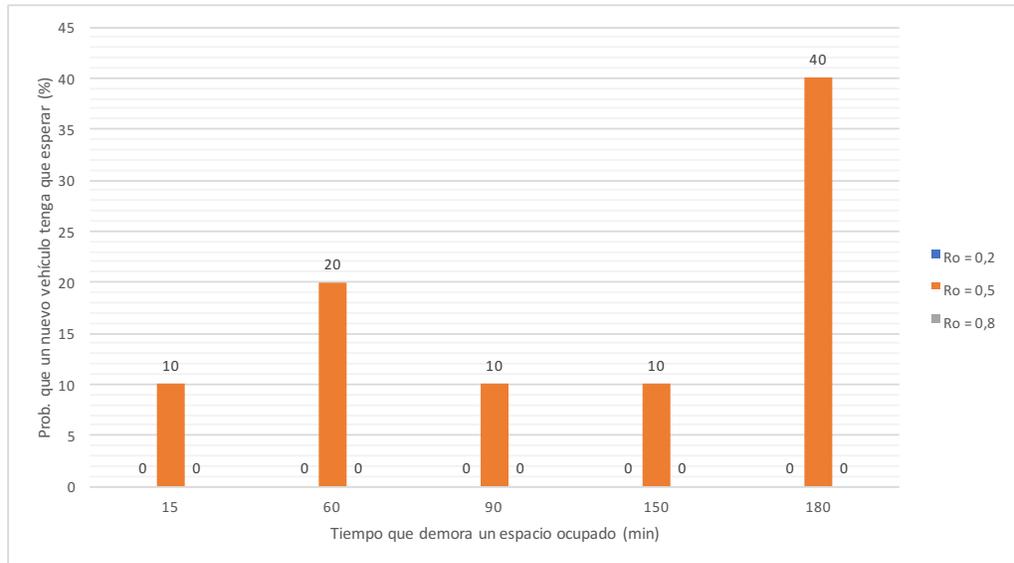


Figura 9. Relación entre la probabilidad que un nuevo vehículo tenga que esperar vs. El tiempo que demora un espacio ocupado (minutos)

4.3.1.1. Base de datos

Para almacenar y manipular datos necesarios para las simulaciones se ha creado una base de datos en MySQL en un servidor local de desarrollo, dicha base de datos contiene dos tablas que guardan históricamente la información producto de las simulaciones.

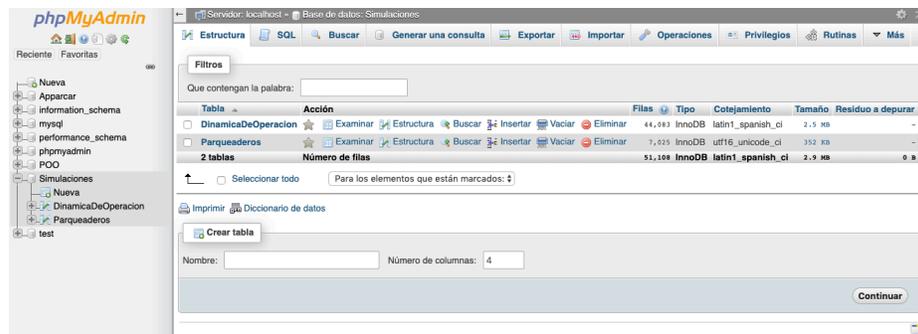


Figura 10. Interfaz de gestión de la base de datos Simulaciones

En la Figura 10, se puede observar tanto el nombre de la base de datos (Simulaciones) como las dos tablas creadas en el servidor (DinamicaDeOperación y Parqueaderos).

La tabla DinamicaDeOperacion contiene los datos históricos sobre la ocupación simulada hora a hora en cada uno de los parqueaderos caracterizados, ver Figura 11.

Cada simulación toma los distintos parámetros de intensidad de tráfico, tasas promedio de arribo y tasas de servicio para acercarse a la operación propia de funcionamiento para cada parqueadero. Por otro lado, la tabla Parqueaderos, ver Figura 12, ha sido producto de la creación aleatoria de varios de ellos para la pruebas y análisis de los algoritmos de búsqueda de información. Todos estos datos y registros almacenados serán necesarios luego para el desarrollo del modelo propuesto, ya que a partir de ellos no solo se analiza el rendimiento de algunos algoritmos de búsqueda que se integrarán en las aplicaciones, sino, que a su vez servirán para intentar predecir la ocupación de un determinado parqueadero a una hora específica, todo con el fin de mostrar visualmente en las aplicaciones cual parqueadero puede ser mas relevante para un usuario según las distintas preferencias y la ocupación estimada a la hora presupuestada de llegada al destino.

id	parqueadero_id	fecha_real	hora_real	hora_sim	cupos_disponibles
483	6	05/10/18	17:13:53	13	10
484	7	05/10/18	17:13:53	13	40
485	8	05/10/18	17:13:53	13	6
486	9	05/10/18	17:13:53	13	5
487	10	05/10/18	17:13:53	13	5
488	11	05/10/18	17:13:53	13	9
489	12	05/10/18	17:13:53	13	45
490	13	05/10/18	17:13:53	13	33
491	14	05/10/18	17:13:53	13	33
492	15	05/10/18	17:13:53	13	5
493	16	05/10/18	17:13:53	13	58
494	17	05/10/18	17:13:53	13	22
495	18	05/10/18	17:13:53	13	0
496	19	05/10/18	17:13:53	13	0
497	20	05/10/18	17:13:53	13	0
498	21	05/10/18	17:13:53	13	0
499	22	05/10/18	17:13:53	13	7
500	23	05/10/18	17:13:53	13	58
501	24	05/10/18	17:13:53	13	0
502	25	05/10/18	17:13:53	13	0
503	26	05/10/18	17:13:53	13	8
504	27	05/10/18	17:13:53	13	4
505	28	05/10/18	17:13:53	13	13
506	29	05/10/18	17:13:53	13	0
507	30	05/10/18	17:13:53	13	2

Figura 11. Registros e interfaz de gestión de la tabla DinamicaDeOperacion en la base de datos Simulaciones

	idParqueadero	latitud	longitud	valor	ofertas	servicios	llaves
<input type="checkbox"/>	1	4.701324143033445	-74.14142136210782	48	0	1	1
<input type="checkbox"/>	2	4.720738347744343	-74.08707175727273	51	0	0	0
<input type="checkbox"/>	3	4.6341680529219	-74.142721328569	43	1	0	1
<input type="checkbox"/>	4	4.780252966967869	-74.04375331814515	33	0	1	1
<input type="checkbox"/>	5	4.704792119090416	-74.08200749079552	36	0	0	0
<input type="checkbox"/>	6	4.64479790299295	-74.09323083310011	104	1	0	1
<input type="checkbox"/>	7	4.668765483079702	-74.12366599144765	83	0	0	0
<input type="checkbox"/>	8	4.6085064058773755	-74.1232732802233	102	0	1	1
<input type="checkbox"/>	9	4.695275874300476	-74.12943803548266	100	0	0	1
<input type="checkbox"/>	10	4.620879530616189	-74.09861812794331	83	0	0	1
<input type="checkbox"/>	11	4.714887243423044	-74.06607802998592	15	0	0	1
<input type="checkbox"/>	12	4.686912385510112	-74.11894010827119	99	1	1	1
<input type="checkbox"/>	13	4.772455514214877	-74.07424191275412	30	1	1	1
<input type="checkbox"/>	14	4.633876083344372	-74.09879690183452	95	1	1	1
<input type="checkbox"/>	15	4.671173663984105	-74.12736476493347	87	0	0	0
<input type="checkbox"/>	16	4.621549014580413	-74.14682508080078	10	1	1	1
<input type="checkbox"/>	17	4.649903611581092	-74.14452227892212	46	1	0	0
<input type="checkbox"/>	18	4.7244498142449665	-74.12648753072999	67	1	1	0
<input type="checkbox"/>	19	4.6676712168296595	-74.11173725837492	13	1	1	1
<input type="checkbox"/>	20	4.613086335338558	-74.11978230912685	13	0	1	1
<input type="checkbox"/>	21	4.779801117048844	-74.09664699011147	68	1	0	0
<input type="checkbox"/>	22	4.643464400300263	-74.08109332847876	44	1	0	0
<input type="checkbox"/>	23	4.7455651342794845	-74.06480377294982	25	1	1	1
<input type="checkbox"/>	24	4.599139613670938	-74.12458491787729	20	0	1	0
<input type="checkbox"/>	25	4.656783996347145	-74.11489373883367	69	1	0	0

Figura 12. Registros e interfaz de gestión de la tabla Parqueaderos en la base de datos Simulaciones

4.3.2. Simulación de múltiples parqueaderos

Esta simulación fue desarrollada en el lenguaje de programación Java y para la visualización georreferenciada se programa la vista de usuario en HTML, CSS y JavaScript. Aquí se toma la formulación matemática comprobada y programada en la simulación expuesta en el numeral anterior 4.3.1, la cual analiza el modelo de simulación para un determinado parqueadero.

Luego a partir de los parqueaderos caracterizados con ayuda de una serie de encuestas, se ubican en un mapa de la ciudad de Bogotá con el fin de poder introducir en el sistema distintas cantidades de vehículos, se busca observar el desempeño total del sistema vehículos-parqueaderos entorno a la dinámica de atención y operación teniendo en cuenta cada valor parametrizado por parqueadero.

El sistema simulado permite introducir el tiempo en segundos (que simularán horas de operación), también permite introducir el número de vehículos que se desea observar para que sean atendidos, todo en conjunto con la dinámica de funcionamiento de los parqueaderos.

4.3.2.1. Datos utilizados de las encuestas en la simulación

De las encuestas realizadas a los administradores de parqueaderos se tomaron los datos por parqueadero tales como:

- Coordenadas GPS (latitud y longitud) de la ubicación física.
- Dirección.
- Área registrada.
- Idoneidad de las áreas de circulación.
- Horario de servicio.
- Tarifa.
- Cupos totales.
- Porcentaje de cupos para discapacitados.
- Ocupación promedio de un espacio de parqueadero.
- Carros en promedio que ingresan al día.
- Manejo de sobrecupo.
- Mayor flujo de vehículos en el lugar u ocupación (congestión).

Estos datos son cargados automáticamente desde la base de datos al sistema, la tabla que se ha utilizado para dicho proceso es la tabla Parqueaderos, ver la , de este lugar el sistema toma los datos de referencia al efectuar la simulación al momento de ingresar vehículos para ser atendidos.

4.3.2.2. Solución al problema de búsqueda entre agentes

Como se ha visto referenciado en el marco teórico, el problema esta enmarcado en dinámica e interacción de dos grandes grupos de agentes, los cuales, por un lado, los vehículos pretenden buscar el mejor de los resultados posibles de opciones de parqueaderos disponibles.

Ahora bien, según este contexto se puede decir que el problema se puede solucionar mediante la búsqueda entre agentes racionales, ya que, para cada secuencia de percepciones, el agente racional deberá emprender aquella acción que maximice su medida de rendimiento (valor esperado), dada la secuencia de percepciones y el conocimiento que el agente tenga almacenado hasta el momento.

IDParqueadero	descripcion	latitud	longitud	direccion	calle	carrera	barrio	ciudad	esSobrecupo	cupos	cuposDisponibles	esTarifaPlana	valorTarifaPlana	valorTarifaCarro	valorTarifaMoto	valorTarifaBici
1	NA	4.674722200	-74.14194444444444	Cl. 20b #97B-69, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	17	2	1	10000.00	70.0	-1.0	-1.0
2	NA	4.673611100	-74.14250000000000	Cra. 98 #19-1 a 19-99, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	39	2	4	0	-1.00	85.0	-1.0
3	NA	4.674722200	-74.14277777777777	Cl. 20 #99-2 a 99-98, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	30	4	0	1	6000.00	77.0	-1.0
4	NA	4.672222200	-74.14416666666666	Cl. 17a #98-2 a 98-98, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	73	2	54	1	8000.00	40.0	-1.0
5	NA	4.674722200	-74.14277777777777	Cl. 20 #99-2 a 99-98, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	54	2	51	0	-1.00	45.0	-1.0
6	NA	4.655474000	-74.05715200000000	Cra. 9 #70-34, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	88	1	0	1	11000.00	70.0	-1.0
7	NA	4.655478000	-74.05715200000000	Cra. 9 #70-34, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	52	1	20	1	10000.00	80.0	-1.0
8	NA	4.658883200	-74.05868880000000	Cl. 73#11-51, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	42	1	35	1	15000.00	100.0	-1.0
9	NA	4.602007500	-74.17816180000000	Cra. 78 #58n Sur-2 a 58n Sur-98, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	12	0	1	1	6000.00	50.0	-1.0
10	NA	4.614186700	-74.07777777777777	Cl. 20a #18-1 a 18-41, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	88	5	85	1	12000.00	80.0	-1.0
11	NA	4.605000000	-74.06944444444444	Cl. 20 #4-1 a 4-99, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	50	1	8	0	-1.00	104.0	-1.0
12	NA	4.604722200	-74.06888888888888	Cl. 20 #4-2, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	75	7	75	1	14000.00	104.0	-1.0
13	NA	4.604444400	-74.06888888888888	Cl. 20 #4-1 a 4-99, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	38	1	5	1	6000.00	70.0	-1.0
14	NA	4.604444400	-74.06861111111111	Cl. 20 #4-1 a 4-99, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	50	4	12	0	-1.00	45.0	-1.0
15	NA	4.603888900	-74.06833333333333	Cra. 4 #19-2 a 19-52, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	42	1	16	1	8000.00	75.0	-1.0
16	NA	4.603056000	-74.06888888888888	Cra. # #18-2 a 18-98, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	73	9	26	0	-1.00	40.0	-1.0
17	NA	4.602777800	-74.06888888888888	Cra. 4 #18-2 a 18-98, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	62	9	41	0	-1.00	80.0	-1.0
18	NA	4.602777800	-74.07000000000000	Cl. 18 #4-1 a 4-99, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	71	2	67	1	12000.00	85.0	-1.0
19	NA	4.602777800	-74.07083333333333	Cra. 5 #17-2 a 17-98, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	12	0	2	0	-1.00	45.0	-1.0
20	NA	4.603333300	-74.07027777777777	Cl. 18 #4-2 a 4-98, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	43	2	9	1	15000.00	75.0	-1.0
21	NA	4.605833300	-74.07027777777777	Cl. 20 #4-42, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	43	5	0	1	20000.00	90.0	-1.0
22	NA	4.600833300	-74.07083333333333	Av. Jiménez De Quesada #4-2 a 4-52, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	24	1	14	0	-1.00	60.0	-1.0
23	NA	4.679444400	-74.13750000000000	Cra. 101 #23b-2 a 23b-96, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	91	12	31	1	15000.00	104.0	-1.0
24	NA	4.585000000	-74.07722222222222	Cra. 3 #1c-2 a 1c-46, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	0	23	1	11	1	9000.00	80.0	-1.0
25	NA	4.677777800	-74.15027777777777	Cl. 18 #107a-2 a 107a-34, Bogotá, Colombia	NA	NA	NA	Bogotá	1	48	3	17	1	7000.00	50.0	-1.0

Figura 13. Registros en detalle de la tabla Parqueaderos

En cuanto a la clasificación de los agentes, según el modelo REAS expuesto en el marco teórico y dado el tipo de problema, estos se pueden clasificar según la siguiente tabla.

Tipo de agente	Medida de rendimiento	Entorno	Actuadores	Sensores
Racional	Minimizar el tiempo de búsqueda de un parqueadero según preferencias del conductor	Vehículos y Conductores	Visualizar el estado de los parqueaderos Visualizar el estado de los parqueaderos disponibles según preferencias de los conductores	Teclado para el ingreso de las preferencias del conductor Posicionamiento GPS Estado dinámico de la ocupación de parqueaderos

Tabla 8. Definición de los agentes según el modelo REAS (Rendimiento, Entorno, Actuadores y Sensores)

Por otro lado, en la Tabla 9 se observa la clasificación del entorno de trabajo en donde esta enmarcado el problema.

Entorno de trabajo	Observable	Determinístico /Estocástico	Episódico /Secuencial	Estático /Dinámico	Discreto /Continuo	Agente /Multiagente
Modelo de gestión de parqueaderos-vehículos	Totalmente	Estocástico	Secuencial	Dinámico	Discreto	Multiagente parcialmente cooperativo y competitivo

Tabla 9. Clasificación del entorno de trabajo de los agentes de búsqueda

La solución del modelo de búsquedas para el problema aquí expuesto toma las siguientes consideraciones iniciales con el fin de definir posteriormente los distintos grafos, matrices de pesos y de acceso. Algunas consideraciones iniciales para tener en cuenta son:

- Se parte de tener n parqueaderos en el sistema. Estos serán denominados la población P compuesta por los elementos individuales $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$.
- Se define un agente de origen denominado A_0 el cual representara a un vehículo interesado en buscar un parqueadero de la población de interés P .
- Se define un punto destino D , al lugar cercano de interés al cual se quiere dirigir el agente vehículo A_0 .
- Se definen los pesos $td_{01}, td_{02}, td_{03} \dots td_{0n}$. Como el valor ponderado que une la arista entre al agente de origen A_0 hasta el parqueadero n .
- Se definen los pesos $td_{1D}, td_{2D}, td_{3D} \dots td_{nD}$. Como el valor ponderado que une la arista entre el parqueadero n hasta el punto destino D .
- Los pesos $td_{0n} \dots td_{nD}$ pueden ser medidas en distancia o tiempo. Siendo la escala de tiempo un indicador que incluye implícitamente la distancia entre dos puntos.
- Se desean encontrar todas las (distancias o tiempos) de las distintas rutas desde el agente A_0 hasta el destino D .

- Se ha de tener en cuenta la forma como se llega tanto desde el agente de origen A_0 hasta un determinado parqueadero n , como desde el parqueadero n hasta el destino D .

Teniendo en cuenta dichas consideraciones iniciales las Figuras 14, 15, 16, 17 y 18 muestran los grafos de búsqueda teóricos-simplificados, así como las matrices de pesos y de acceso según cada caso en particular.

Caso general: Este caso contempla la búsqueda cercana de todos los parqueaderos disponibles al punto de destino, teniendo como medida de referencia a minimizar que el agente vehículo no esta cerca del lugar de destino.

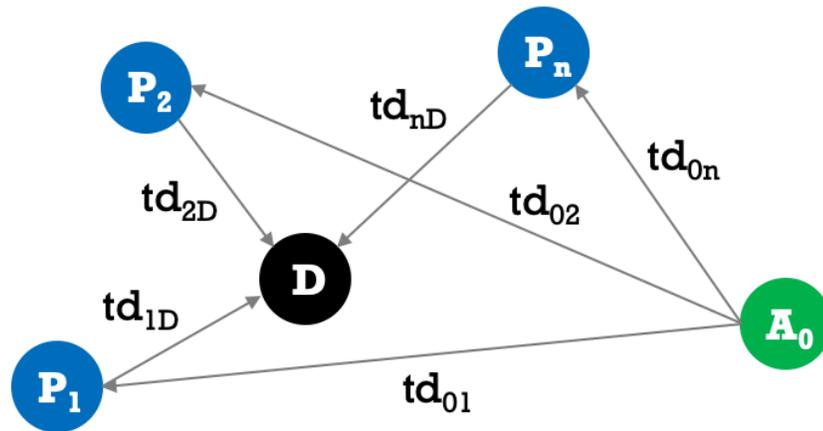


Figura 14. Grafo simplificado del modelo de búsqueda. Caso general

	A₀	P₁	P₂	...	P_n	D
A₀	0	td ₀₁	td ₀₂	...	td _{0n}	∞
P₁	∞	0	∞	...	∞	td _{1D}
P₂	∞	∞	0	...	∞	td _{2D}
:	:	:	:	0	:	:
P_n	∞	∞	∞	...	0	td _{nD}
D	∞	∞	∞	...	∞	0

Figura 15. Matriz de pesos que relaciona ubicación de origen con potenciales parqueaderos de destino. Caso general

	A₀	P₁	P₂	...	P_n	D
A₀	1	td ₀₁	td ₀₂	...	td _{0n}	V_m
P₁	∞	1	∞	...	∞	td _{1D}
P₂	∞	∞	1	...	∞	td _{2D}
:	:	:	:	1	:	:
P_n	∞	∞	∞	...	1	td _{nD}
D	∞	∞	∞	...	∞	1

Figura 16. Matriz de acceso que relaciona ubicación de origen con potenciales parqueaderos de destino y el valor a minimizar V_m. Caso general

Donde V_m será el valor por minimizar haciendo las búsquedas sucesivas de las rutas mas cortas desde A₀ hasta D.

Caso particular: Este caso contempla la búsqueda cercana de todos los parqueaderos disponibles al punto de destino, teniendo como medida de referencia a minimizar que el agente vehículo esta cerca del lugar de destino.

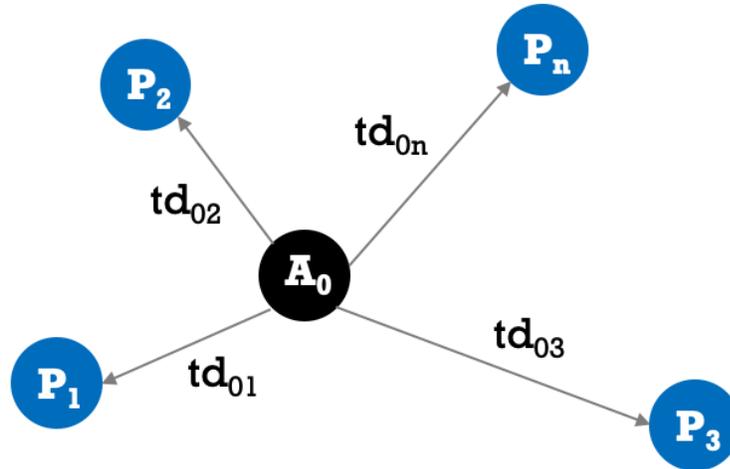


Figura 17. Grafo simplificado del modelo de búsqueda. Caso particular (modo radar)

	A₀	P₁	P₂	P₃	...	P_n
A₀	0	td ₀₁	td ₀₂	td ₀₃	...	td _{0n}
P₁	∞	0	∞	∞	...	∞
P₂	∞	∞	0	∞	...	∞
P₃	∞	∞	∞	0	...	∞
:	:	:	:	:	0	:
P_n	∞	∞	∞	∞	...	0

Figura 18. Matriz de pesos que relaciona ubicación de origen con potenciales parqueaderos de destino. Caso particular (modo radar)

Tenga en cuenta que para este caso tanto la matriz de pesos como la de acceso es la misma en cuanto a valores, exceptuando el valor de la diagonal principal, que para el caso de la matriz de acceso será remplazada por unos en lugar de ceros.

La comprensión inicial de estos escenarios del problema dio como resultado la posterior investigación, programación y puesta en marcha de algoritmos que permitieran solucionar las búsquedas entre los agentes y el entorno anteriormente mencionado mediante la teoría de grafos (Skiena, 2008). Del marco teórico podemos extrapolar que no todos los algoritmos de búsqueda disponibles se ajustan a problema

en cuestión, por tal razón, después de la investigación se seleccionaron 3 posibles algoritmos (búsqueda binaria, búsqueda voraz primero el mejor y búsqueda A*) para ser implementados. El primer algoritmo hace parte de la caja de herramientas para toda estructura de datos con el fin de encontrar información según la teoría de grafos, los otros dos hacen parte de la solución a problemas de búsqueda informada. A estos algoritmos también se les ha observado tanto el rendimiento como el funcionamiento, debido a que el algoritmo seleccionado posteriormente se integrará tanto a la simulación para múltiples parqueaderos como a las aplicaciones móviles.

Para probar el rendimiento y funcionamiento de la búsqueda, se ha programado una aplicación en Java que permite crear parqueaderos con determinadas características, así como de poder cargar parqueaderos previamente creados. Posteriormente la aplicación permite seleccionar el tipo de algoritmo, las preferencias del usuario (vehículo) para comenzar la búsqueda, las preferencias del usuario están ligadas a sus hábitos de consumo relacionado al contexto, es decir, tarifa por minuto, cercanía al lugar de destino, ofertas o servicios adicionales que el parqueadero pueda ofrecer, entre otros. Esto da como resultado las estadísticas en tiempo del rendimiento de los algoritmos, así como del total de parqueaderos encontrados según las preferencias del usuario.

Tenga en cuenta que, para determinar los tiempos-distancias “reales” asociadas a una determinada intensidad de tráfico en la ciudad td_{01} , td_{02} , td_{03} , td_{04} , ... td_{0n} , fundamentales para probar los algoritmos, se hizo uso de las APIs de **Google Maps** (<https://cloud.google.com/maps-platform/>) y de **HERE** (<https://developer.here.com/>) para determinar dichas magnitudes mediante las coordenadas de latitud y longitud.

Por un lado, se debe tener en cuenta que para el algoritmo de búsqueda binaria la estructura de datos debe ser un grafo organizado de menor a mayor distancia en línea recta desde el usuario (A_0) hasta el destino (D) y, desde el destino (D) hasta el parqueadero (P_n) para el caso general, y tan solo desde el usuario (A_0) hasta el parqueadero (P_n), para el caso particular o modo radar. Dicha distancia en línea recta se toma de las APIs anteriormente mencionadas. A partir de allí comienza el algoritmo a filtrar debido a los parámetros de cercanía, servicios, ofertas o llaves que le sirven para determinar que tan atractivo o no es un determinado parqueadero para

ser tomado en cuenta. Nótese que este algoritmo toma un doble proceso al tener primero organizar la estructura de datos y luego recorrerla para hacer la búsqueda, lo que en principio tomaría un poco más de tiempo para un sistema dinámico de múltiples parqueaderos y vehículos intentando buscar las mejores opciones disponibles.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que el algoritmo de búsqueda voraz contempla una función $f(n) = h(n)$ para ayudar a expandir los caminos de la búsqueda al nodo que tenga el menor costo. Para este caso $h(n)$ será la distancia en línea recta desde la ubicación del vehículo (A_0) hasta el lugar del destino (D) y, del parqueadero (P_n) hasta el destino (D), para el caso general, y solo desde el vehículo (A_0) hasta el destino de parqueo (P_n), para el caso particular o modo radar. Estas distancias en línea recta también se han tomado desde las APIs anteriormente mencionadas.

Por ultimo, tenga en cuenta que para el algoritmo de búsqueda A^* se contempla una función $f(n) = g(n) + h(n)$, donde $g(n)$ sera la misma distancia en línea recta descrita en el párrafo anterior (búsqueda voraz primero el mejor) y, $h(n)$ se denomina la función heurística, esta permite que el algoritmo encuentre la solución de una forma más rápida posible sin afectar los criterios de la búsqueda. Para este caso la función heurística propuesta ha sido la siguiente:

$$h(n) = k(n) - [k(n) * (\text{precio} + \text{cercanía} + \text{ofertas} + \text{llaves} + \text{servicios})]$$

(Ecu 17)

Donde, $k(n)$ sería la distancia “real” entre el origen (A_0) y el destino (D) estimada por las APIs. Precio, cercanía, ofertas, llaves y servicios son constantes que toman un valor de 0 o 0.2 si la búsqueda cumple o no con algún parámetro. En el caso que la búsqueda cumpla con todos los parámetros del usuario, $h(n) = 0$ lo cual haría que $f(n) = g(n)$ logrando que dicho parqueadero sea mas relevante para poder ser filtrado en primera instancia y posteriormente atendido (o visualizado). Es una forma de ayudar a la función heurística sin afectar el criterio de estimación mínima de costo. Si en una frontera a evaluar se encuentran nodos con igual valor para $f(n)$ el algoritmo toma el primero que este más a la izquierda del árbol de búsqueda generado.

Las , 20 y 21 muestran la interfaz programada, así como algunos de los resultados provenientes de los algoritmos implementados.

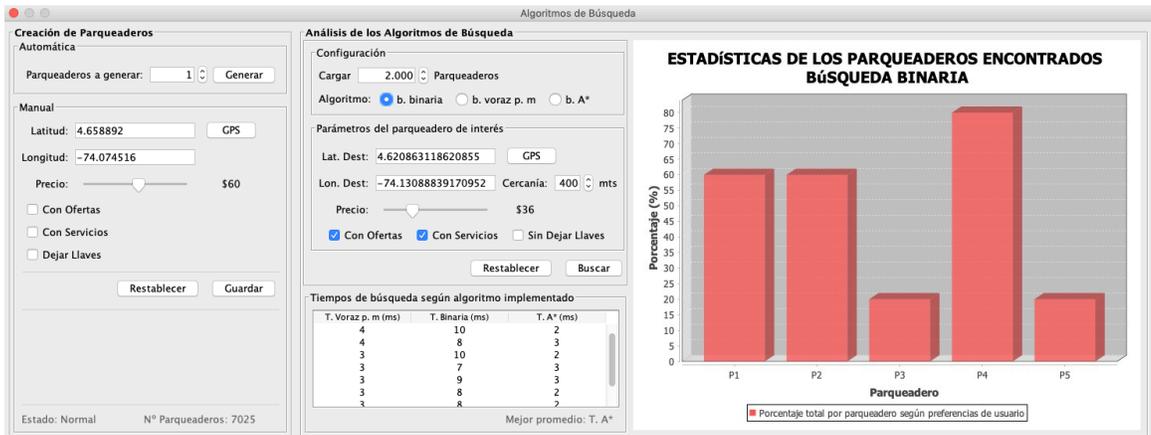


Figura 19. Interfaz de creación de parqueaderos y análisis de algoritmos de búsqueda implementados

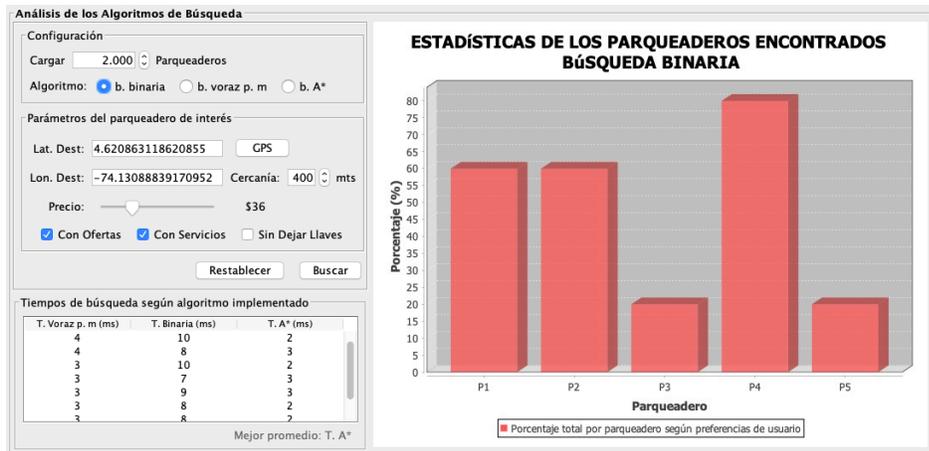


Figura 20. Sección de análisis de algoritmos de búsqueda

Figura 21. Sección de creación de parqueaderos para simular las búsquedas entre agentes

De las y 20, en la sección “Tiempos de búsqueda según algoritmo implementado”, se puede observar que la aplicación automáticamente calcula y registra los datos obtenidos del tiempo que tardó cada algoritmo en resolver una determinada búsqueda y muestra cual de todos ellos ha tenido un mejor promedio. Siendo el algoritmo A* aquel que bajo distintos escenarios y pruebas demostró tener el mejor rendimiento implementado. Por ultimo, pero no menos relevante, cabe resaltar que los algoritmos se probaron en un computador con sistema operativo macOS Mojave, de 16 GB de memoria RAM con un procesador Intel Core i5 de 2.7 GHz.

4.3.2.3. Sistema multiagente simulado

Al resolver el problema de las búsquedas entre agentes y teniendo en cuenta los datos de las encuestas que se incorporarán a la simulación para múltiples agentes, se integra todo este conocimiento a una única simulación que ubica los parqueaderos caracterizados en un mapa georreferenciado de la ciudad de Bogotá, luego permite cargar vehículos al sistema, estos han sido generados previamente de forma aleatoria con distintos parámetros de usuario con el fin de hacer totalmente funcional las búsquedas teniendo en cuenta las características de las dos grandes entidades que

están involucradas en el contexto del problema, conductores (vehículos) y parqueaderos. Por último, el sistema simulará un día de operación de los parqueaderos atendiendo al grupo de vehículos conforme a la teoría de colas expuesta anteriormente y a los viajes simulados que cada vehículo desea realizar. El resultado de la ocupación dinámica de los espacios de parqueadero se almacena históricamente como una serie de registros en la base de datos Simulación, específicamente en la tabla DinamicaDeOperacion, estos datos luego serán usados para intentar predecir la ocupación de un determinado parqueadero según la hora del día y así contribuir mediante el aprendizaje de máquina a que las aplicaciones móviles intenten adaptar un determinado funcionamiento con respecto a una realidad en donde los datos de dicha ocupación dinámica no existen.

Las Figuras 22, 23 y 24 muestran la primera versión de la simulación que se realizó en Java, en ellas se muestran los distintos estados dinámicos de los parqueaderos según como se han ido comportando a medida que transcurre el día, adicionalmente muestra un pequeño resumen donde se informa cuantos vehículos han sido generados para la simulación, cuantos fueron atendidos por el grupo de parqueaderos y bajo dichas condiciones de operación, cuantos vehículos no fueron atendidos.

Por otro lado, las Figuras 25, 26 y 27 muestran la misma simulación, pero ya con los parqueaderos georreferenciados en un mapa real de la ciudad de Bogotá. En él se evidencia la leyenda de ocupación mostrada según un código de colores que indica dado un determinado porcentaje del total de cupos de un parqueadero como se encuentra este a medida que transcurre la simulación. Esta vista se integra a los mismos datos generados de la primera versión, tan solo cambia la forma de visualizar los mismos ya que se hace uso de HTML, CSS y JavaScript.

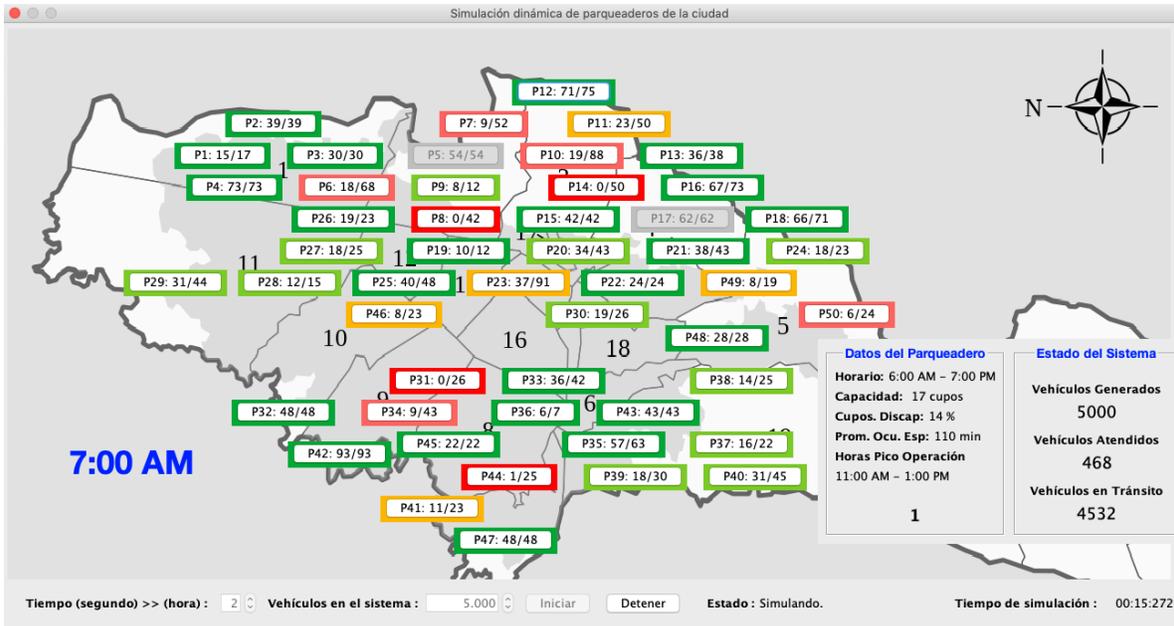


Figura 22. Primera versión, vista general de ocupación de parqueaderos para una simulación a las 7:00 am

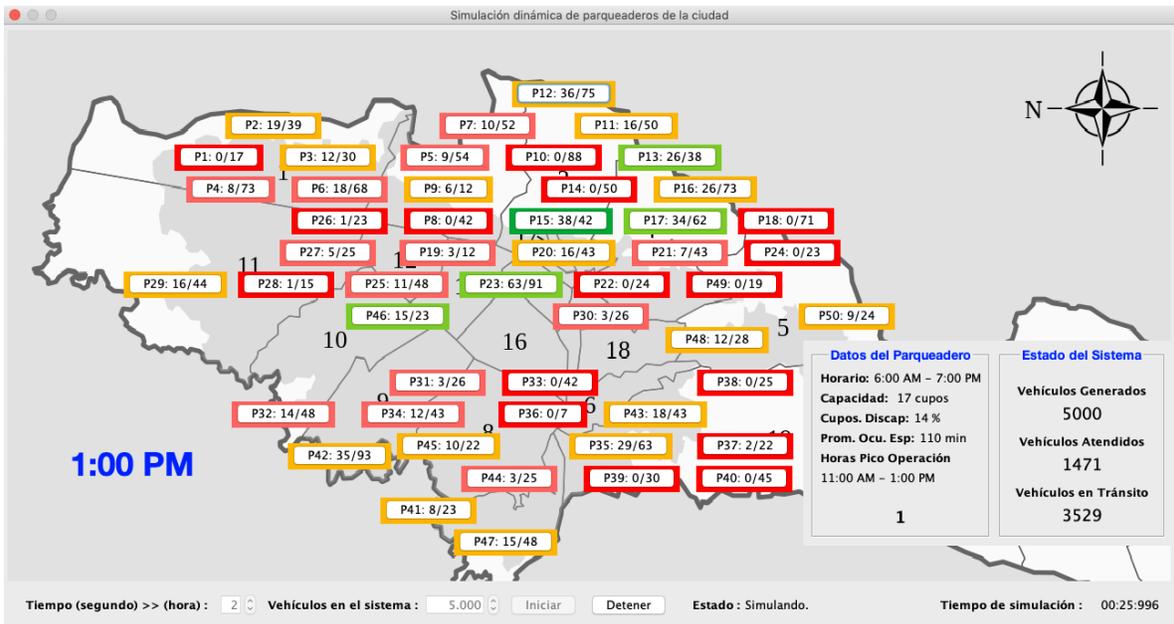


Figura 23. Primera versión, vista general de ocupación de parqueaderos para una simulación a las 1:00 pm

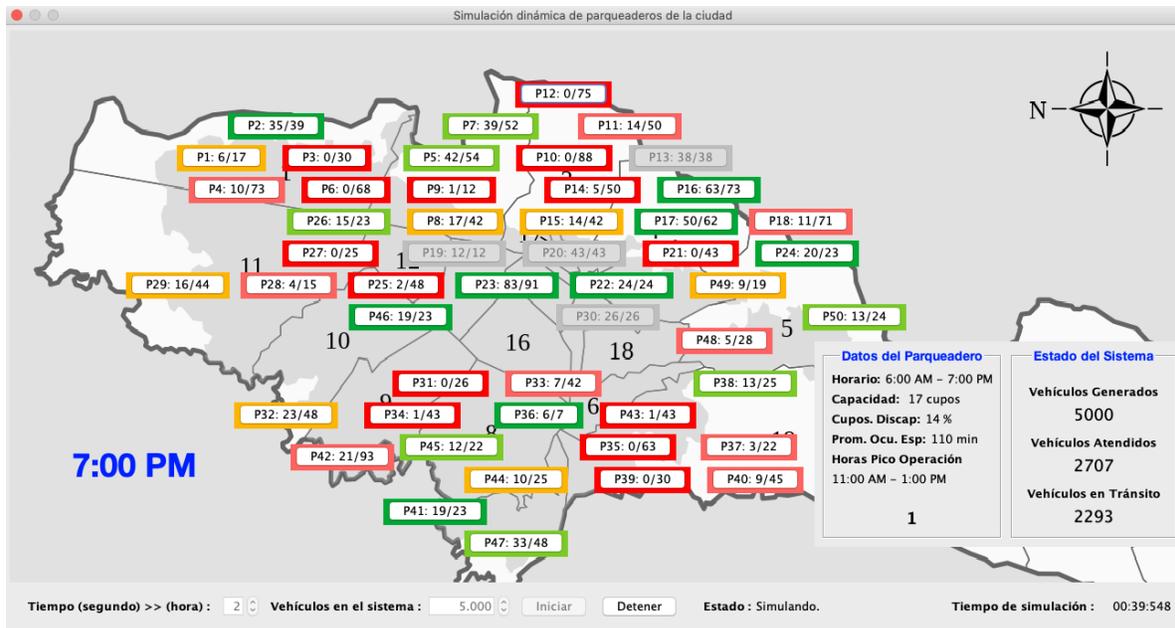


Figura 24. Primera versión, vista general de ocupación de parqueaderos para una simulación a las 7:00 pm

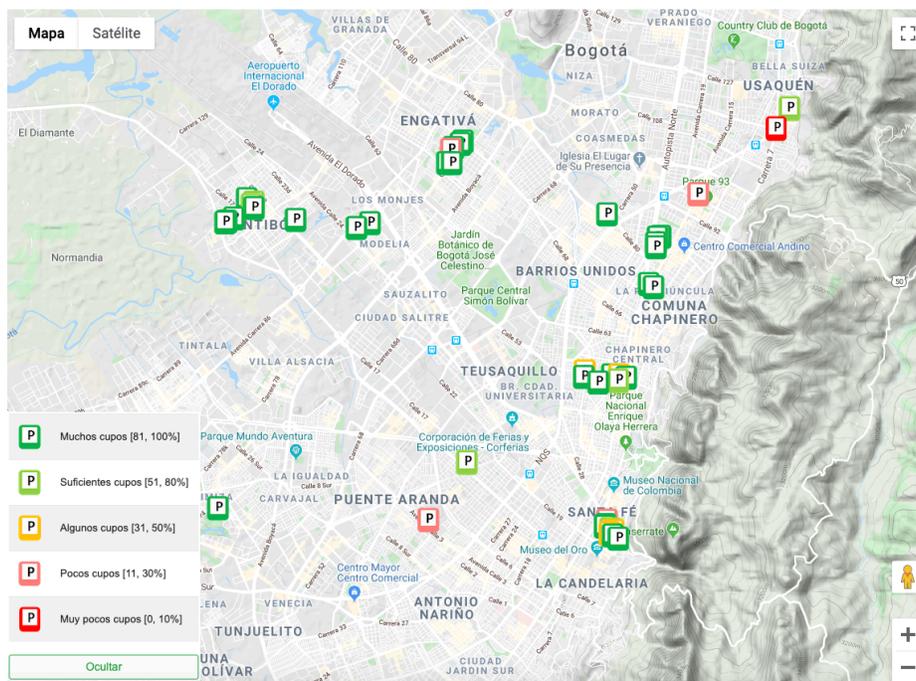


Figura 25. Versión georeferenciada web, vista general de ocupación de parqueaderos para una simulación a las 7:00 am

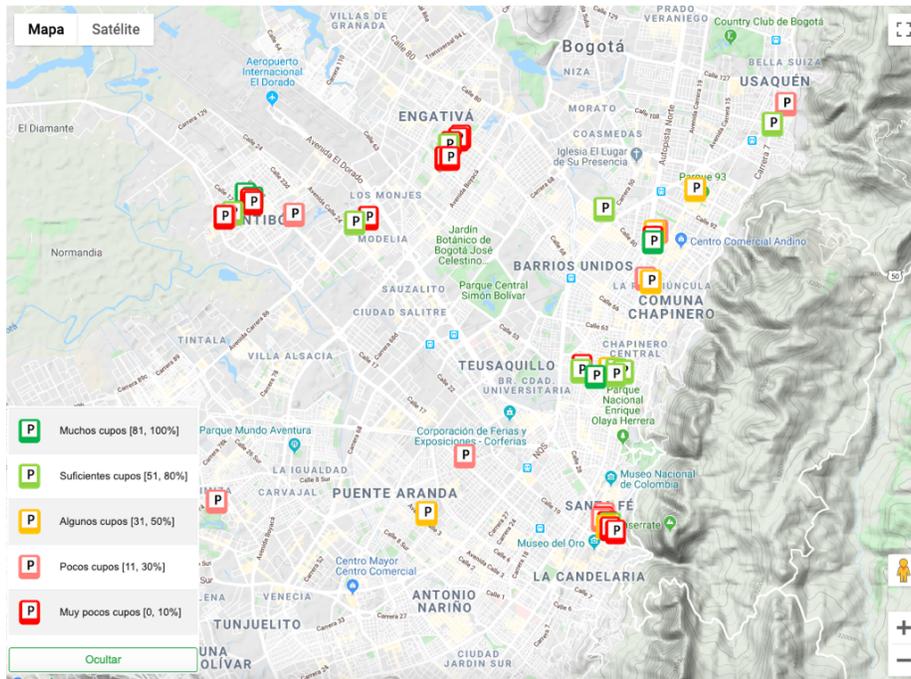


Figura 26. Versión georreferenciada web, vista general de ocupación de parqueaderos para una simulación a las 1:00 pm

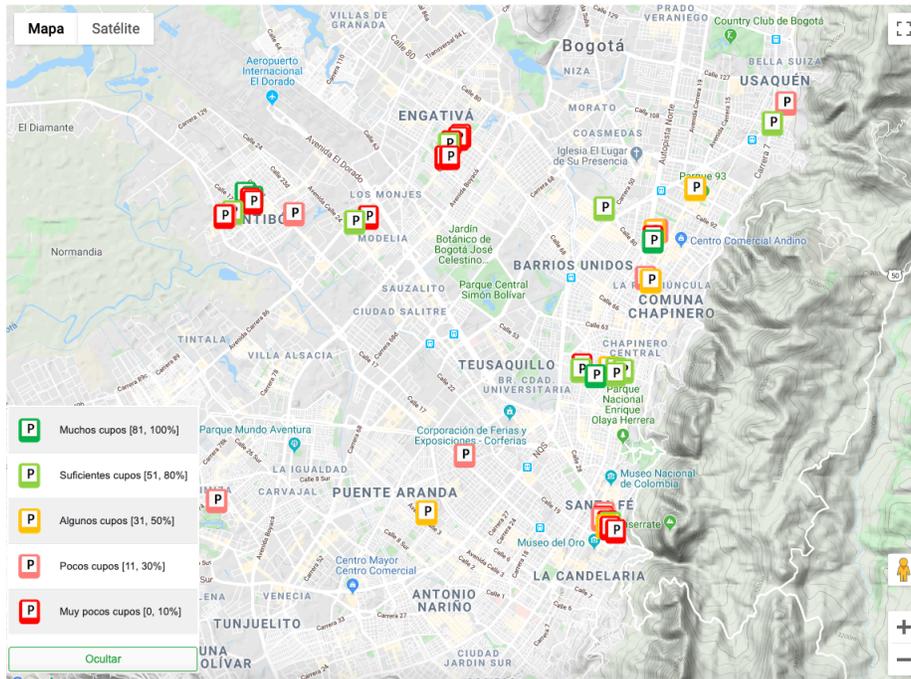


Figura 27. Versión georreferenciada web, vista general de ocupación de parqueaderos para una simulación a las 7:00 pm

4.4. Etapa 3: Gestión entre agentes inteligentes

En esta etapa se ha realizado una aplicación móvil híbrida progresiva, es decir, que funciona tanto para los dos sistemas operativos móvil más demandados actualmente (iOS y Android) como también brinda la posibilidad de ser adaptada a una versión ampliada para un navegador web (Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari, entre otros). La aplicación se conecta a un modelo de datos no relacional diseñado y programado en MongoDB bajo el esquema de colecciones. La vista de usuario se ha programado con ayuda del framework Ionic en su versión 4, ya que este, al estar basado en Angular permite una fácil escalabilidad de las aplicaciones programadas por primera vez. Dicha integración en esencia reúne tecnologías HTML, CSS3 y JavaScript. Los controladores se programaron tanto en NodeJS como en Python para el consumo de servicios web que fueron necesarios al conectar el modelo de datos y los datos históricos proveniente de las simulaciones.

4.4.1. El modelo de datos de la aplicación

El modelo de datos de la aplicación mostrado en la se diseñó y programó en MongoDB, el sistema funciona tanto local como de forma remota permitiendo crear contenedores de datos no relacionales NoSQL en forma de colecciones bajo un formato de objetos JSON. Se ha elegido dicha tecnología en gran parte debido al paradigma de desarrollo de software seleccionado (por prototipos), este modelo sirve adecuadamente en el almacenamiento los datos provenientes tanto de los conductores como de los administradores de parqueaderos, es muy eficiente en términos del desarrollo temprano del prototipo y escalable al consumo masivo de datos que este puede generar.

Las Figuras 29 y 30 muestran colecciones de datos programadas en el formato de objetos JSON permitiendo brindar respuestas rápidas a las peticiones por parte de los controladores de la aplicación desde y hacia los distintos servicios web programados. Este modelo de datos ayuda también en el almacenamiento de información histórica por parte de los conductores y de los administradores de parqueaderos con el fin de analizar posteriormente dichos datos para mostrar la dinámica de operación (ocupación y liberación de espacios de parqueadero).

Collection Name	Documents	Avg. Document Size	Total Document Size	Num. Indexes	Total Index Size	Properties
Conductor	1	219.0 B	219.0 B	1	20.5 KB	
Direccion	1	124.0 B	124.0 B	1	20.5 KB	
Email	1	107.0 B	107.0 B	1	20.5 KB	
Horario	53	166.0 B	8.8 KB	1	20.5 KB	
Oferta	12	150.8 B	1.8 KB	1	20.5 KB	
Parqueadero	50	421.1 B	21.1 KB	1	20.5 KB	
Telefono	1	85.0 B	85.0 B	1	20.5 KB	
Usuario	1	153.0 B	153.0 B	1	20.5 KB	

Figura 28. Esquema de las colecciones como modelo de almacenamiento de datos en MongoDB

```

{
  "_id": ObjectId("5e260deb47d70c06fe47316a"),
  "idParqueadero": 2,
  "descripcion": "NA",
  "latitud": 4.672187,
  "longitud": -74.149726,
  "direccion": "Cra. 98 #19-1 a 19-99, Bogotá, Colombia",
  "calle": "NA",
  "carrera": "NA",
  "barrio": "NA",
  "ciudad": "Bogotá",
  "esSobrecupo": false,
  "cupos": 39,
  "cuposDiscapacitados": 2,
  "cuposDisponibles": 0,
  "esTarifaPlana": false,
  "valorTarifaPlana": -1,
  "valorTarifaCarro": 85,
  "valorTarifaMoto": -1,
  "valorTarifaBici": -1
}

{
  "_id": ObjectId("5e260deb47d70c06fe47316c"),
  "idParqueadero": 3,
  "descripcion": "NA",
  "latitud": 4.671524,
  "longitud": -74.151131,
  "direccion": "Cl. 20 #99-2 a 99-98, Bogotá, Colombia",
  "calle": "NA",
  "carrera": "NA",
  "barrio": "NA",
  "ciudad": "Bogotá",
  "esSobrecupo": true,
  "cupos": 30
}

```

Figura 29. Vista en formato JSON de la colección Parqueadero

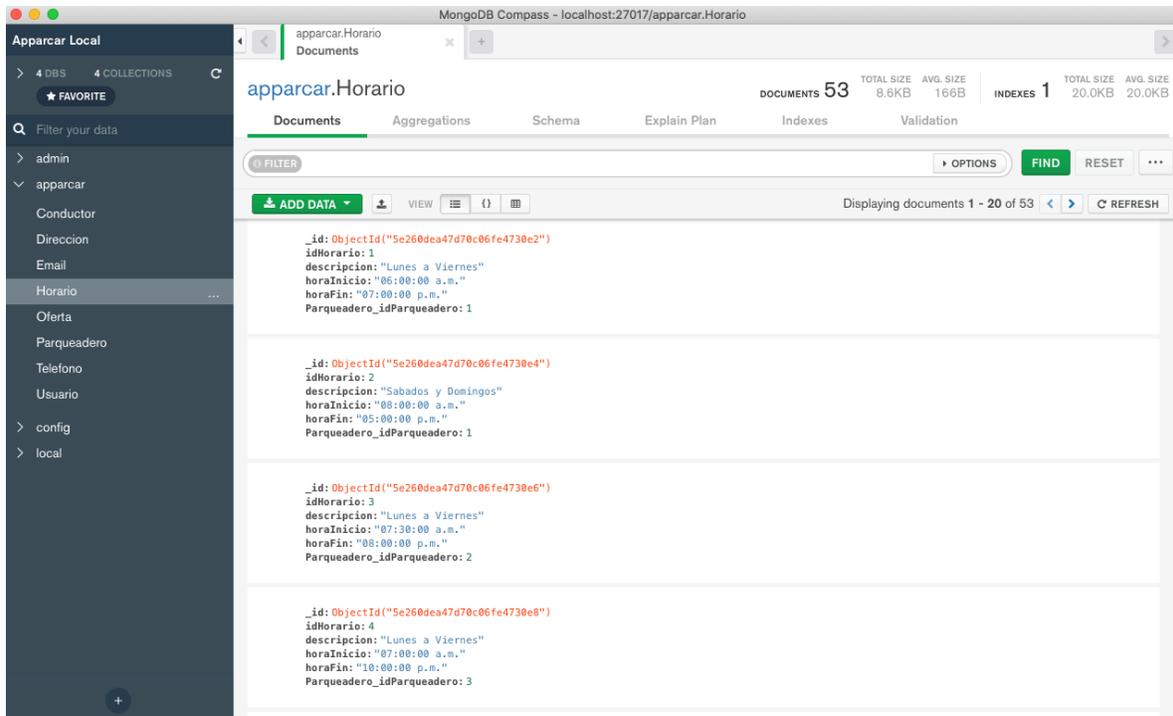


Figura 30. Vista en formato JSON de la colección Horario

4.4.2. Las vistas de la aplicación

La aplicación contempla en varias vistas que le permiten interactuar a los usuarios (conductores o administradores de parqueaderos) con los datos disponibles para la ubicación de un determinado parqueadero según las preferencias de un conductor. La aplicación en general le permite tanto a los administradores de parqueaderos gestionar información de la dinámica de operación de un determinado estacionamiento, como, a los conductores la búsqueda oportuna de un lugar de parqueadero según las características o necesidades propias del mismo.

La aplicación en general es un prototipo que ha evolucionado a lo largo del desarrollo del proyecto, en donde se busca como gran finalidad una aceptable estimación en términos de coincidencias (conductor-parqueadero) con el fin de aportar en alguna medida con el flujo de tráfico en distintas zonas consideradas como de difícil circulación. Considérese una aceptable estimación la resultante después de una posterior fase de producción de la aplicación, en donde luego de una serie de pruebas estas superen el 85 o 90% de coincidencias dados los valores suministrados para las búsquedas.

La aplicación totalmente fue programada con ayuda del framework de Ionic en su versión 4, este de forma intrínseca hace uso de otro framework de desarrollo (Angular), que es en esencia, puro HTML5, CSS3 y JavaScript totalmente integrado para la codificación de todas las vistas para el conductor o para el administrador de un parqueadero.

Como toda aplicación, esta contempla una vista de inicio de sesión, permite acceder por medio de los perfiles sociales del usuario o con ayuda de un pequeño formulario de registro tanto para un perfil de conductor como para un perfil de administrador de parqueadero. También se ha desarrollado un menú de acceso lateral de fácil navegación para poder interactuar con todas las funcionalidades de la aplicación. Estas vistas las se pueden observar en detalle en las Figuras 31 y 32.

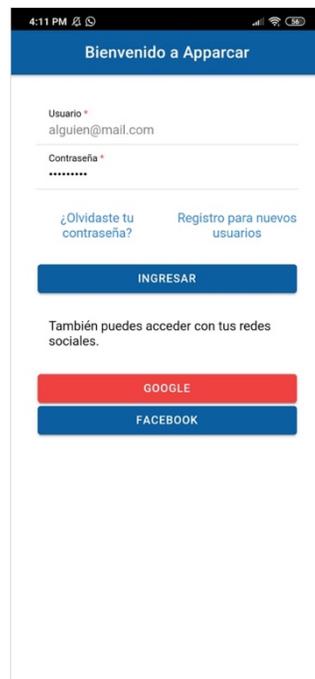


Figura 31. Vista de usuario para el inicio de sesión

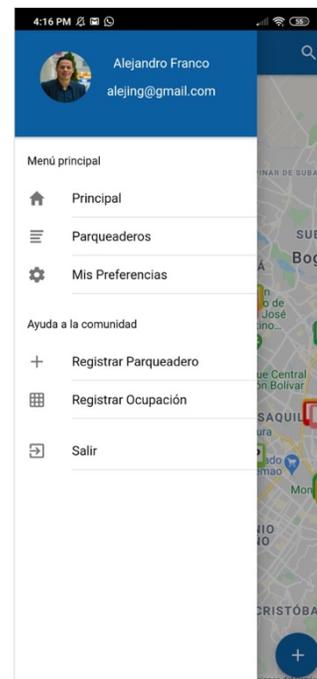


Figura 32. Vista de usuario del menú general

El menú principal lleva de forma directa a una vista en forma lista de parqueaderos y la vista de ajuste de las preferencias de un determinado conductor. La lista de parqueaderos muestra de forma organizada los parqueaderos más relevantes según las

preferencias del usuario, esto con el fin de conocer un poco más la “reputación” del parqueadero dentro de la comunidad que ha hecho uso de la aplicación, se puede observar la distancia a la que esta ubicado, puntuación, precio del minuto y cantidad de cupos disponibles, entre otros. También posee algunos botones de acceso rápido para poder calificar un determinado parqueadero, agregarlo como uno de los parqueaderos favoritos del usuario o para ir de forma inmediata a mostrar la ruta más rápida posible desde la posición o ubicación donde esta el conductor. En la vista de preferencias, un conductor puede ajustar las mismas según sus características propias de consumo, puede ajustar la cercanía donde quiere ubicar el parqueadero desde la posición de destino que desea, el valor de pesos por minuto máximo que estaría dispuesto a pagar, si prefiere parqueaderos que tengan ofertas, servicios o contempla dejar llaves para hacer uso de este. Estas vistas las podemos observar un poco más en detalle en las Figuras 33 y 34.



Figura 33. Vista de usuario del listado de parqueaderos organizado por preferencias

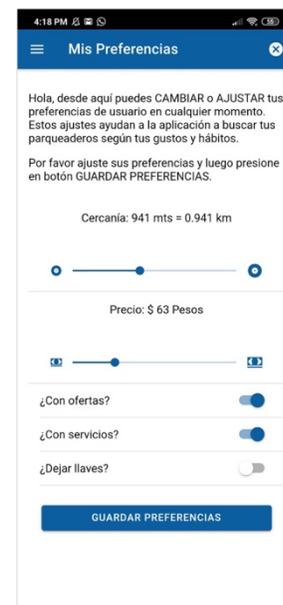


Figura 34. Vista de usuario de ajuste de preferencias

Con el fin de ayudar a la comunidad y a los algoritmos de estimación, se programaron a su vez dos vistas más que contemplan la gestión de un determinado parqueadero, es decir, ingreso, actualización o eliminación de información relacionada con un determinado parqueadero, esto ayuda tanto a administradores de parqueaderos como a

usuarios a mantener la información más relevante actualizada de forma permanente. En la vista de registro de ocupación, tanto un usuario como un administrador de parqueaderos puede almacenar la cantidad de cupos disponibles en un determinado estacionamiento, así como la percepción en una escala del 1 al 5, siendo 1 (ocupación baja) es decir, muchos cupos disponibles y, 5 (ocupación alta), es decir, pocos cupos disponibles percibidos. Estas características le ayudan a los algoritmos a predecir o estimar de una mejor forma la ocupación de un determinado parqueadero con el fin de ayudar a los usuarios a tomar una mejor decisión con la información disponible. Estas vistas las podemos observar un poco más en detalle en las Figuras 35 y 36.

4:18 PM

Registrar Parqueadero

Ubicación

Latitud *
4.7165

Longitud *
-74.8765

Dirección *
CLL 24 N 73 22

Precio minuto para un carro *
95

Precio minuto para una moto
50

Precio minuto para una bicicleta
10

Cupos totales *
230

Cupos para discapacitados
10

¿Con ofertas?

¿Con servicios?

¿Dejar llaves?

Subir una foto

REGISTRAR PARQUEADERO

Figura 35. Vista de usuario para gestionar un parqueadero

4:18 PM

Registrar Ocupación

Hola, desde aquí puede REGISTRAR UNA ONSERVACIÓN correspondiente a la ocupación de un parqueadero en sistema, esto le ayuda a la comunidad a tener información mas actualizada con relación a la dinámica de operación de un parqueadero.

Por favor registre la ocupación percibida del parqueadero y luego presione en botón REGISTRAR OCUPACIÓN.

Ubicación

Latitud *
4.7165

Longitud *
-74.8765

Ocupación

Cupos disponibles *
10

Ocupación percibida *
1 ————— 5

REGISTRAR OCUPACIÓN

Figura 36. Vista de usuario para registrar ocupación en un parqueadero

La vista general (Principal) muestra en un mapa georreferenciado con el estado de ocupación del sistema de parqueaderos discriminando visualmente con ayuda de distintos iconos de colores, estos van desde el verde oscuro (parqueadero con alta probabilidad de encontrar en él lugares disponibles para estacionar) hasta el rojo oscuro (parqueadero con muy baja probabilidad de encontrar en él lugares disponibles para estacionar), ubicando al usuario en una determinada posición con un icono de un

vehículo en color verde. Esta vista posee a su vez una función de búsqueda, la cual mediante la escritura o calculo de las direcciones de origen y destino se procede a mostrar al usuario cual seria la ruta más rápida para llegar a ese destino. Estas ultimas vistas las podemos observar en las Figuras 37, 38 y 39. En general toda la aplicación desde las vistas hasta los controladores que se explicarán en la siguiente sección se apoyan fundamentalmente de toda la teoría o algorítmica de búsqueda expresada en los numerales 3.8, 3.9, y 4.3 para su programación y puesta en marcha.



Figura 37. Vista de usuario general del sistema de parqueaderos

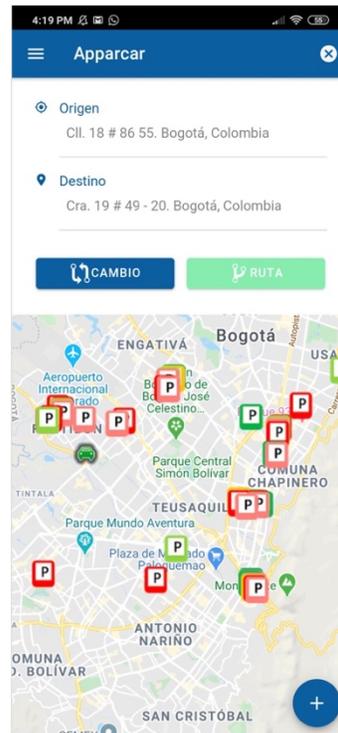


Figura 38. Vista de usuario para el calculo de la ruta optima

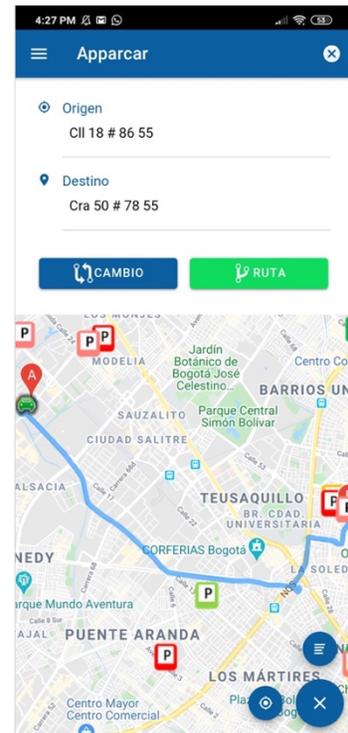


Figura 39. Vista de usuario con la ruta optima calculada

4.4.3. Los controladores de la aplicación

Datos los controladores de la aplicación se han programado como servicios web de tal forma que puedan enlazar los datos con las vistas de usuario referenciadas en el numeral sección anterior, además, dichos servicios web permiten programar o gestionar nuevas rutinas (o funciones) con el fin de mejorar el desempeño propio de los algoritmos de búsqueda y de predicción de ocupación que se propondrán en una sección posterior (5.2) programados para la aplicación.

En un principio, se ha programado un servicio web que permite unir los datos provenientes de las distintas bases de datos con respecto a las simulaciones, en particular, la simulación que podía mostrar una vista web georreferenciada. Este servicio consulta toda la información de todos los parqueaderos disponible en la base de datos, los convertía a formato JSON y los entrega a la vista (web o móvil) que requiera para ser tratada.

```
<?php
//header("Content-Type: text/html;charset=utf-8");
header('Access-Control-Allow-Origin: *');
header('Access-Control-Allow-Headers: Content-Type, x-xsrf-token');

$servername = "localhost";
//$username = "id3243163_alejing"; // Para 000webhost
$username = "root";
//$password = "j0sefr4nco"; // Para 000webhost
$password = "";
//$dbname = "id3243163_apparcar"; // Para 000webhost
$dbname = "Apparcar";

// Crea una nueva conexión
$conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);

// Verifica si se estableció la conexión
if ($conn->connect_error) {
    die("Falló la conexión: " . $conn->connect_error);
}
// Permite los acentos que vienen desde la base de datos
$acentos = $conn->query("SET NAMES 'utf8'");
//echo "Conectado satisfactoriamente";

// Se crea un array para codificar en formato JSON
$json = array();
// Selecciona los datos de la tabla Parqueadero
$sql = "SELECT * FROM Parqueadero";
$result = $conn->query($sql);

if ($result->num_rows > 0) {
    // Itera según los resultados obtenidos en la consulta SQL
    while($row = $result->fetch_assoc()) {
        $bus = array(
            'idParqueadero' => $row['idParqueadero'],
            'descripcion' => $row['descripcion'],
            'latitud' => $row['latitud'],
            'longitud' => $row['longitud'],
            'direccion' => $row['direccion'],
            'calle' => $row['calle'],
            'carrera' => $row['carrera'],
            'barrio' => $row['barrio'],
            'ciudad' => $row['ciudad'],
            'esSobrecupo' => $row['esSobrecupo'],
            'direccion' => $row['direccion'],
            'cupos' => $row['cupos'],
            'cuposDiscapacitados' => $row['cuposDiscapacitados'],
            'cuposDisponibles' => $row['cuposDisponibles'],
            'esTarifaPlana' => $row['esTarifaPlana'],
            'valorTarifaPlana' => $row['valorTarifaPlana'],
            'valorTarifaCarro' => $row['valorTarifaCarro'],
            'valorTarifaMoto' => $row['valorTarifaMoto'],
            'valorTarifaBici' => $row['valorTarifaBici']
        );
        array_push($json, $bus);
    }
} else {
    echo "0 resultados";
}
// Codifica en formato JSON
$jsonstring = json_encode($json, JSON_UNESCAPED_UNICODE);
echo $jsonstring;

// Cierra la conexión
$conn->close();
?>
```

Figura 40. Programación del servicio web para consulta total de parqueaderos registrados en una base de datos

Posteriormente, los servicios web se convierten en elementos transaccionales para el consumo de datos por parte de las aplicaciones web y móvil (gestionar usuarios, gestionar preferencias, gestionar parqueaderos, actualizar arboles de búsqueda y predicción, etcétera), así como para aquellos datos que alimentan en sistema de regresión predictivo para poder estimar la ocupación de un parqueadero en particular según la dinámica de operación de este.

```
src > app > parqueaderos.service.ts > ...
1 import { Injectable } from '@angular/core';
2 import { HttpClient } from '@angular/common/http';
3
4 import { Parqueadero } from './interfaces/interfaces';
5
6 @Injectable({
7   providedIn: 'root'
8 })
9 export class ParqueaderosService {
10
11   constructor( private http: HttpClient ) { }
12
13   getParqueaderos(){
14     | return this.http.get<Parqueadero>('http://192.168.0.7/appcar/getParqueaderos.php');
15   }
16 }
17
```

Figura 41. Consumo del servicio web getParqueaderos() por parte de una de las vistas de la aplicación móvil

Gran parte de los servicios web programados y sus distintas rutinas ha sido desarrollados en distintos lenguajes de programación (JavaScript, PHP y Python). Parte de ellos se puede evidenciar en las Figuras 40 y 41 o en los códigos suministrados como anexos al presente trabajo.

5. RESULTADOS Y CONTRIBUCIÓN

5.1. Introducción

Las dos secciones a continuación (5.3 y 5.2) presentan por un lado (Etapa 4) en forma de pruebas de funcionamiento y los resultados que se han obtenido producto tanto de la integración de los datos simulados como de los datos recolectados con la aplicación junto con la interacción entre los agentes (conductores vehículos y administradores parqueaderos), por otro lado, se presenta la contribución del presente trabajo haciendo referencia a una de las etapas propuestas dentro del desarrollo metodológico (Etapa 5), en esta, se presenta el modelo de gestión e interacción entre los vehículos y los parqueaderos así como la integración de los distintos datos para determinar búsquedas según una determinada ocupación que le permita tomar una mejor decisión a los distintos conductores a la hora de elegir un determinado lugar en donde estacionar.

5.2. Etapa 4: Pruebas de funcionamiento

Durante esta etapa se pretende demostrar con criterios teóricos y prácticos los distintos argumentos que se han tenido en cuenta para la elección de los distintos algoritmos de inteligencia artificial aplicados, todo esto con el fin de brindarle inteligencia al modelo de gestión general propuesto. Específicamente se exponen pruebas de funcionamiento asociadas al problema de búsqueda y de predicción mediante la aplicación de técnicas de regresión.

5.2.1. Elección del algoritmo de búsqueda

Durante la sección 4.3.2.2 se habían introducido algunos elementos importantes que se han tenido en cuenta entorno a la elección del algoritmo de búsqueda A* para ser implementado a la hora de determinar el mejor (o los mejores) lugares para poder estacionar según las preferencias de usuario y estimaciones de ocupación aparente para un parqueadero en particular. Se había descrito de forma general y particular dicho problema, a la vez que se había dejado propuesta la función heurística para que el algoritmo funcionara en este contexto, pero, porque se ha elegido el algoritmo A* y no otro en particular, pues esto será descrito a continuación.

Primero, debemos entender que para solucionar el problema de búsqueda se tuvo que documentar de forma extensa la diversidad de algoritmos y aplicaciones practicas que estos

pueden llegar a en el contexto de las estructuras de datos. Ahora bien, la estructura de datos del problema en sí hace especial énfasis al uso de nodos (conductores (o vehículos) y administradores de parqueaderos (o parqueaderos)) conectados entre sí, estos nodos se representan como un grafo que posteriormente y conforme avanza la complejidad (o dinámica) del sistema en sí se especializa cada vez más a una versión particular denominada árbol de búsquedas. Con esto como base y después de la extensa revisión teórica se puede evidenciar que los algoritmos tradicionales tales como: búsquedas lineales o búsquedas binarias sirven para recorrer estructuras de datos y son viables para aplicar en el contexto del problema que se desea solucionar, pero, el gran problema aquí es la complejidad del tiempo que les toma a dichos algoritmos encontrar posibles soluciones, no fueron descartados del todo y entre todos ellos se eligió uno de los algoritmos que teóricamente presenta una complejidad y uso de recursos adecuado para este problema (búsqueda binaria) y se programó con el fin de obtener resultados para ser comparados con respecto a los otros dos algoritmos analizados.

Por otro lado, después de la revisión de la sección 3.8 se descartan los algoritmos de búsqueda no informados, ya que sería una total pérdida de tiempo analizar alguno de estos cuando un limitado algoritmo tradicional de búsquedas puede solucionar el problema sin consumir más recursos (tiempo o espacio-memoria) como lo hacen este tipo de soluciones algorítmicas, además, lo que se pretende buscar es que a partir de cierta información recolectada el algoritmo encuentre una (o varias) opciones disponibles dentro del espacio de estados de parqueaderos que hay en el sistema. Es decir, que se haga uso de estos datos para hacer búsquedas informadas dentro del conjunto de nodos buscando mejoras significativas en tiempo de ejecución y estacionamientos encontrados. Por dicha razón se eligen los algoritmos de búsqueda voraz primero el mejor y el algoritmo A*, aunque a priori funcionan bajo el contexto de búsqueda por medio de funciones heurísticas, estas son muy distintas de aplicar y obtienen resultados diferentes al seleccionar un determinado lugar donde parquear según criterios del conductor.

En resumen, se analizan los algoritmos de: búsqueda binaria, búsqueda voraz primero el mejor y A*, en donde teóricamente se analiza en (Skiena, 2008) y las secciones 3.8 y 3.9 la complejidad en tiempo y espacio (uso de memoria) para dichos algoritmos, claro está, cada uno con una determinada implementación y marcada diferencia sobre el entendimiento de los parámetros bajo los cuales se expone dicho rendimiento. Analíticamente parece entonces

que el algoritmo de búsqueda binaria fuera el mejor de los tres seleccionados, pero este tiene una serie de pasos adicionales que no necesariamente se deben tener en cuenta al hacer uso de un algoritmo de búsqueda informado, este paso es la organización previamente del árbol de búsquedas ya se de forma creciente o decreciente de los parámetros sobre los cuales haya algún interés, es por esta razón que al momento analizar el algoritmo es importante añadir un paso previo que es el de la implementación de un algoritmo de ordenamiento, luego la implementación del algoritmo de búsqueda iterativamente para encontrar los parqueaderos y posteriormente el algoritmo de calculo de la ruta optima para llevar a un conductor desde un punto A hasta un determinado punto B. Aunque pareciera que en espacio no afectara mucho el desempeño, es importante al momento de analizar su consumo en tiempo de ejecución, ya que, al ser procesos que son necesarios para el adecuado desempeño de las búsquedas serán sub-algoritmos necesarios de implementar. Por otro lado, se tiene el algoritmo voraz primero el mejor, este algoritmo estima una función heurística importante para depurar no solo el parqueadero más relevante según hábitos de consumo del conductor sino en términos de distancias relativas desde un punto A hasta un punto B, lo que ayuda de primera mano a determinar a su vez cual distancia es mejor para ser presentada al conductor, también tiene un ventaja adicional y es que no necesita que el árbol de información este organizado, el algoritmo recibe el árbol para efectuar las búsquedas pero no necesita implementar sub-algoritmos de ordenamiento y como resultado de su ejecución devuelve un listado de posibles nodos con las distancias más cercanas entre los puntos pero teniendo como referencia una línea recta lo cual es contraproducente al momento de hacer una aproximación real al tiempo que se tardara de ir desde un determinado lugar de la ciudad hasta un parqueadero seleccionado. Por ultimo, el algoritmo A* presenta todas la ventajas del algoritmo voraz primero el mejor, pero este permite que al refinar la función heurística no solo se eviten los problemas al subestimar factores tales como la distancia real entre dos puntos sino que dentro de la misma función se puede penalizar (o involucrar) los “hábitos” de consumo del conductor para hacer un parqueadero o grupo de ellos mas atractivo para ser filtrado, tanto para el algoritmo voraz primero el mejor y para el A* se debe tener especial cuidado al momento de formular la función heurística con el fin de no subestimar los criterios reales del problema que se quiere solucionar en contexto. Se presenta la Tabla 10 que resume los criterios teóricos expuestos que se han tenido en cuenta al momento de la implementación practica de los algoritmos anteriormente mencionados.

Criterio	Algoritmo de búsqueda		
	Binaria	Voraz primero el mejor	A*
Complejidad de tiempo	$O(\log N)$	$O(d)$	$O(b^d)$
Complejidad en espacio	$O(N)$	$O(b^m)$	$O(b^d)$
Implementación de algoritmos de ordenamiento	Necesaria	No necesaria	No necesaria
Implementación adicional de algoritmo para el calculo de ruta optima	Necesaria	No necesaria	No necesaria
Implementación iterativa para el filtro de distintos estacionamientos	Aplica		
Diseño de función heurística que no subestime parámetros del contexto donde será implementado	No aplica	Necesaria	Necesaria
Facilidad de implementación en lenguaje de programación	Adecuado y practico de implementar		
<i>N</i> cantidad de elementos o nodos por visitar del árbol. <i>b</i> es el factor de ramificación. <i>d</i> es la profundidad de la solución más superficial. <i>m</i> es la máxima profundidad del árbol de búsqueda.			

Tabla 10. Resumen de criterios teóricos relevantes al momento de programar los algoritmos para el análisis practico

Después del correspondiente análisis teórico se ha implementado cada uno de los algoritmos al problema en cuestión para medir así de forma practica el tiempo que le tomaba a cada uno de los algoritmos solucionar una determinada búsqueda. Como se puede evidenciar en las Figuras 19, 20 y 21 de la sección 4.3.2.2. Se programa una interfaz que permite analizar en simultanea el calculo de distintas búsquedas según distintos criterios por parte tanto de conductores como de parqueaderos. El tiempo que se tomó cada función (o algoritmo) se calculó en milisegundos (ms) y solo se tuvo en cuenta para los tres algoritmos desde el momento que se ingresan los criterios hasta que cada uno soluciona o encuentra un listado de posibles parqueaderos que se ajustan a los parámetros solicitados. En tan solo unas pocas ejecuciones como se puede ver en la Figura 19, se observa una tendencia donde el algoritmo A* busca y filtra en un tiempo menor el grupo de parqueaderos de interés. A continuación, en la Tabla 11 se muestran 10 ejecuciones de una simulación de búsquedas o prueba de estrés que se realizó a los algoritmos con 1000 peticiones de búsquedas distintas, allí se pudo evidenciar que en promedio el algoritmo A* soluciona el problema dado 1.4 (ms) más rápido en tiempo de ejecución con relación al algoritmo voraz primero el mejor y 6.2 (ms) mas rápido con relación al algoritmo de búsqueda binaria. Eso quiere decir que el algoritmo A*

es aproximadamente un 11% más rápido que el algoritmo voraz primero el mejor y un 60.5% más rápido que el algoritmo de búsqueda binaria.

Búsqueda numero	Tiempos de búsqueda según algoritmo implementado en milisegundos (ms)		
	Binaria	Voraz primero el mejor	A*
1	10	4	2
2	8	4	3
3	10	3	2
4	7	3	3
:	:	:	:
568	6	4	2
569	12	6	3
570	5	3	2
:	:	:	:
998	9	4	1
999	8	4	3
1000	11	3	3

Tabla 11. Muestra de 10 ejecuciones de distintos algoritmos de búsqueda comparando su rendimiento en tiempo de ejecución

Por último, después de comprobar práctica y teóricamente el desempeño del algoritmo A* este se elige y se programa tanto en las simulaciones dinámicas como en la aplicación de gestión web y móvil para la búsqueda y presentación de la información hacia los conductores de vehículos.

5.2.1.1. Cálculo de la ruta óptima.

Una de las ventajas más sobresalientes de la elección del algoritmo A* es la solución casi inmediata del cálculo de la ruta óptima, ya que al momento de filtrar de forma iterativa cada parqueadero del árbol de búsqueda el algoritmo automáticamente lo hace teniendo en cuenta la función heurística, dicha función heurística contempla implícitamente no sólo la distancia en línea recta dada la ubicación de un conductor y un determinado parqueadero sino estima también la distancia real entre dichos puntos con el fin de mejorar la aproximación dada entre estos dos puntos. Elemento que por ejemplo el algoritmo de búsquedas binarias no contemplaba al ser en esencia

una búsqueda acotada en línea recta con un poco más de trabajo de cálculo e interpretación con relación al algoritmo voraz primero el mejor. Fue esa ventaja significativa al encontrar la función heurística propuesta en la ecuación (Ecu 35) que le permite a este tipo de algoritmos solucionar problemas relacionados al calculo de distancias, numero de movidas (o mejor movida) para un juego tal como el ajedrez o ubicación y desplazamiento espacial para un robot, entre otras, con una gran eficiencia y optimización de recursos disponibles tales como la memoria del computador o de un dispositivo móvil.

Lo más difícil del problema era encontrar dadas las coordenadas GPS del conductor y las ubicaciones GPS de los parqueaderos, la distancia más cercana entre estos dos puntos en particular dadas unas determinadas características del usuario (conductor), esto se solucionó con bastante eficiencia al implementar el algoritmo A*, ya que con el listado de parqueaderos filtrados según la menor distancia relativa entre los puntos, se procede a visualizar en el mapa la ruta trazada con ayuda de las APIs de Google Maps y HERE tal cual como se puede ver en las Figuras 38 y 39.

5.2.2. Elección de las curvas ajuste para el modelo de predicción a partir de datos simulados o recolectados

Algo que fortalece la propuesta del trabajo que hasta aquí se ha descrito más allá de optimizar las búsquedas de información haciéndolas cada vez más rápidas y pertinentes según un grupo de datos, esta ligado a la capacidad de estimar o predecir la ocupación de un determinado parqueadero con el fin de poder saber si a la posible hora de llegada de un conductor a un determinado parqueadero, este encontrará o no un cupo disponible, lo que abre la posibilidad también que los administradores de parqueadero puedan generar ofertas o cobros adicionales por reservar espacios de estacionamiento si así esta dispuesto a aceptarlo el usuario, o que el conductor decida elegir otro parqueadero si considera no poder encontrar un lugar que se adapte a sus necesidades mínimas para hacer uso del mismo. Como se observa, se pueden presentar algunas ventajas producto del análisis predictivo de la dinámica diaria e histórica de un parqueadero o grupos de ellos.

Para poder realizar dicha estimación el proyecto contempló dos escenarios posibles para el uso de datos, es decir, la fuente desde donde pueden provenir estos según la versatilidad del

modelo, estos se pueden integrar producto de las simulaciones o producto de la comunidad de usuarios (conductores y administradores de parqueaderos), para tal fin se decidió poner a prueba las simulaciones producto del modelo de análisis de colas descrito en el numeral 4.3 en conjunto con observaciones reales para un parqueadero tomado como objeto de estudio. La recopilación de los datos se hizo a través de la aplicación descrita en el numeral 4.4 por parte del administrador del parqueadero, dicha recolección de datos duro 3 meses, de lunes a viernes, desde las 8:00 am hasta las 8:00 pm con una frecuencia de toma de la muestra de una hora. En las secciones a continuación se observa el análisis realizado tanto a los datos simulados como a los datos recolectados.

5.2.2.1. Datos producto de las simulaciones para el parqueadero de estudio

En las secciones 4.2 y 4.3 se pudo observar que cada parqueadero se caracterizó y de este proceso se obtuvo algunos datos relevantes a la hora de realizar las simulaciones tanto para un posible parqueadero como para el total de ellos que ha sido caracterizado.

El parqueadero que se estudió tenía las siguientes características relevantes: 43 cupos totales disponibles, horario de operación de 6:00 am a 10:00 pm, 120 minutos es el tiempo promedio que se estima un espacio ocupado, 58 vehículos en promedio son atendidos en un día y las horas en las que se percibe un mayor flujo de vehículos y ocupación en el parqueadero son de 11:00 am a 1:00 pm y de 5:00 pm a 8:00 pm.

Ajustando dichos parámetros se procede a simular lo correspondiente a 3 meses de operación sin modificarlos, los datos que arroja la simulación corresponden a 780 registros y algunos de estos se pueden ver de forma grafica en las Figuras 42, 43, 44 y 45, donde se observa lo equivalente a la dinámica de operación simulada por hora y por semana del parqueadero en un mes.

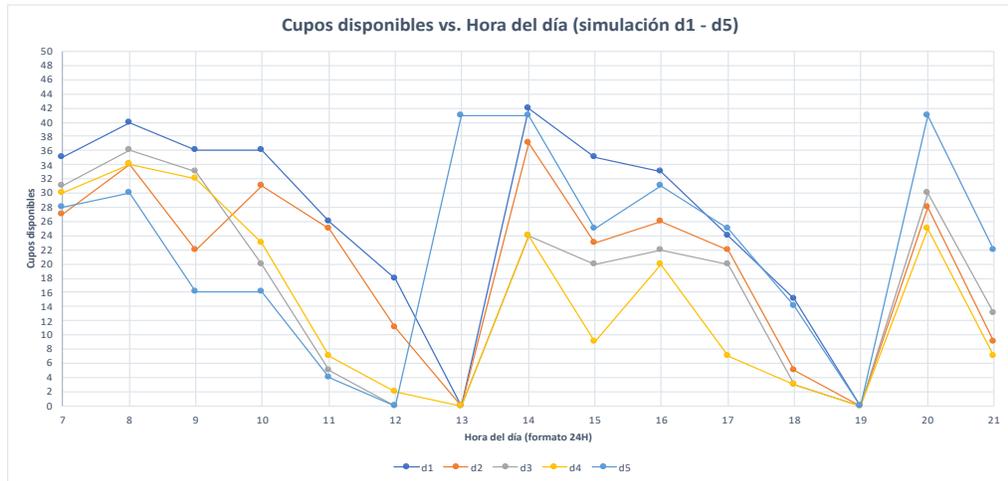


Figura 42. Datos simulados. Semana 1. Cupos disponibles vs. Hora del día

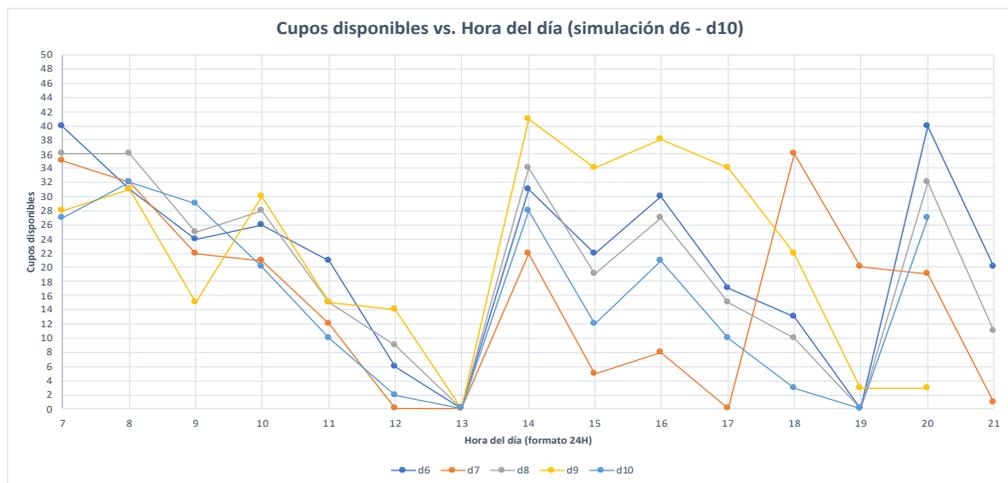


Figura 43. Datos simulados. Semana 2. Cupos disponibles vs. Hora del día

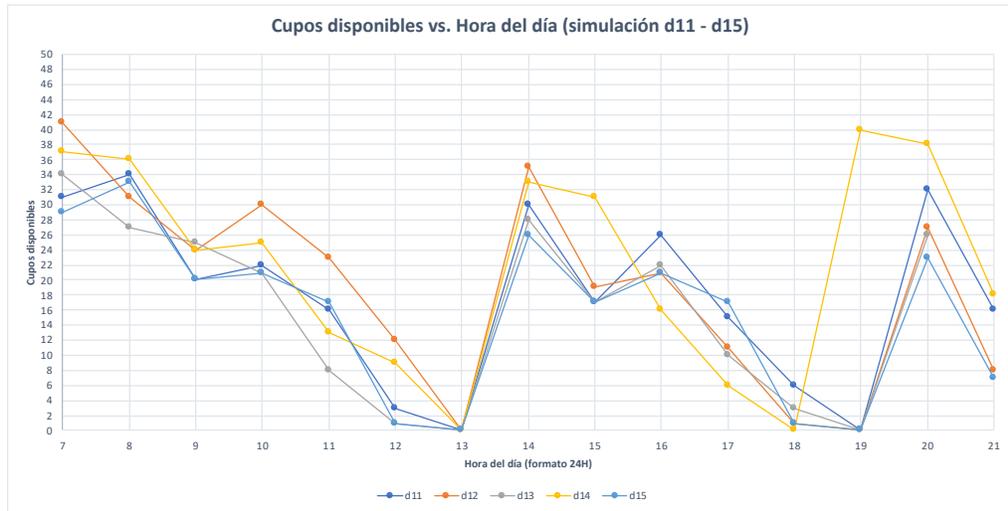


Figura 44. Datos simulados. Semana 3. Cupos disponibles vs. Hora del día

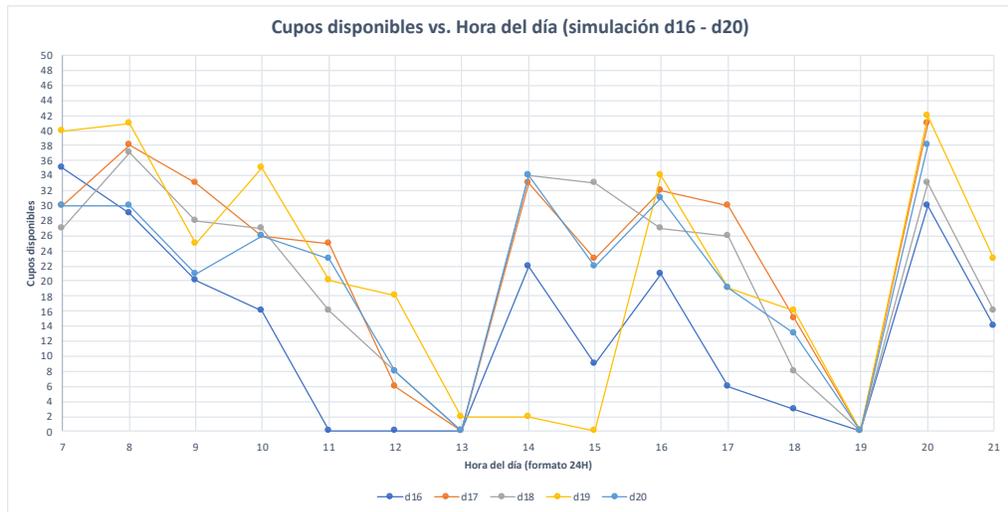


Figura 45. Datos simulados. Semana 4. Cupos disponibles vs. Hora del día

5.2.2.2. Datos recolectados del parqueadero de estudio

Otro escenario que contempla el modelo es que los datos de ocupación no solo puedan ser obtenidos desde las simulaciones, sino que, por otro lado, sea la misma comunidad de usuarios (administradores de parqueaderos y conductores) la que pueda suministrar dicha información percibida con el fin de ayudar en la estimación de la ocupación.

Para mantener los datos en mismo contexto, se le solicitó al administrador del parqueadero de estudio registrar la ocupación total (o el numero de plazas disponibles) en el estacionamiento a través del modulo de ayuda a la comunidad de la aplicación desarrollada (ver Figura 36) durante 3 meses, la aplicación tomaba como referencia la hora en la que la información ha sido capturada, el numero identificador del parqueaderos que se había georreferenciado y la cantidad de cupos disponibles con las que el parqueadero contaba en ese momento. Cabe resaltar que esta parte de captura de datos para analizar la posible curva de predicción ha sido la que más tiempo y rigurosidad en la toma de información ha demandado, ya que, en efecto se quería analizar que tanto se pueden aproximar las dos curvas de predicción (la de los datos simulados y la de los datos recolectados).

Al igual que en la sección anterior se lograron recolectar 780 registros y algunos de estos se pueden ver de forma grafica en las Figuras 46, 47, 48 y 49, donde se observa lo equivalente a la dinámica de operación con los datos capturados por hora y por semana del parqueadero en un mes por parte de su administrador responsable.

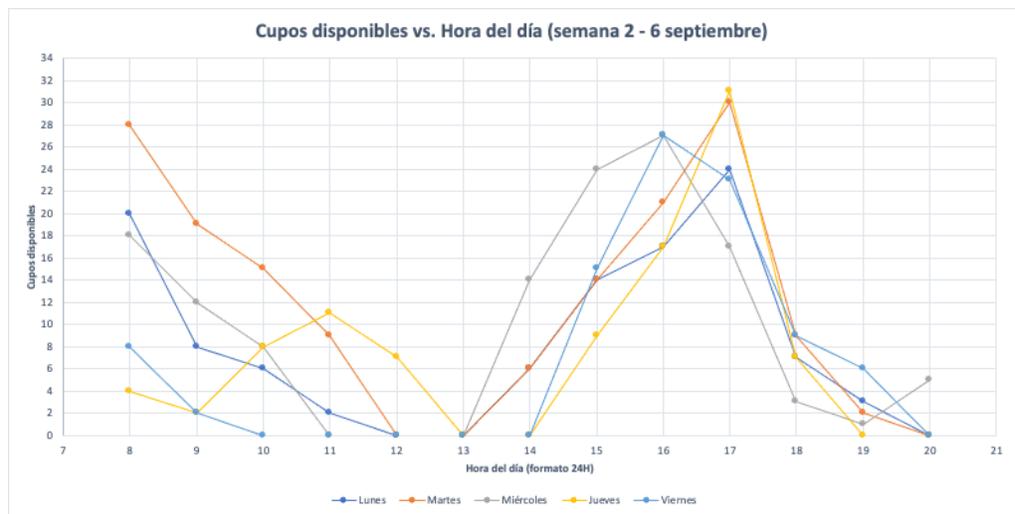


Figura 46. Datos recolectados. Semana 1. Cupos disponibles vs. Hora del día

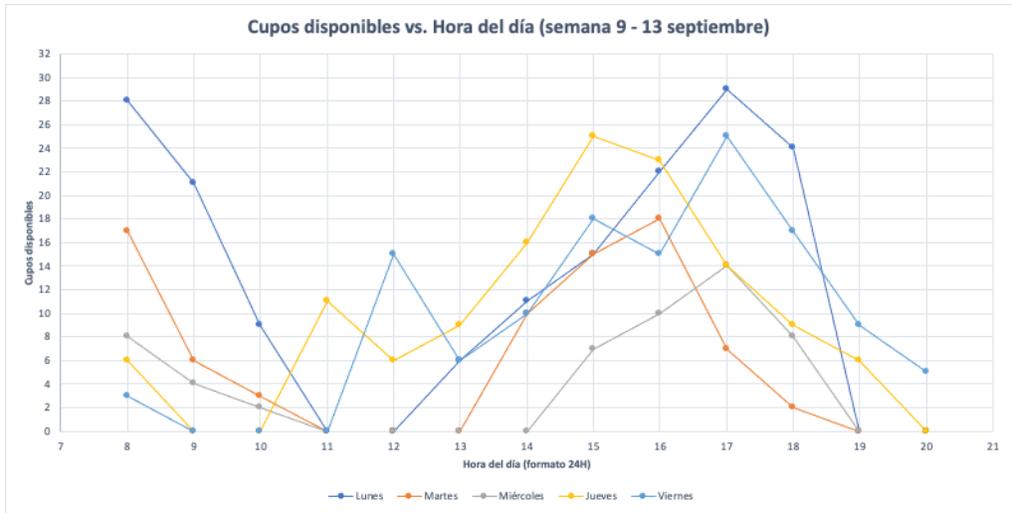


Figura 47. Datos recolectados. Semana 2. Cupos disponibles vs. Hora del día

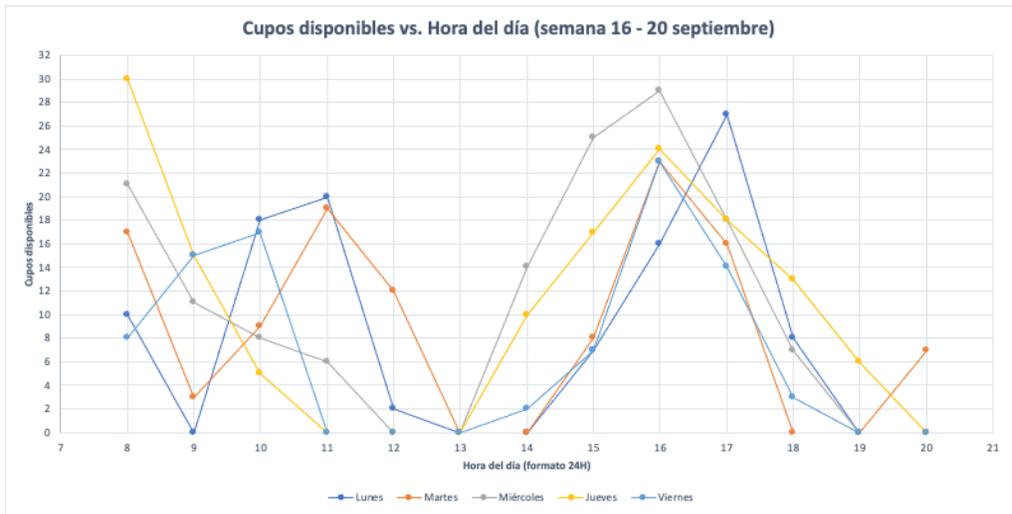


Figura 48. Datos recolectados. Semana 3. Cupos disponibles vs. Hora del día

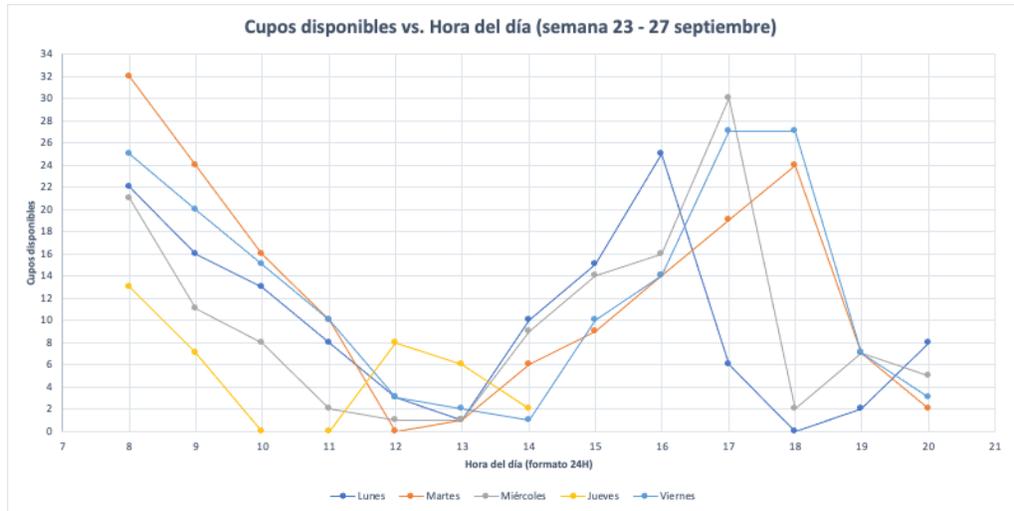


Figura 49. Datos recolectados. Semana 4. Cupos disponibles vs. Hora del día

5.2.2.3. Análisis de los datos

Como se ha podido observar en las dos anteriores secciones, la fuente de los datos para la estimación de la ocupación de un parqueadero que el modelo puede integrar ha de ser, producto de las simulaciones o de los datos históricos recolectados por parte de los usuarios, pero ¿Qué curvas de ajuste o predicción han resultado producto de dichos datos? Esto se ha realizado con ayuda de técnicas de regresión que será documentado a continuación.

Durante toda la sección 3.10 se especificó de forma teórica todo lo que corresponde al concepto de aprendizaje automático, para este caso en particular un modelo de aprendizaje supervisado, ahora bien, dicha contextualización ha permitido realizar el ajuste polinómico por medio de algoritmos de regresión con ayuda de Python como lenguaje de programación integrador del modelo (ver sección 5.3.1) que se propone automatizador de este proceso y las distintas librerías para análisis de datos, en especial *sklearn*.

Lo primero que se ha tenido en cuenta y para efectos prácticos de esta sección es especificar los datos a los que se analiza predictivamente. Los datos tomados como referencia fueron aquellos recolectados por parte del administrador del parqueadero y que se evidencian en la sección 5.2.2.2. Ya que, el mismo proceso implementa el

modelo al recibir un set de datos, ya sea simulado o producto de la dinámica recolectada de algún otro parqueadero.

Segundo, se observa el conjunto de datos luego de un preprocesamiento que permita evitar datos erróneos producto de la captura de estos, luego se procede a visualizar la dinámica de operación del parqueadero, observada por clases (día de la semana) y por ocurrencias (cantidad de cupos disponibles) según la hora del día.

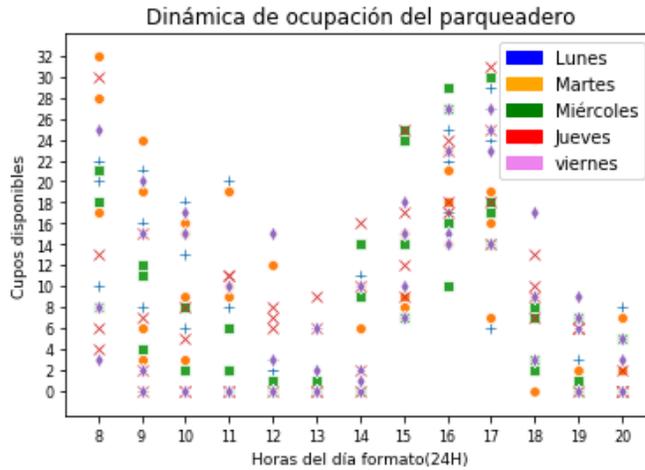


Figura 50. Dinámica de operación del parqueadero analizado con los datos recolectados

Las figuras a continuación muestran en detalle cada día de operación del parqueadero de una parte del set de datos.

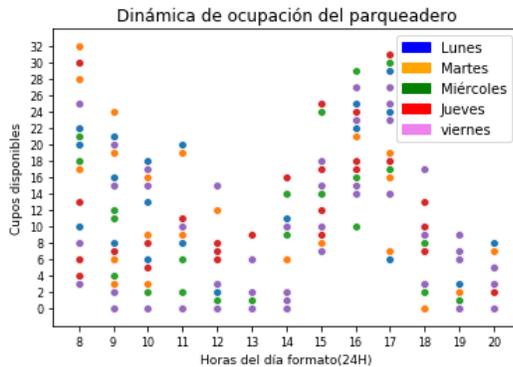


Figura 51. Dinámica de operación por días

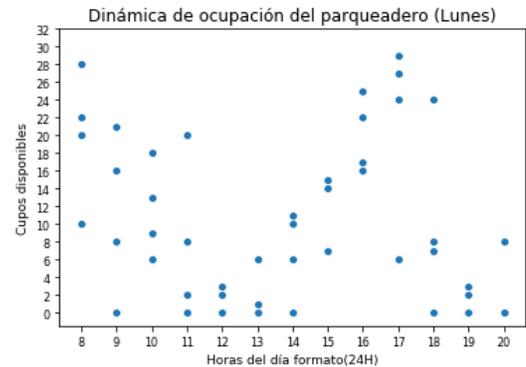


Figura 52. Dinámica de operación solo lunes

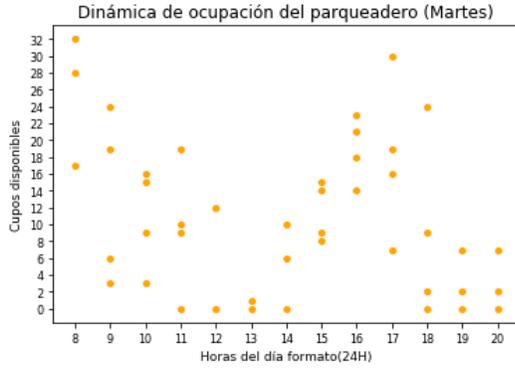


Figura 53. Dinámica de operación solo martes

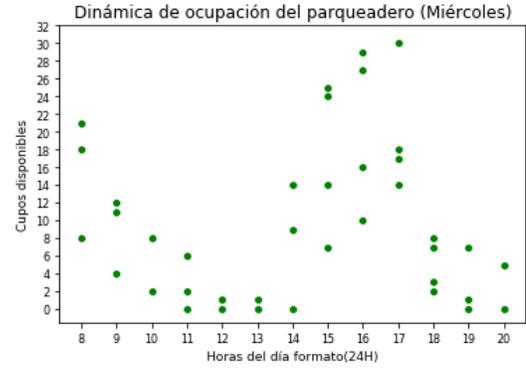


Figura 54. Dinámica de operación solo miércoles

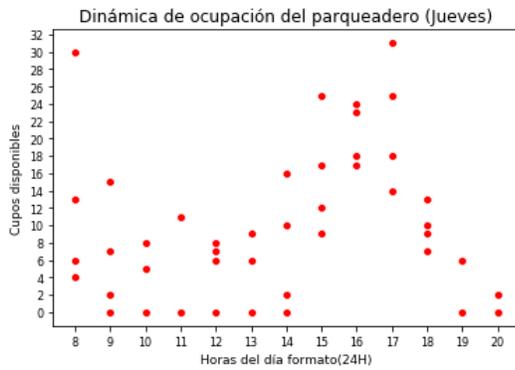


Figura 55. Dinámica de operación solo jueves

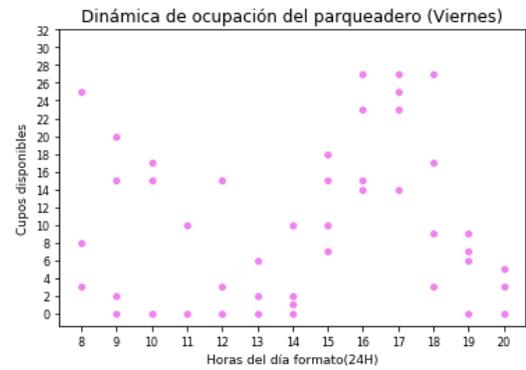


Figura 56. Dinámica de operación solo viernes

Después de visualizar el set de datos, se procede a ajustar el algoritmo de regresión. Para ello se sigue de forma rigurosa cada una de las fases previstas entre el entrenamiento y la validación del modelo con el fin de evitar inconsistencias de bajo ajuste (underfitting), sobre ajuste (overfitting) o inestabilidad de los datos. Para evitar lo anteriormente descrito, se divide cada uno del set de datos según el día de la semana a caracterizar, esta división de datos se hace en una proporción de 80-20 (entrenamiento y validación correspondientemente) por medio de correlación cruzada con 'inicio del split' de forma aleatoria, luego se define un ciclo para encontrar el mejor modelo que ajuste los datos sin que llegue a aprenderlos, este toma como criterio de parada una variación del error entre una muestra anterior y el actual de un 0.001% con el fin de ir incrementando por iteración el grado del polinomio que se desea evaluar. Posteriormente se transforman las características existentes en los sets de datos de entrenamiento y de prueba (o validación) con el fin de luego ajustar al modelo de regresión. Por ultimo se ajusta la predicción con ayuda del set de datos dispuesto para la validación del modelo y se calculan las métricas que ajustan el ciclo

hasta que este finaliza el proceso, claro esta, guardando mientras se ejecuta cada uno de los ciclos los datos correspondientes a los coeficientes y el intercepto del polinomio encontrado. El programa retorna algo parecido a lo que se puede observar en la figura a continuación.

```
DATOS DEL MODELO REGRESIÓN POLINOMIAL
Grado del modelo: 14
Valor de la pendiente o coeficiente "a":
[ 0.00000000e+00  5.37710584e-07 -1.62416546e-04 -1.12985031e-03
-5.81858142e-03 -2.07024736e-02 -3.75152063e-02  1.76353494e-02
-3.27745745e-03  3.32278983e-04 -2.00421560e-05  7.21032076e-07
-1.43382879e-08  1.21639639e-10]
Valor de la intersección o coeficiente "b": 203.47081318396008
Precisión del modelo: 0.897535449811804
```

Figura 57. Ejemplo de algunos valores retornados por el algoritmo de predicción

La Figura 57 muestra los datos correspondientes al polinomio de grado 14 que ajustó con mejor precisión el grupo de datos para ese día o temporada en especial. Este polinomio tendrá la forma:

$$c(h) = 0.00000000e+00 h^{14} + 5.371058e-7 h^{13} - \dots + 1.21639639e-10 h + 203.470813$$

Donde $c(h)$ representaría el valor estimado de cupos disponibles a una determinada hora h . Al ser el polinomio que mejor ajustó los datos dada la precisión del modelo, cualquier intento de eliminar algún coeficiente haría que el polinomio cambie en su grado y por ende no resulte consecuente a la precisión encontrada de forma iterativa.

Por ultimo, como anotación especial, el valor del coeficiente 14 del polinomio $0.00000000e + 00$ no necesariamente quiere decir que es cero, sino que debido a la precisión de los números de punto flotante utilizada para mostrarlos en pantalla, estos se han truncado a que sean 8 dígitos decimales para el vector de coeficientes, pero Python realiza operaciones de punto flotante con una precisión de hasta 64 dígitos decimales.

Con cada uno de los datos del polinomio encontrado se proceden a graficar tanto para la nube de puntos de cada día como de la curva que los ajusta (es la función de predicción), así como la curva de ajuste promedio de todos los datos recolectados. Esto se puede observar en las graficas a continuación.

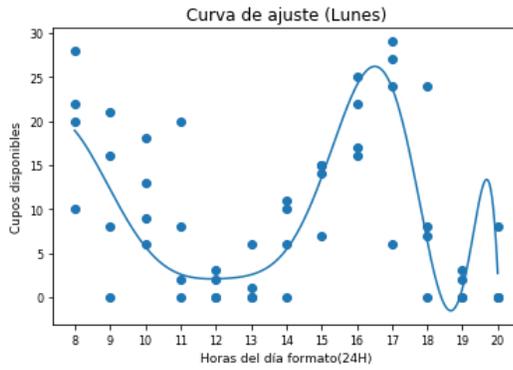


Figura 58. Curva de predicción. Grado = 14.
 $R^2 = 0.8770$

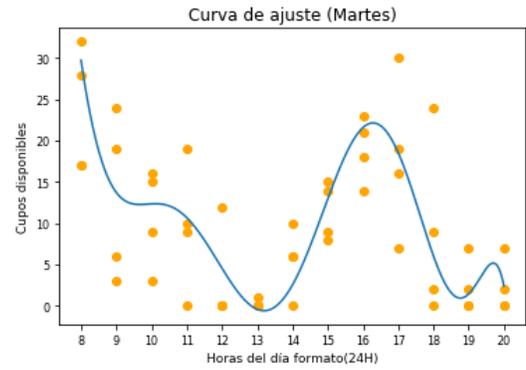


Figura 59. Curva de predicción. Grado = 10.
 $R^2 = 0.8728$

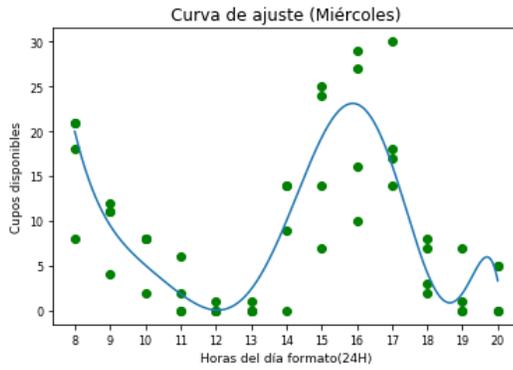


Figura 60. Curva de predicción. Grado = 12.
 $R^2 = 0.9166$

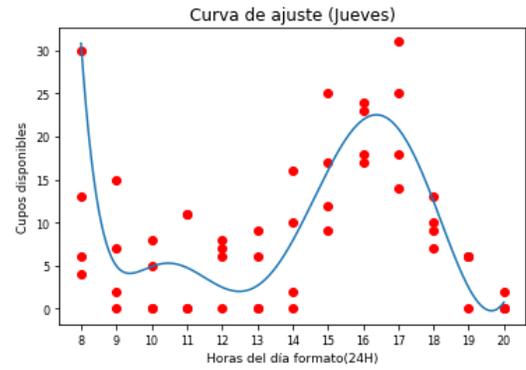


Figura 61. Curva de predicción. Grado = 20.
 $R^2 = 0.8632$

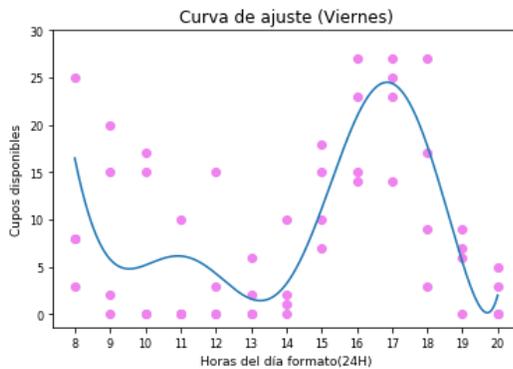


Figura 62. Curva de predicción. Grado = 14.
 $R^2 = 0.8975$

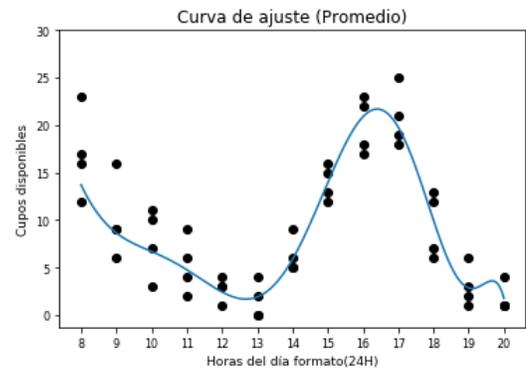


Figura 63. Curva de predicción. Grado = 13.
 $R^2 = 0.9177$

Como se puede ver desde la hasta la , los datos relevantes con relación al grado del polinomio y el R^2 (coeficiente de determinación) ayudan en el análisis de la

variabilidad de Y (o variable estimada), permitiendo hacer una buena o mala aproximación a una predicción adecuada siempre en concordancia con el contexto, para este caso, la posibilidad de encontrar o no espacios disponibles para estacionar a una determinada hora del día. Para las curvas ajustadas tanto de los datos simulados como de estos datos recolectados, el valor de R^2 osciló entre 0.85 y 0.92, esto nos indica que aunque el modelo puede estar sujeto a mejoras, dentro del contexto del presente desarrollo es válido, ya que, le permite a la aplicación web y móvil, cualificar usando la visualización tipo semáforo, es decir por colores (verde = muchos cupos disponibles, verde claro = algunos cupos disponibles, así sucesivamente hasta rojo = muy pocos cupos disponibles), haciendo relación a dicha ocupación estimada dentro de un determinado parqueadero.

La Tabla 12 evidencia la comparación de R^2 encontrado para la curva de predicción tanto para los datos simulados como para los datos recolectados, aclarando que el mismo proceso descrito anteriormente se ha seguido para encontrar dichos valores para los datos simulados y sus correspondientes curvas de predicción.

Día	R ² para las distintas fuentes de datos	
	Simulados	Recolectados
Lunes	0.8518	0.8770
Martes	0.8583	0.8728
Miércoles	0.8922	0.9166
Jueves	0.8602	0.8632
Viernes	0.8804	0.8975
Promedio	0.8943	0.9177

Tabla 12. R^2 para datos simulados y recolectados para curvas ajustadas desde lunes al viernes y la curva promedio

Como se observa en la tabla anterior, si se toman los datos recolectados como criterio para el análisis de los datos producto de las simulaciones, se puede inferir que refinando con más detalle los parámetros acordes a la cantidad de días que se desean simular, estos datos producto de la simulación pueden ayudar a aquellos parqueaderos que aun no tienen suficiente información recolectada y así les permita hacer una estimación funcional un tanto más acorde a su dinámica de operación

propia. Entra al debate refutar o no si el modelo de ajuste hasta aquí propuesto tiene relevancia, pero esto solo se puede determinar al momento que la aplicación web y móvil entren en fase de producción en el contexto para el cual han sido desarrolladas, y luego se haga una retroalimentación del funcionamiento y su validez.

5.3. Etapa 5: Interacción entre agentes (vehículos y parqueaderos)

Durante esta etapa se observa como una serie de datos se pueden integrar a un modelo propuesto con el fin de presentar un ecosistema de funcionamiento de estos en conjunto con una aplicación web y móvil, esto permite evidenciar la interacción entre las dos entidades del sistema (conductores de vehículos y parqueaderos) con el fin de mejorar la gestión y administración de recursos para cada uno de estos actores.

5.3.1. El modelo propuesto

La mejor forma de entender como funciona la integración en su totalidad es mediante una ayuda visual (ver Figura 64) que le permita al lector observar cada uno de los bloques funcionales del sistema propuesto como modelo de gestión, a su vez, le permitirá entender luego en mas detalle el funcionamiento de cada uno de los submódulos y que rol adquiere dentro del sistema en sí.

El modelo presentado ha sido simplificado de tal manera que se pueda evidenciar la existencia e interacción entre los distintos submódulos de este en su forma más completa, ahora bien, cada submódulo posee una serie de interacciones que permiten de forma bidireccional validar y actualizar distintas fuentes de datos con el fin de enriquecer la información que esta disponible tanto para los usuarios de los vehículos como para los administradores de parqueaderos.

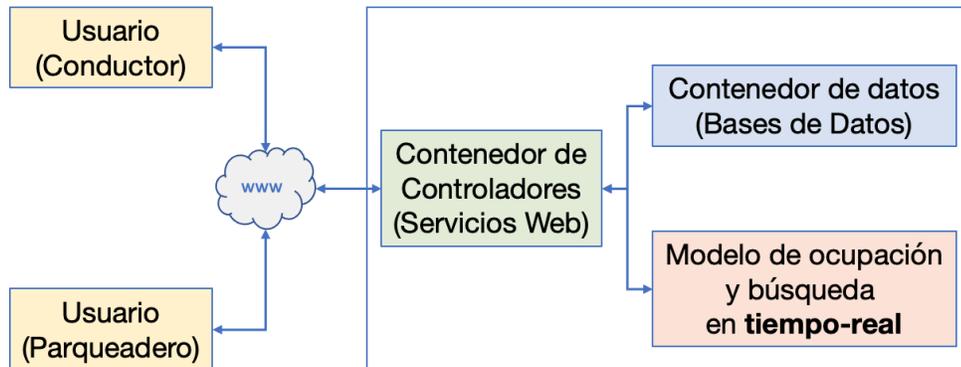


Figura 64. Modelo propuesto para la gestión entre parqueaderos y vehículos mediante la implementación de agentes inteligentes

En los numerales a continuación se le presenta al lector una descripción más detallada de cada submódulo para una total comprensión del modelo propuesto.

5.3.1.1. El submódulo: Usuarios (vehículos y parqueaderos)

Hasta aquí está claro que las dos grandes entidades (o actores) del sistema completo (conductores de vehículos y administradores de parqueaderos) son la base y fuente fundamental de los datos que circulan a lo largo de las aplicaciones. Como puede verse en las Figuras 65 y 66, por un lado están los usuarios de vehículos, estos se encargan de realizar búsquedas de posibles parqueaderos según sus preferencias de consumo y ubicación, es decir, según sus propias necesidades, para lo cual el sistema deberá responder tanto con los parqueaderos más adecuados según dichos parámetros como con el cálculo de la ruta más óptima para llegar a este (o estos), ahora bien, por otro lado, se tiene a los administradores de parqueaderos, ellos son los encargados de gestionar la información de cada una de las características propias del parqueadero que llevan a su cargo, entiéndase por gestionar, a la labor que realizan al momento de publicar ofertas, servicios y ocupación percibida, entre otras características propias de la dinámica de operación del establecimiento que administran.

Los conductores de vehículos también pueden suministrar información correspondiente a la ocupación percibida en un determinado parqueadero con el fin de mantener actualizado el modelo de datos constantemente para ayudarle a los algoritmos que permiten estimar una ocupación determinada, también pueden agregar información

relevante para la comunidad con relación a la operación y percepción del servicio por parte de un determinado parqueadero.

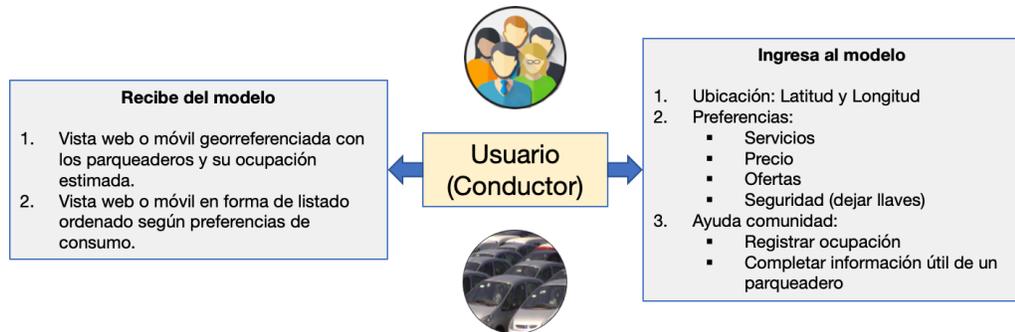


Figura 65. Flujo de datos que ingresa y recibe del modelo un usuario conductor

Por otro lado, el usuario conductor recibe del modelo vistas web o para dispositivos móviles georreferenciadas con un panorama en tiempo-real de la ocupación estimada de los parqueaderos del sistema, así como un listado idóneo según sus preferencias de consumo.

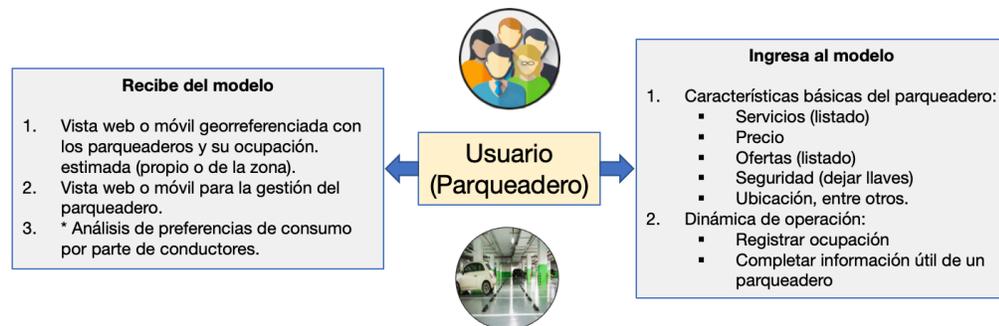


Figura 66. Flujo de datos que ingresa y recibe del modelo un usuario administrador de parqueadero

Por ultimo, aunque gran parte de la información que suministra un usuario administrador de parqueadero es muy valiosa para mantener el sistema en correcto funcionamiento, también goza con los mismos privilegios al recibir información relevante por parte de los conductores, es decir, en la se puede observar que con los datos provenientes por parte de los conductores se pueden establecer análisis de consumo por parte de los conductores que visitan determinada áreas, con dicha información un administrador puede ajustar

ofertas o servicios con el fin de mejorar su flujo potencial de clientes hacia el parqueadero que administra.

El desarrollo primordial para el funcionamiento de este submódulo, esta soportado sobre la base del prototipo propuesto en toda la sección 4, ya que en dicha sección se evidencia a partir del levantamiento de requerimientos y el aprendizaje que se obtuvo por parte de las encuestas y observaciones, las necesidades reales de los actores del sistema que ayudan a generar el flujo de datos que alimenta el modelo.

5.3.1.2. El submódulo: Contenedor de controladores (servicios web)

Antes de continuar, se define el contexto en cual se usa la palabra contenedor, desde el punto de vista del desarrollo de software un contenedor es un lugar (o varios, físico o virtual) en donde se puede almacenar cierta lógica que permite una operación armoniosa del código implementado según la arquitectura MVC (modelo vista controlador) (Dathan & Ramnath, 2015).

Estos contenedores pueden ser centralizados o descentralizados, para el caso de la aplicación propuesta como modelo de gestión se hizo uso de controladores centralizados en servidores locales, es decir, un determinado controlador funciona en la misma maquina pero no necesariamente esta ligado a un solo lenguaje de programación o servidor, por tal razón y según las necesidades del sistema se optó por desarrollar controladores escritos en JavaScript para las consultas entre las vistas de la aplicación en conjunto con el modelo de datos, también se han programado controladores en PHP para el intercambio de información histórica en bases de datos totalmente relacionales y por ultimo, se han programado controladores en Python para el desarrollo de los modelos de predicción y algoritmos de búsqueda con relación a los datos almacenados.

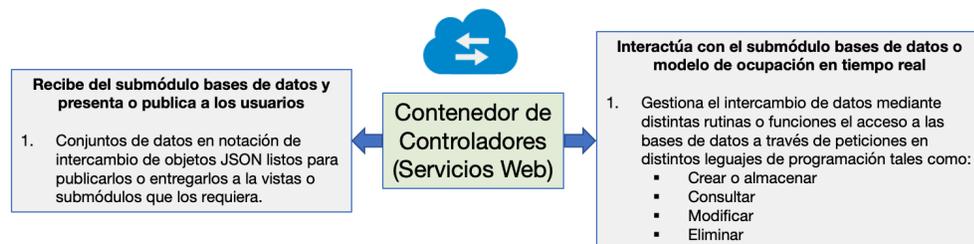


Figura 67. Flujo de datos e interacciones del contenedor de controladores

Ahora bien, la razón fundamental de programar estos controladores en forma de servicios web es debido a la versatilidad que esta técnica presupone al momento de desarrollar prototipos rápidos, en gran parte soporta una fácil interacción entre los datos y los distintos actores o modelos preocupándose tan solo en garantizar el intercambio de información en un solo estándar, para el caso del modelo propuesto la notación de objetos JSON. La muestra que el submódulo contenedor de controladores sirve como un puente entre las bases de datos, el modelo de ocupación y búsquedas en tiempo real y los usuarios, todo bajo una misma notación que garantiza la integridad de la información intercambiada por todos estos actores o submódulos.

El desarrollo primordial para el funcionamiento de este submódulo, esta soportado sobre la base del prototipo propuesto en parte de la sección 4, específicamente en el numeral 4.4.3.

5.3.1.3. El submódulo: Contenedor de bases de datos

Este submódulo también se manejó como un contenedor, en lugar de procedimientos, rutinas o funciones se hizo uso de bases de datos, para el proyecto se han utilizado bases de datos en un servidor local centralizado (MySQL) y en otros servicios descentralizados en red, servicios tales como MongoDB que presta los mismos bajo el sistema de bases de datos como servicio. Las bases de datos en servidores locales se han usado para el almacenamiento de la información histórica producto de las simulaciones de operación de los distintos parqueaderos caracterizados, así como de la actualización permanente de los espacios de parqueaderos producto de los usuarios conductores y parqueaderos.

Por otro lado, el servicio de base de datos en MongoDB se ha utilizado para las transacciones propias y rutinarias en el intercambio de información producto de la interacción entre usuarios. Estas dos bases de datos a la vez se mantienen actualizadas por medio de rutinas propias ejecutadas desde un controlador específico, todo con el fin de tener los datos lo mas actualizado posibles a la hora de actualizar el modelo de predicción y búsquedas entre agentes.

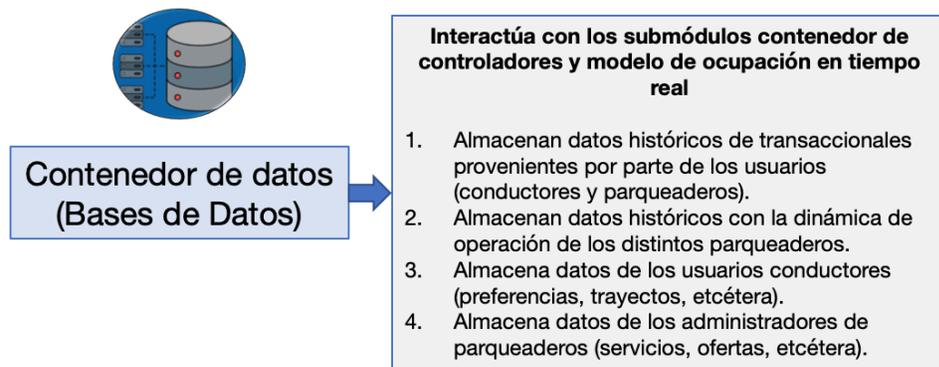


Figura 68. Flujo de datos e interacciones del contenedor de datos

La se encarga de evidenciar algunas de las funciones y sobre que usuarios el contenedor de datos ayuda en la gestión e interactúa con ayuda del contenedor de controladores y con el modelo de ocupación y búsquedas en tiempo real. Se han aplica dos conceptos distintos desde la persistencia de datos, la relacional (o estructurada) para el almacenamiento histórico de la información para el posterior a análisis de esta y la no relacional (no estructurada) para el desarrollo del prototipo y el intercambio ágil de información a medida que la aplicación se vuelva escalable.

El desarrollo primordial para el funcionamiento de este submódulo, esta soportado sobre la base del prototipo propuesto en parte de la sección 4, específicamente en los numerales 4.3.1.1, 4.3.2.1 y 4.4.1.

5.3.1.4. El submódulo: Modelo de ocupación y búsqueda en tiempo-real

Este submódulo se puede catalogar como aquel integrador sobre el cual es soportado el modelo general en si, ya que, sin los algoritmos que permiten predecir la ocupación o entablar búsquedas más eficientes e inteligentes en un conjunto de nodos determinados, el intercambio de información útil entre usuarios del modelo no tendría una razón de ser.

El desarrollo practico y las pruebas del funcionamiento de los algoritmos que se han elegido implementar para enriquecer el modelo se puede ver en la sección 5.2, ya que en ella se evidencia el proceso de análisis de los datos tanto desde el punto de vista de los datos recolectados en las simulaciones como de los datos recolectados por parte de la

comunidad de usuarios (administradores de parqueaderos) para lograr identificar la viabilidad de uso tanto de unos como de otros según sea el contexto.

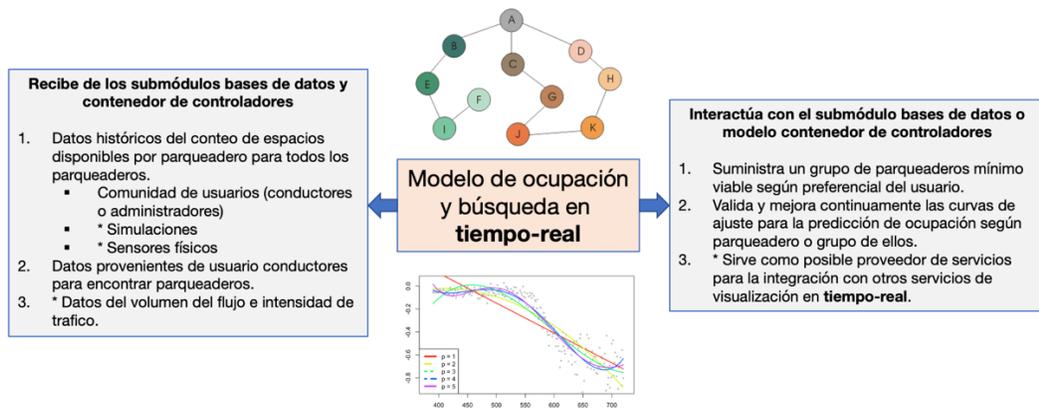


Figura 69. Flujo de datos e interacciones del modelo de ocupación y búsqueda en tiempo-real

Como se puede observar en la , el modelo recibe datos de una forma indirecta por parte de los usuarios a través de los controladores realizando peticiones a las bases de datos, estos datos se usan ya sea para la búsqueda de parqueaderos según un grupo de nodos (o parqueaderos) registrados en el sistema, típicamente, haciendo uso de la teoría de grafos y la solución de problemas de búsqueda relatada en las secciones 3.6, 3.8 y 3.9 del marco teórico y posteriormente validando la elección de un determinado algoritmo en la sección 5.2.1. Por otro lado, también se integran los datos de las simulaciones para completar modelos que no tienen gran volumen de estos suministrados por parte de la comunidad de usuarios, ayudando en principio, pero no con mucha precisión en la predicción de ocupación de un determinado parqueadero. Por último, el modelo también queda abierto al registro de datos por parte de sensores físicos que permitan identificar o no la cantidad de espacios disponibles en un parqueadero o grupo de ellos, con estos datos se podría enriquecer aún más el modelo y ayudar a mejorar significativamente la predicción de la ocupación. Siendo esto ultimo una acción que se sale del contexto del presente trabajo, pero totalmente válido para ser evaluado como una característica futura para ser tenida en cuenta para el modelo propuesto.

En la misma figura se puede también observar que hay datos que toman la intensidad de tráfico vehicular presente en el grafo de búsqueda para determinadas rutas por parte de otros servicios externos relatados en la sección 4.3.2.2, estos datos intrínsecamente

ayudan a calcular un tiempo de llegada en particular, con base en dicho tiempo se puede hacer uso del modelo de estimación aquí propuesto con el fin de poder determinar si habrá o no probabilidad de encontrar un espacio disponible que se pueda usar y por que no, bajo un esquema de negocio diferenciado poder reservarlo para comodidad del usuario conductor y beneficio económico para el usuario administrador del parqueadero. Por último, pero no menos importante evidencia la continua interacción con los submódulos de bases de datos y controladores del sistema para mantener constantemente al mismo actualizado para brindar información útil a los usuarios entorno a:

- Validación y mejora continua de las curvas de ajuste para la predicción de ocupación (espacios disponibles) para un determinado parqueadero.
- Segmentación o filtro de un grupo mínimo viable de parqueaderos según preferencias del usuario conductor.
- Posible proveedor de servicios para la integración de aplicaciones de transporte a terceros tales como Waze, Google Maps, Here, etcétera, fuera del contexto del presente trabajo, pero totalmente válido para ser tenido en cuenta como una característica futura propia del modelo propuesto.

El desarrollo primordial para el funcionamiento de este submódulo en particular, esta soportado sobre la base presentada en toda la sección 5.2.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El trabajo hasta aquí descrito ha contemplado desde sus inicios el objetivo general de: **Diseñar y modelar un sistema que permita gestionar espacios libres de estacionamientos con vehículos mediante la implementación de agentes inteligentes.** Para ello se propuso cuatro objetivos específicos sobre los cuales se pudo concluir lo siguiente:

Se logro diseñar y simular espacios disponibles para distintos parqueaderos bajo modelos de atención de colas de servicio M/M/s, a su vez que se logro recopilar información de la dinámica de operación teniendo en cuenta información propia del funcionamiento del grupo de parqueaderos tales como: la ocupación promedio de un espacio de parqueadero, las horas del día percibidas como de mayor congestión, vehículos promedio que son atendidos en un día así como elementos propios de cada parqueadero según su caracterización tales como: ubicación georreferenciada, horario de operación, tarifa, cupos totales, entre otros. Se evidenció la simulación para el grupo de parqueaderos caracterizados por medio de una vista web georreferenciada que lograba mostrar el sistema completo a diferentes horas del día y con diferentes estados de ocupación según un grupo de vehículos en particular que estuvieran en el sistema por ser atendidos. Aunque la simulación fue una buena aproximación a la realidad de la ocupación analizada de forma experimental, se concluyó que para mejorar los resultados y aproximaciones a la “realidad” percibida se debería simular la dinámica de un determinado parqueadero como máximo 7 días de operación sin que sea necesario modificar las variables percibidas por el administrador del parqueadero, es decir, no se debería pretender que por ejemplo, corriendo 30 veces la simulación intentado analizar con los mismos parámetros de funcionamiento la dinámica de 30 días de operación, esta sea una buena aproximación al funcionamiento real, ya que, las semanas son diversas y cambiantes según la zona donde este ubicado el parqueadero y todo lo que gire entorno a ella que hace que las semanas e incluso días no se mantengan “estables” a lo largo de uno o varios meses en particular.

Adicionalmente, se logro diseñar y construir un servicio web integrando tecnologías de modelado de datos tales como MySQL y MongoDB, a su vez se integraron tecnologías de desarrollo como Python, Java y JavaScript en conjunto con lenguajes de marcas como HTML

y CSS que en su conjunto han servido para programar e implementar agentes inteligentes (para realizar búsquedas y predicción de ocupación bajo modelos de regresión polinomial) que se encargan de la gestión de espacios de estacionamiento según los parámetros (o preferencias) más relevantes por parte de un conductor de vehículo. Se concluyó a su vez que la aplicación de gestión funciona de forma adecuada haciendo la implementación del algoritmo A* para las búsquedas, ya que, este evidenció en la practica hasta un 11% o más de rapidez al momento de resolver peticiones para encontrar posibles parqueaderos dentro de un árbol de búsqueda dinámico según las preferencias del usuario conductor. A su vez, en cuanto al ajuste de la curva de predicción para un determinado parqueadero esta pude variar desde un polinomio (ajustado por medio de regresión) grado 10 hasta un polinomio de grado 20, con R^2 (o coeficiente de determinación) entre 0.85 y 0.92, según sea el parqueadero, teniendo en cuenta que este polinomio se puede automatizar mediante el modelo propuesto sin que éste sobre ajuste los datos ya sea tanto para los datos simulados como para los datos recolectados propios por parte de los usuarios del sistema.

Por otro lado, y alineado con la conclusión anterior, el mismo servicio web permitió enlazar vistas de gestión y control tanto para administradores de parqueaderos como para usuarios (o conductores) de vehículos en un aplicativo de desarrollo progresivo funcional tanto para la web como para dispositivos móviles con sistemas operativos iOS y Android.

Por ultimo, la integración de la aplicación con los datos recolectados tanto de los administradores de parqueaderos como de las simulaciones permitió construir el aplicativo total encargado de conectar a conductores con estacionamientos disponibles dentro de una red previamente caracterizada, logrando así proponer un modelo para la gestión de espacios libres de parqueaderos que implementa agentes inteligentes para su funcionamiento.

6.2. Recomendaciones

Esta claro que el modelo propuesto en si esta totalmente sujeto a validación y ajuste de funcionamiento según el contexto para el cual ha sido diseñado, desarrollado y propuesto. Algunas recomendaciones de fondo, más allá de paradigmas o lenguajes de programación derivadas del presente trabajo son:

En cuanto a las simulaciones producto de modelos ajustados a la teoría de colas, se puede contemplar la programación dentro de las mismas de colas de prioridad (en el caso de querer implementar sistemas de reserva de espacios de parqueo) o colas tanto al ingreso como a la salida del parqueadero, todo con el fin de adaptarse a características mas acordes a la realidad dentro de la dinámica de operación propia de este tipo de establecimientos.

En cuanto al algoritmo de búsqueda de información implementado, A^* , es evidente que las pruebas de estrés se han hecho en un ambiente de relativa suficiencia en cuanto a recursos de computo, una aproximación aun mas real seria migrar la aplicación a una versión nativa para cada dispositivo móvil y no hibrida, y a partir de allí analizar, ya que, se presupone una perdida de rendimiento del algoritmo en particular y de toda la aplicación en general, a la vez que se prueba y compara otros tipos de algoritmo de búsqueda en grafos de información que mejoren la limitación en el uso de espacio (o memoria) que el algoritmo A^* puede presentar.

En cuanto al modelo de regresión analizado e implementado, esta claro que este es susceptible de mejorar mas, es decir, se puede buscar otro tipo de funciones (exponenciales, trigonométricas, entre otras) que aproximen mejor los datos producto de la dinámica de operación del parqueadero, la implementación de series de tiempo y por que no, también se puede optar por otra técnica de aprendizaje automático (no supervisada o profunda) que para el contexto es totalmente valido y puede agregarle otros componentes al sistema.

El modelo contemplo hasta aquí los datos tan solo provenientes de dos fuentes distintas, las simulaciones o los recolectados por parte de la comunidad de usuarios, pero es totalmente factible que esta información provenga de pequeños dispositivos electrónicos u otros subsistemas (hardware) que el parqueadero tenga implementados, ya que, como se pudo analizar en la sección 5.3.1.4, estos datos también pueden ser ingresados a la base de datos histórica que sirve de insumo para el análisis del modelo de regresión. Esto en un escenario totalmente valido dentro de las industrias 4.0 que vinculen dispositivos IoT con algoritmos o sistemas como los que se han descrito en este trabajo.

Todo lo anteriormente descrito como recomendación esta sujeto al análisis que pueda arrojar la evaluación de la aplicación, ya que de forma intrínseca se valida el modelo en sí mismo.

Para lograr tal fin se recomienda continuar con el desarrollo de la aplicación hasta una fase posterior de pruebas alfa, beta o producción.

7. REFERENCIAS

- Abad, R. C. (2002). *Introducción a la Simulación y a la Teoría de Colas*. Coruña: Netbiblo.
- Acosta, J., Tintos, J., & Guerrero, J. (2014). i-PARKING: Sistema Inteligente para Control de Plazas de Estacionamiento en Vías Públicas de Zonas Urbanas. *Research in Computing Science*, 9-16.
- Análisis-Inmobiliario. (15 de Marzo de 2017). Hacienda. Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. Obtenido de Censo Inmobiliario 2016:
https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/An%C3%A1lisis%20Inmobiliario%202008-2016_Vweb.pdf
- Bogotá ciudad de estadísticas. (2010). Secretaría Distrital de Planeación. Recuperado el 27 de Abril de 2016, de <http://www.sdp.gov.co/>:
<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2010/DICE105-CartillaDensidadUrbana-2010.pdf>
- Cao, J., & Mendez, M. (2015). System dynamics of urban traffic based on its parking-related-states. *Transportation Research Part B*, 81, 718-736.
- Chen, N., Wang, L., Jia, L., Dong, H., & Li, H. (2016). Parking Survey Made Efficient in Intelligent Parking Systems. *ELSEVIER*, 487-495.
- Cho, W., Park, S., Kim, M.-j., & Han, S. (2016). Robust Parking Occupancy Monitoring System Using Random Forests.
- Chou, S.-Y., Lin, S.-W., & Li, C.-C. (2008). Dynamic parking negotiation and guidance using an agent-based platform. *Expert Systems with Applications*, 35, 805-817.
- Citymayors. (6 de Enero de 2006). Citymayors Statistics. Recuperado el 2016 de Abril de 29, de The largest cities in the world by land area, population and density:
<http://www.citymayors.com/statistics/largest-cities-density-125.html>
- Consejo-de-Bogotá. (4 de Agosto de 2017). Consejo de Bogotá, D.C. Obtenido de <http://concejodebogota.gov.co/parqueaderos-publicos-en-bogota-reflexion-en-el-nuevo-contexto-urbano/cbogota/2017-08-04/160634.php>
- Dathan, B., & Ramnath, S. (2015). *Object-Oriented Analysis, Design and Implementation*. Springer.
- Encuesta-de-Movilidad. (23 de Marzo de 2016). Encuesta de Movilidad 2015. Obtenido de Secretaría Distrital de Movilidad:
<https://drive.google.com/file/d/0ByNoeWkPXuHpakpSeFVODnBsQ3c/view>

- Enerlis, Ernst and Young, Ferrovial & Madrid Network. (2012). Libro Blanco, Smart Cities. Barcelona, España: Enerlis.
- Faheem, A., Mahmud, S., Khan, G., Rahman, M., & Zafar, H. (2013). A Survey of Intelligent Car Parking System. *Journal of Applied Research and Technology*, 714-726.
- Formoso, A., Mazilli, A., & Sotelo, R. (2014). ParkIt - Plataforma inteligente de estacionamiento público. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 85-94.
- Geng, Y., & Cassandras, C. (2012). A new "Smart Parking" System Infrastructure and Implementation. *ELSEVIER*, 1278-1287.
- Godoy, D., Sosa, E., Sosa, D., Belloni, E., & Benítez, J. (2015). Ciudades Inteligentes: Optimización en la Recolección de Contenedores de Residuos Domiciliarios. XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
- Gollapudi, S. (2016). *Practical Machine Learning*. Birmingham: Packt Publishing.
- Gonzales , E. (2015). Coordinated pricing for cars and transit in cities with hypercongestion . *Economics of Transportation. Journal of the ITEA*, 4, 64-81.
- Grodi, R., Rawat, D., & Rios, F. (2016). Smart Parking: Parking Occupancy Monitoring and Visualization System for Smart Cities. *IEEE*.
- Hernández, R., & Bastidas, H. (2015). Uso de las Tic en el cambio climático global en Colombia. *Clepsidra*(19), 37-46.
- Hössinger, R., Widhalm , P., Ulm, M., Heimbuchner, K., Wolf, E., Apel , R., & Uhlmann, T. (2013). Development of a Real-Time Model of the Occupancy of Short-Term Parking Zones. *Springer*, 37-47.
- Jara, A., López, P., Fernández, D., Castillo, J., Zamora, M., & Skarmeta, A. (2014). Mobile digcovery: discovering and interacting with the world through the Internet of things. *Pers Ubiquit Comput*, 18, 323–338.
- Kanteti, D., Srikar, D., & Ramesh, T. (2017). Smart Parking System For Commercial Stretch In Cities. *International Conference on Communication and Signal Processing*, 1285-1289.
- López, J. (2014). Influencia de los factores asociados a los estacionamientos sobre la movilidad vehicular: análisis del centro de Bogotá - 2014. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Bogotá, Colombia.
- Ma, R., Lam, P., & Leung, C. (2018). Potential pitfalls of smart city development: A study on parking mobile applications (apps) in Hong Kong. *ELSEVIER*, 1-13.

- Macas, Y., García, P., & Sánchez, A. (2015). Estudio y Análisis de prototipo de parqueaderos inteligentes en zona azul del Distrito Metropolitano de Quito. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Mingardo, G., Wee, B., & Rye, T. (2015). Urban parking policy in Europe: A conceptualization of past and possible future trends. *Transportation Research Part A* , 74, 268-281.
- Movilidad-Bogotá. (18 de Febrero de 2017). Plan Maestro de Movilidad. Obtenido de Secretaría Distrital de Movilidad: <https://www.movilidadbogota.gov.co/web/plan-maestro-movilidad>
- Movilidad-en-Cifras. (15 de Marzo de 2017). Movilidad en Cifras. Obtenido de Secretaría Distrital de Movilidad:
https://www.movilidadbogota.gov.co/web/SIMUR/ARCHIVOS/Movilidad_Cifras_2015_V4_marzo2017.pdf
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int.J. Morphol.* 227-232. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Pachón, A., Liscano, T., & Montoya, D. (2015). Service Development Model in Intelligent Transportation Systems for Colombian Cities. *Sistemas & Telemática*, 31-48.
- Paidí, V., Fleyeh, H., Håkansson, J., & Nyberg, R. (2018). Smart parking sensors, technologies and applications for open parking lots: a review. *IET Intelligent Transport Systems*, 1-7.
- Pedraza, L., López, D., & Hernández, C. (2013). Sistema de comunicación TCP/IP para el control de una intersección de tráfico vehicular . *Ingeniería Investigación y Tecnología* , 14(4), 583-594.
- Ping Lau , S., Merrett , G., Weddell, A., & White, N. (2015). A traffic-aware street lighting scheme for Smart Cities using autonomous networked sensors . *Electronics and Computer Science*, University of Southampton, UK, 45, 192-207.
- Roca-Riu, M., Fernández, E., & Estrada, M. (2015). Parking slot assignment for urban distribution: Models and formulations . *Omega*, 57, 157–175.
- Ruiz, S., Colmenar, A., Mur, F., & López, Á. (2014). Integration of distributed generation in the power distribution network: The need for smart grid control systems, communication and equipment for a smart city - Use cases. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 223-234.
- Russell, S., & Norvig, P. (2013). *Inteligencia Artificial un Enfoque Moderno*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Sadhukhan, P. (2017). An IoT-based E-Parking System for Smart Cities. *IEEE*, 1062-1066.

- Shih, S.-E., & Tsai, W.-H. (2015). A Convenient Vision-Based System for Automatic Detection of Parking Spaces in Indoor Parking Lots Using Wide-Angle Cameras. *IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY*, 2521-2532.
- Shin, J.-H., & Jun, H.-B. (2015). A study on smart parking guidance algorithm. *ELSEVIER*, 299-317.
- Silva, D., Henao, J., Pedraza, C., & Vega, F. (2015). Uso de tecnologías emergentes para el monitoreo de tráfico vehicular. *Actas de Ingeniería*, 139-144.
- Skiena, S. S. (2008). *The Algorithm Design Manual*. New Yourk: Springer.
- Soumaya, L. (2015). How to strategize smart cities: Revealing the SMART model . *Journal of Business Research* , 68, 1414–1419.
- Spiegel, M. R. (1991). *Estadística*. Madrid, Aravaca: McGRAW-HILL.
- Teodorovic, D., & Lucic, P. (2006). Intelligent parking systems. *European Journal of Operational Research*, 175, 1666–1681.
- Thomas, D., & Kooor, B. (2018). A Genetic Algorithm Approach to Autonomous Smart Vehicle Parking system. *ELSEVIER*, 69-76.
- Tian, Q., Yang, L., Wang, C., & Huang, H.-J. (2018). Dynamic pricing for reservation-based parking system: A revenue T management method. *ELSEVIER*, 36-44.
- Tossell, I. (5 de Mayo de 2014). Rise of the smart city. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de Canadian Business: <http://www.canadianbusiness.com/technology-news/rise-of-the-smart-city-how-life-for-urbanites-is-about-to-change-big-time/>
- Veintimilla, D., Siguencia, Y., & Nieto, E. (2014). Siseño de un sistema inteligente de parqueo vehicular mediante videgrabación e implementación de un prototipo de prueba para la FIEE. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Vélez, O. (2015). Adaptación ciudadana a las Tecnologías de Información y Comunicación en “Smart Cities” desde una perspectiva de la educación para el desarrollo sostenible, caso Medellín-Colombia. 487-494.
- Vivas, H., Britos, P., García, N., & Cambarieri, M. (2013). Estudio y Evaluación de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el Desarrollo de Ciudades Inteligentes. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 147-151.
- Wang, C., Bertrant, D., & Chalon, R. (2015). Dynamic road lane management study. A Smart City application. *Transportation Research Part E*, 1-16.

Wang, J., Gebara, S., Sun, Z., Wu, Q., Zong, K., & Sun, H. (2015). An Intelligent Parking Lot Management System.

Weisi, F., & Ping, P. (2014). A discussion on smart city management based on meta-synthesis method. *Management Science and Engineering*, 8, 68-72.

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1

Una encuesta para los administradores de parqueaderos diligenciada

m/m/s ①

Encuesta para los administradores de parqueaderos

Antes de comenzar la encuesta valore usted como encuestador la siguiente información

- Capturar coordenadas GPS del parqueadero:
 - Latitud 9° 40' 29" N
 - Longitud 74° 31' 31" O
- Aproximar el área del lote 600 m² (Metros cuadrados).
- Dirección del parqueadero: Cll 20A 935-85
- Observando el parqueadero y su entorno, según la apariencia física, organización, trato al usuario y operación. Qué nivel de formalidad usted le otorgaría: 5(Formal) X 4 3 2 1 (Informal) 0
- Observando el parqueadero y su entorno, según la infraestructura física como considera las áreas de circulación del lugar:
 - a. Estrechas (menos de 3 m)
 - b. Adecuadas (entre 3.1 m y 4 m)
 - c. Amplias (más de 4 m)

HH: mt: ss

CARACTERIZACIÓN DEL PARQUEADERO

10 ✓ 1. ¿Desde que horas presta servicio el parqueadero?
1 a. Desde las 6:00 am hasta las 5:00 pm
1 b. Desde las 5:00 pm hasta las 6:00 am
Horario c. 24 Horas
 d. Otro (Por favor especifique)
6 am a 7 pm

20 ✓ 2. ¿Cuál es la tarifa para vehículos?
2 a. Menos de \$10/min (\$600/h)
20 b. Entre \$11 y \$30 pesos (\$660/h y \$1.800/h)
7 c. Entre \$31 y \$60 pesos (\$1.860/h y \$3.600/h)
7 d. Entre \$61 y \$90 pesos (\$3.660/h y \$5.400/h)
Tarifa e. Más de \$90/min (\$5.400/h)
f. Otro (Por favor especifique)

✓ 3. ¿Maneja tarifa plana?
 a. Si
b. No

✓ 4. ¿A partir de cuantas horas se cobra la tarifa plana?
a. Menos de 3 h
 b. Entre 3 h y 5 h
c. Entre 5 h y 7 h
d. Más de 7 h

80000 ✓ 5. ¿En que intervalo de precio se encuentra la tarifa plena de parqueo después de un determinado número de horas?
a. Menos de \$5000 pesos
b. Entre \$5001 y \$7000 pesos
c. Entre \$7001 y \$9000 pesos
80000 d. Más de \$9000 pesos
e. Otro (Por favor especifique)

✓ 6. ¿Cuántos trabajadores laboran directamente en el parqueadero?
a. 1 trabajador
 b. Entre 2 y 4 trabajadores
c. Entre 5 y 7 trabajadores
d. Más de 7 trabajadores

CAPACIDAD Y OPERACIÓN DEL PARQUEADERO

20 ✓ 7. ¿Cuántos cupos disponibles tiene el parqueadero que usted administra?
3 a. Menos de 10 cupos
3 b. Entre 11 y 20 cupos
17 c. Entre 21 y 40 cupos
d. Entre 41 y 60 cupos
e. Entre 61 y 90 cupos
f. Más de 90 cupos

✓ 8. ¿Para qué tipo de vehículo está diseñado los espacios del parqueadero?
a. Solo pequeños
b. Solo medianos
c. Solo grandes
 d. Mixto entre pequeños y medianos
e. Mixto entre pequeños y grandes
f. Mixto entre medianos y grandes
g. Para todo tipo de vehículo

3.1 ✓ 9. ¿Qué porcentaje del cupo total se destina a personas con discapacidad?
3.1 a. Menos del 10%
14% b. Entre 11% y 20%
c. Entre 21% y 30%
d. Entre 31% y 50%
e. Más del 51%

✓ 10. ¿Las áreas de circulación que conectan los sitios de parqueo las categoriza cómo?

- a. Estrechas (menos de 3 m)
- b. Adecuadas (entre 3.1 m y 4 m)
- c. Amplias (más de 4 m)

5

✓ 11. ¿Cuánto en promedio se demora un espacio de parqueadero ocupado?

- a. Menos de 30 min
- b. Entre 31 y 60 min
- c. Entre 1h y 1h 30 min
- d. Entre 1h 31 min y 2h
- e. Entre 2h y 2h 30 min
- f. Entre 2h 31 min y 3h
- g. Más de 3h

44

Tiempo ocupado

110 min

✓ 12. ¿Cuántos carros en promedio ingresan al día?

- a. Menos de 10 carros
- b. Entre 11 y 20 carros
- c. Entre 21 y 40 carros
- d. Entre 41 y 60 carros
- e. Entre 61 y 90 carros
- f. Más de 90 carros

Tasas de No cobro diario

✓ 13. ¿Maneja sobre cupo en el parqueadero?

- a. Si
- b. No

Si maneja

✓ 14. ¿Si maneja sobre cupo en el parqueadero, pide a sus clientes dejar las llaves?

- a. Si
- b. No

✓ 15. ¿En el parqueadero que usted administra se debe estacionar en reversa?

- a. Si
- b. No
- c. Es indiferente

✓ 16. ¿El parqueadero que usted administra posee algún tipo de póliza?

- a. Si
- b. No ¿Cuánto paga anualmente?
20 millones ✓

✓ 17. ¿El parqueadero que usted administra paga impuestos, servicios, nomina, mantenimiento?

- a. Si
- b. No ¿Cuánto paga anualmente?
24 millones ✓

✓ 18. ¿Según su experiencia en la administración del parqueadero, cuál sería el intervalo de horas en

Composición

las que existe un mayor flujo de vehículos y ocupación?

- a. De 6:00 am a 9:00 am
- b. De 11:00 am a 1:00 pm
- c. De 5:00 pm a 8:00 pm
- d. Otro (Por favor especifique)

6

✓ 19. ¿El parqueadero que usted administra cuenta con algún tipo de descuentos u ofertas especiales para los clientes en general (ej. Cobro del minuto más económico en horas valles, tarifas especiales por estacionamiento nocturno o convenio con establecimientos comerciales)?

- a. Si
- b. No ¿De qué tipo?

✓ 20. ¿Cuenta con servicios tecnológicos para el pago del parqueadero de un vehículo?

- a. Si
- b. No

21. De ser positiva la respuesta anterior, responda que tipo de servicios tecnológicos posee.

- a. Pago de servicios de parqueo con máquinas de auto gestión.
- b. Pago de servicios de parqueo con aplicación móvil electrónica personalizada.
- c. Pago de servicios de parqueo con tarjeta electrónica personalizada.
- d. Otro (Por favor especifique)

INTENCIÓN DE USO

✓ 22. ¿Conoce una herramienta tecnológica (aplicación o sitio web) que permita visibilizar y atraer más clientes (conductores) hacia su parqueadero?

- a. Si
- b. No ¿Cómo se llama?

✓ 23. ¿Cuanto estaría dispuesto a pagar por una herramienta tecnológica (aplicación o sitio web) que permita visibilizar y atraer más clientes (conductores) hacia su parqueadero?

- a. Menos de \$20.000 pesos/mes
- b. Entre \$20.001 y \$30.000 pesos/mes
- c. Entre \$30.001 y \$40.000 pesos/mes
- d. Entre \$40.001 y \$60.000 pesos/mes
- e. Entre \$60.001 y \$80.000 pesos/mes
- f. Más de \$80.000 pesos/mes

8.2. Anexo 2

Análisis de los datos recopilados de las encuestas para la caracterización de usuarios y administradores de parqueaderos de la ciudad de Bogotá

Sección A: Análisis de datos de la encuesta de caracterización de los usuarios de parqueaderos de la ciudad de Bogotá.

Pregunta 1: ¿Por favor indique a que género pertenece?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

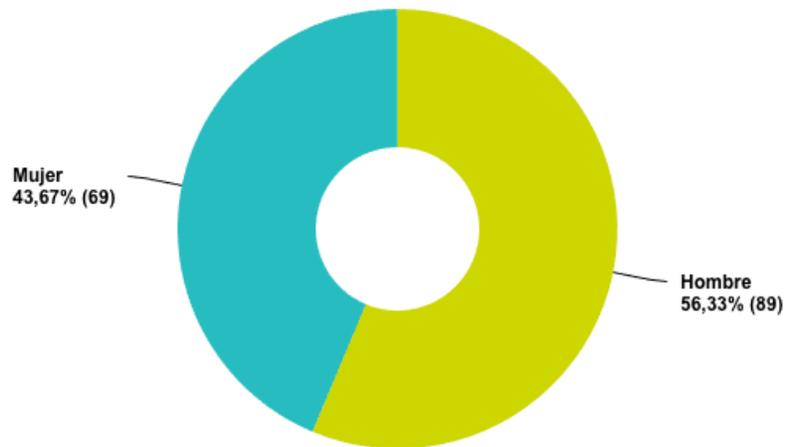


Figura 1. Resultados de genero de los usuarios encuestados

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
▼ Hombre (1)	56,33% 89
▼ Mujer (2)	43,67% 69
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	1,00	1,44	0,50

Análisis

Se puede observar que existe una concentración de datos alrededor de la media debido a que la desviación estándar es pequeña, esto quiere decir que es un grupo compacto en cuanto al género, lo que permite en las preguntas siguientes determinar una posible tendencia según sean hombres o mujeres.

Pregunta 2: ¿Su edad esta entre?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

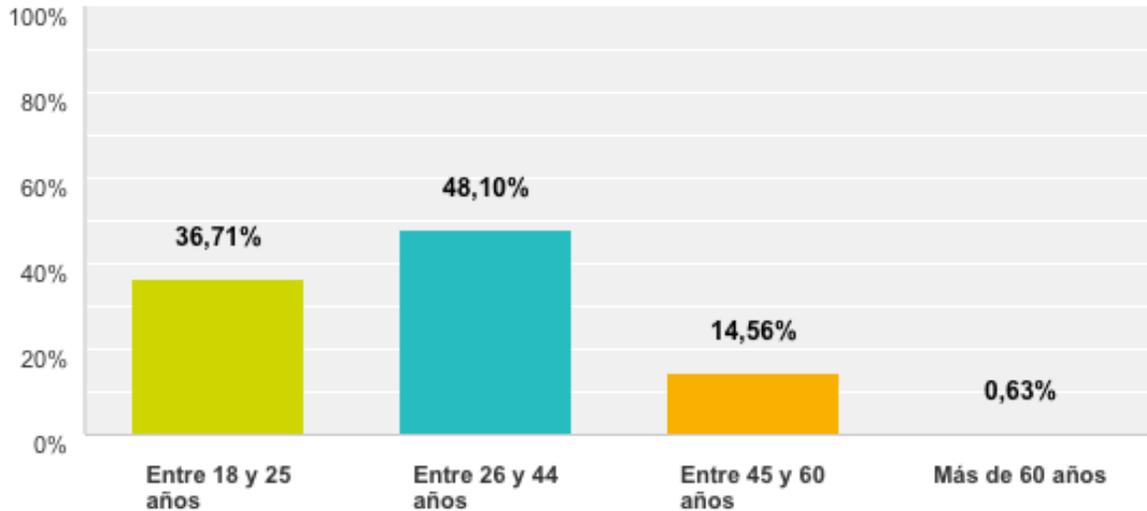


Figura 2. Resultados de edad de los usuarios encuestados

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Entre 18 y 25 años (1)	36,71% 58
Entre 26 y 44 años (2)	48,10% 76
Entre 45 y 60 años (3)	14,56% 23
Más de 60 años (4)	0,63% 1
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	4,00	2,00	1,79	0,70

Análisis

El valor de la media nos indica que la edad promedio se encuentra entre los 26 y 44 años, dada la desviación estándar podemos analizar que los datos están concentrados hacia el valor medio. Haciendo el cálculo del valor medio con ayuda de las ecuaciones 4 y 5 se obtiene que en promedio respondieron la encuesta usuarios con una edad de 31 años.

Que la desviación estándar concentre los datos alrededor del valor medio es un indicador adecuado si deseamos analizar luego tendencias en las respuestas teniendo en cuenta los rangos de edad.

Pregunta 3: ¿En porcentaje de sus ingresos, cuanto destina mensualmente en gastos para su vehículo?

Para esta pregunta se decidió comparar cuanto se destina mensualmente en gastos para el vehículo con relación al género Fig. 3 y posteriormente compararlo por rango de edad Fig. 4.

Respondieron: 158

Omitieron: 0

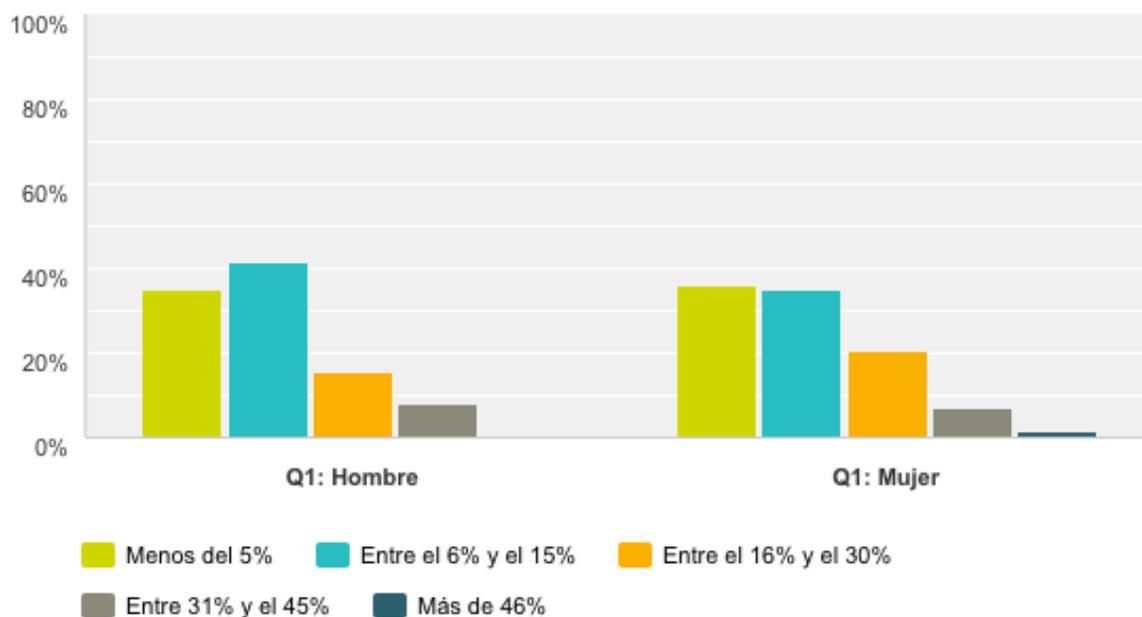


Figura 3. Porcentaje de ingresos mensuales comparado por género

Tabla de resultados

	Menos del 5% (1)	Entre el 6% y el 15% (2)	Entre el 16% y el 30% (3)	Entre 31% y el 45% (4)	Más de 46% (5)	Total
Q1: Hombre (A)	34,83% 31	41,57% 37	15,73% 14	7,87% 7	0,00% 0	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	36,23% 25	34,78% 24	20,29% 14	7,25% 5	1,45% 1	43,67% 69
Total de encuestados	56	61	28	12	1	158

Estadísticas básicas ?					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	4,00	2,00	1,97	0,91
Q1: Mujer (B)	1,00	5,00	2,00	2,03	0,99

Análisis

Al observar las estadísticas que relacionan al género y lo que cada usuario destina mensualmente en gastos para el vehículo se puede concluir que:

- Ningún hombre gasta más del 45% de sus ingresos mensuales en elementos (productos o servicios) asociados al vehículo.
- Dado el valor de la media y una desviación estándar que sitúa los datos concentrados hacia dicho valor y que dado el valor de la mediana sitúa el intervalo de gasto entre el 6% y el 15%. Los hombres en promedio gastan un 9% y las mujeres gastan un 10% de sus ingresos mensuales en el vehículo.
- Las mujeres tienen una tendencia de gastar un poco más de sus ingresos mensuales en elementos asociados al vehículo.

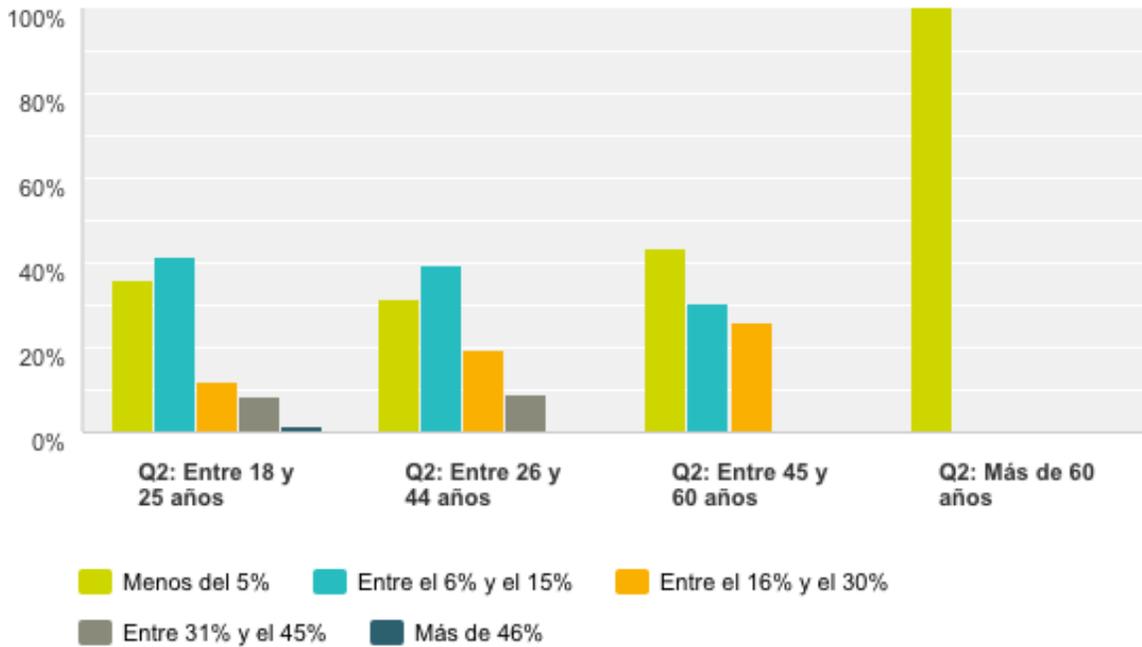


Figura 4. Porcentaje de ingresos mensuales comparado por rango de edad

Tabla de resultados

	Menos del 5% (1)	Entre el 6% y el 15% (2)	Entre el 16% y el 30% (3)	Entre 31% y el 45% (4)	Más de 46% (5)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	36,21% 21	41,38% 24	12,07% 7	8,62% 5	1,72% 1	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	31,58% 24	39,47% 30	19,74% 15	9,21% 7	0,00% 0	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	43,48% 10	30,43% 7	26,09% 6	0,00% 0	0,00% 0	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	100,00% 1	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,63% 1
Total de encuestados	56	61	28	12	1	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	5,00	2,00	1,98	0,99
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	4,00	2,00	2,07	0,94
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	3,00	2,00	1,83	0,82
Q2: Más de 60 años (D)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Análisis

Al observar las estadísticas que relacionan a la edad y lo que cada usuario destina mensualmente en gastos para el vehículo se puede concluir que:

- Ningún usuario mayor de 60 años invierte más del 6% en gastos mensuales para el vehículo.
- Que los usuarios entre los 45 y 60 años no invierten más del 30% de sus ingresos en gastos relacionados con el vehículo.
- Que los usuarios entre los 26 y 44 años no invierten más del 45% de sus ingresos en gastos relacionados con el vehículo.
- Los usuarios entre los 18 y 60 años destinan en promedio entre el 6% y el 15% de sus ingresos en gastos relacionados con el vehículo, distribuido así:
 - Entre 18 y 25 años: 9% mensual.
 - Entre 26 y 44 años: 10% mensual.
 - Entre 45 y 60 años: 8%
- Existe una ligera tendencia a gastar mensualmente un poco más en elementos asociados al uso del vehículo si esta entre los 26 y 44 años.

Pregunta 4: ¿Cuándo conduce, en promedio cuántos kilómetros recorre por día?

Para esta pregunta se decidió comparar cuanto conduce en promedio un día típico con relación al género Fig. 5 y posteriormente compararlo por rango de edad Fig. 6.

Respondieron: 158

Omitieron: 0

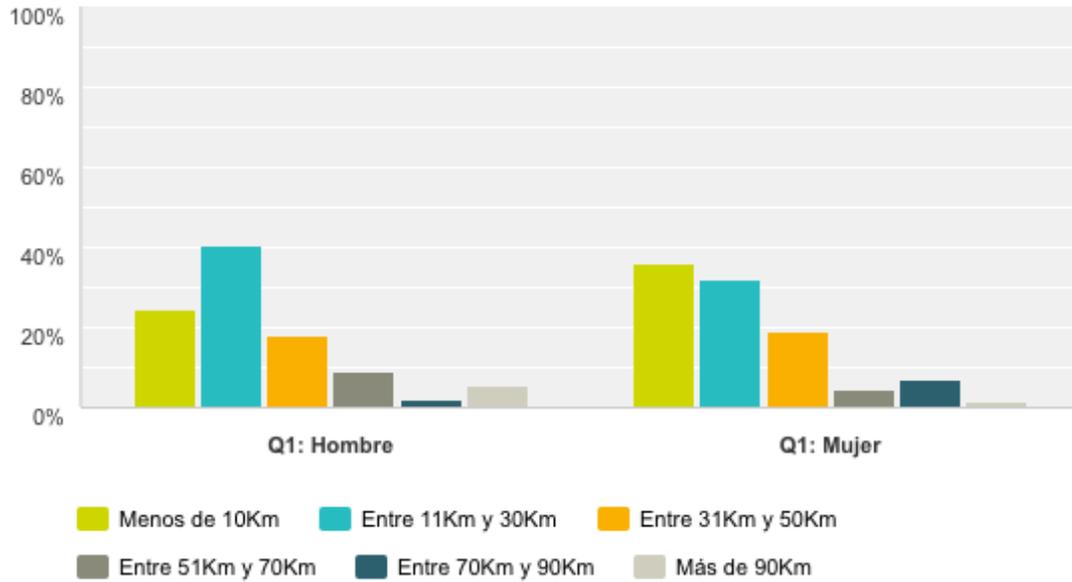


Figura 5. Promedio de kilómetros recorridos cuando conduce comparado por género

Tabla de resultados

	Menos de 10Km (1)	Entre 11Km y 30Km (2)	Entre 31Km y 50Km (3)	Entre 51Km y 70Km (4)	Entre 70Km y 90Km (5)	Más de 90Km (6)	Total
Q1: Hombre (A)	24,72% 22	40,45% 36	17,98% 16	8,99% 8	2,25% 2	5,62% 5	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	36,23% 25	31,88% 22	18,84% 13	4,35% 3	7,25% 5	1,45% 1	43,67% 69
Total de encuestados	47	58	29	11	7	6	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	6,00	2,00	2,40	1,31
Q1: Mujer (B)	1,00	6,00	2,00	2,19	1,25

Análisis

Al observar las estadísticas que relacionan al género y el kilometraje recorrido cuando conduce, se puede concluir que:

- En promedio tanto hombres como mujeres conducen entre 11 Km y 30 Km.
- Los hombres conducen alrededor de 23 Km en promedio.
- Las mujeres conducen alrededor de 19 Km en promedio.

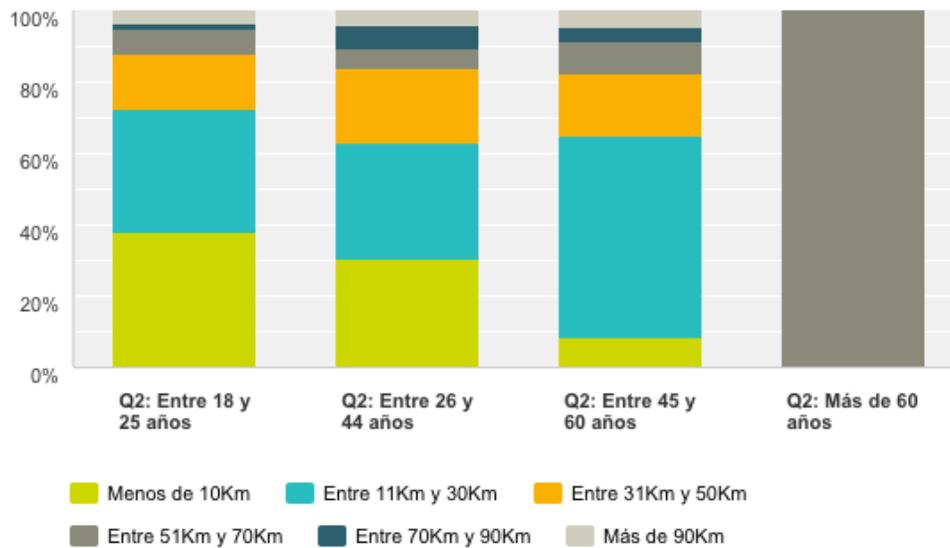


Figura 6. Promedio de kilómetros recorridos en un día cuando conduce comparado por edades

Tabla de resultados

	Menos de 10Km (1)	Entre 11Km y 30Km (2)	Entre 31Km y 50Km (3)	Entre 51Km y 70Km (4)	Entre 70Km y 90Km (5)	Más de 90Km (6)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	37,93% 22	34,48% 20	15,52% 9	6,90% 4	1,72% 1	3,45% 2	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	30,26% 23	32,89% 25	21,05% 16	5,26% 4	6,58% 5	3,95% 3	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	8,70% 2	56,52% 13	17,39% 4	8,70% 2	4,35% 1	4,35% 1	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,00% 0	0,00% 0	0,63% 1
Total de encuestados	47	58	29	11	7	6	158

Estadísticas básicas						
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar	
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	6,00	2,00	2,10	1,23	
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	6,00	2,00	2,37	1,35	
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	6,00	2,00	2,57	1,17	
Q2: Más de 60 años (D)	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00	

Análisis

Al observar las estadísticas que relacionan a los distintos rangos de edad y el kilometraje recorrido cuando conducen, se puede concluir que:

- En el intervalo entre los 18 y 60 años conducen en promedio entre 11 Km y 30 Km, distribuidos así:
 - Entre los 18 y 25 años conducen alrededor de 18 Km en promedio.
 - Entre los 26 y 44 años conducen alrededor de 23 Km en promedio.
 - Entre los 45 y 60 años conducen alrededor de 25 Km en promedio.
- Existe una ligera tendencia a recorrer un mayor número de kilómetros al aumentar la edad.

Pregunta 5: ¿En promedio cuánto gasta (en pesos COP) en parqueaderos al mes?

Para esta pregunta se decidió comparar cuánto gasta en promedio en parqueaderos al mes con relación al género Fig. 7 y posteriormente compararlo por rango de edad Fig. 8.

Respondieron: 158

Omitieron: 0

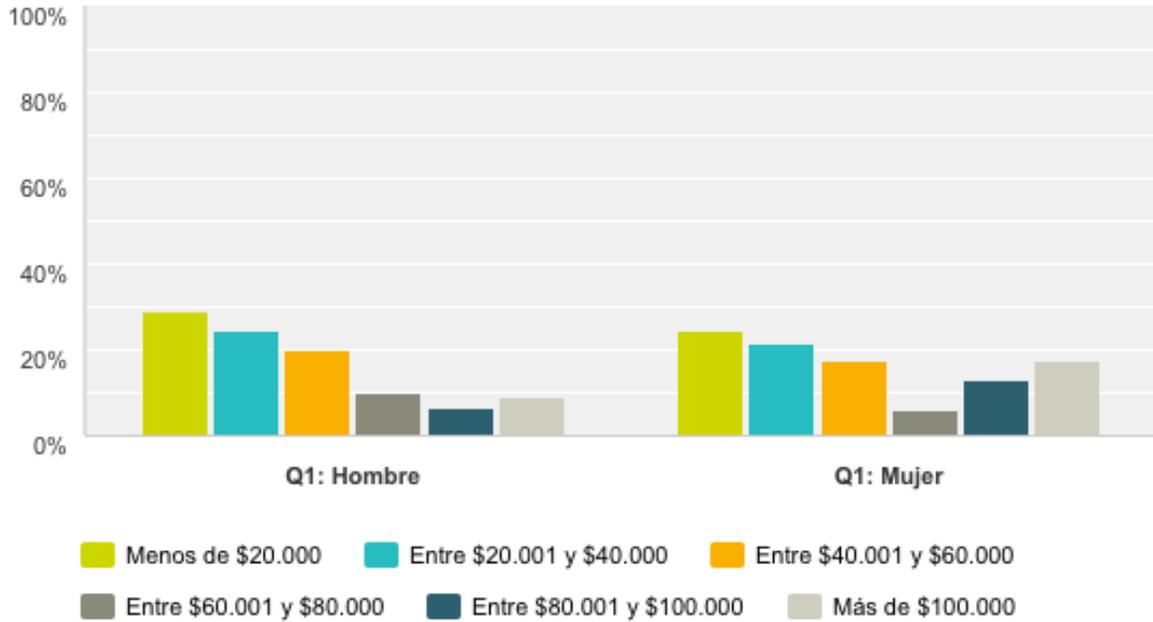


Figura 7. Promedio de gasto en parqueaderos al mes comparado por género

Tabla de resultados

	Menos de \$20.000 (1)	Entre \$20.001 y \$40.000 (2)	Entre \$40.001 y \$60.000 (3)	Entre \$60.001 y \$80.000 (4)	Entre \$80.001 y \$100.000 (5)	Más de \$100.000 (6)	Total
Q1: Hombre (A)	29,21% 26	24,72% 22	20,22% 18	10,11% 9	6,74% 6	8,99% 8	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	24,64% 17	21,74% 15	17,39% 12	5,80% 4	13,04% 9	17,39% 12	43,67% 69
Total de encuestados	43	37	30	13	15	20	158

Estadísticas básicas ?					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	6,00	2,00	2,67	1,58
Q1: Mujer (B)	1,00	6,00	3,00	3,13	1,83

Análisis

Al observar las estadísticas que relacionan al género y el gasto promedio en parqueaderos al mes, se puede concluir que:

- Las mujeres tienden a gastar un poco más en parqueaderos al mes con relación a los hombres.
- Los hombres gastan entre \$20.000 y \$40.000, promedio de \$36.818 en parqueaderos al mes.
- Las mujeres gastan entre \$40.000 y \$60.000 promedio de \$41.667 en parqueaderos al mes.
- Si promediamos lo que gastan tanto los hombres como las mujeres daría un valor de \$39.242 mensuales en gastos de parqueaderos.



Figura 8. Promedio de gasto en parqueaderos al mes comparado por rango de edad

Tabla de resultados

	Menos de \$20.000 (1)	Entre \$20.001 y \$40.000 (2)	Entre \$40.001 y \$60.000 (3)	Entre \$60.001 y \$80.000 (4)	Entre \$80.001 y \$100.000 (5)	Más de \$100.000 (6)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	31,03% 18	25,86% 15	15,52% 9	6,90% 4	8,62% 5	12,07% 7	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	25,00% 19	21,05% 16	18,42% 14	11,84% 9	7,89% 6	15,79% 12	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	26,09% 6	26,09% 6	30,43% 7	0,00% 0	13,04% 3	4,35% 1	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,00% 0	0,63% 1
Total de encuestados	43	37	30	13	15	20	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	6,00	2,00	2,72	1,71
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	6,00	3,00	3,04	1,75
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	6,00	2,00	2,61	1,44
Q2: Más de 60 años (D)	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00

Análisis

Al observar las estadísticas que relacionan al rango de edades y el gasto promedio en parqueaderos al mes, se puede concluir que:

- Entre los 18 y 25 años y los 45 y 60 años tiende a gastar entre \$20.000 y \$40.000 en parqueaderos al mes.
- Entre los 26 y 44 años tienden a gastar entre \$40.000 y \$60.000 en parqueaderos al mes.
- El gasto estaría dividido en promedio así:
 - Entre 18 y 25 años: \$34.667 en parqueaderos al mes.
 - Entre 26 y 44 años: \$44.286 en parqueaderos al mes.
 - Entre 45 y 60 años: \$38.333 en parqueaderos al mes.

Pregunta 6: ¿En promedio cuánto gasta (en pesos COP) en gasolina al mes?

Al analizar las preguntas anteriores, específicamente las que hacen relación al gasto, se nota una ligera tendencia a que, si se analiza por genero la mujer gasta un poco más con relación al hombre. Para esta pregunta debemos tener en cuenta lo anteriormente mencionado, haciendo un análisis global del gasto en gasolina promedio al mes Fig. 9 y discriminado por rango de edad Fig. 10.

Respondieron: 158

Omitieron: 0

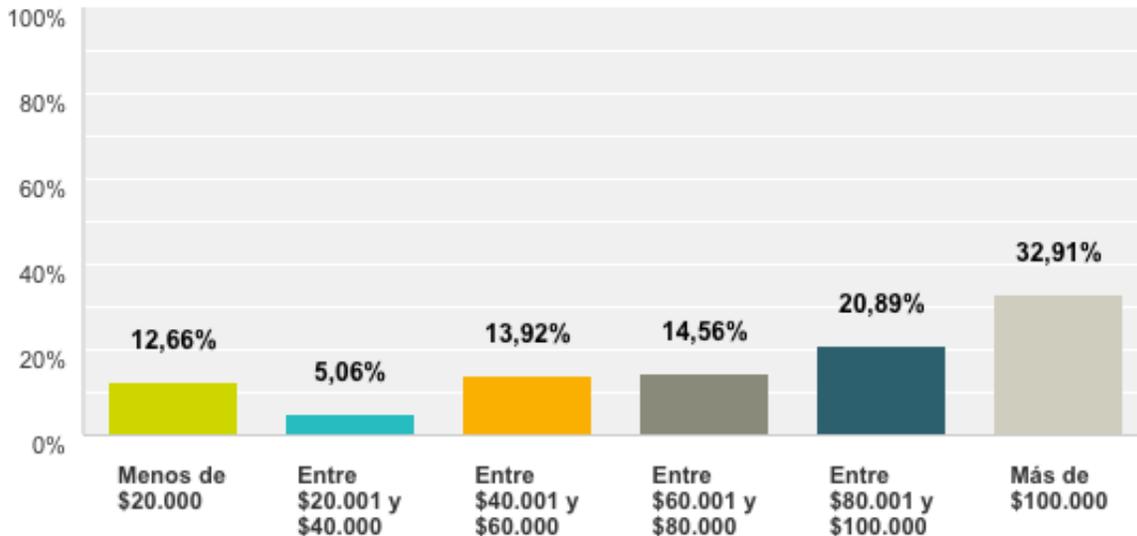


Figura 9. Promedio de gasto en gasolina al mes

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de \$20.000 (1)	12,66% 20
Entre \$20.001 y \$40.000 (2)	5,06% 8
Entre \$40.001 y \$60.000 (3)	13,92% 22
Entre \$60.001 y \$80.000 (4)	14,56% 23
Entre \$80.001 y \$100.000 (5)	20,89% 33
Más de \$100.000 (6)	32,91% 52
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	6,00	5,00	4,25	1,72

Análisis

Al observar las estadísticas se encuentra una desviación estándar muy alta, por tal motivo se elige la mediana para un cálculo más aproximado del valor promedio. En este caso dicho valor oscila entre los \$80.000 y \$100.000, realizando el cálculo este indica que tanto hombres como mujeres gastan al mes en promedio \$83.336 pesos.

La desviación estándar nos da una indicación de alta dispersión de los datos, ello conlleva a reflexionar aún más en esta pregunta, ya que, aunque se tenga un promedio modesto, este cambia significativamente según los hábitos del usuario con relación a la cantidad de kilómetros recorridos y la cantidad de días que usa el vehículo.

Una aproximación más realista teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente indicaría un mayor gasto en gasolina de lo que el usuario promedio percibe, aproximándonos aún más a un valor mayor a los \$100.000 pesos de gasto al mes. Esto lo podemos constatar al visualizar la Fig. 9, está muestra un porcentaje del 32.91% para el rango mayor a \$100.000 contra un 20.89% en el rango entre los \$80.000 y \$100.000, una diferencia de casi por lo menos 12 puntos porcentuales que indica que el gasto en gasolina en efecto si es mayor a los \$100.000 al mes.



Figura 10. Promedio de gasto en gasolina al mes comparado por rango de edad

Tabla de resultados

	Menos de \$20.000 (1)	Entre \$20.001 y \$40.000 (2)	Entre \$40.001 y \$60.000 (3)	Entre \$60.001 y \$80.000 (4)	Entre \$80.001 y \$100.000 (5)	Más de \$100.000 (6)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	13,79% 8	8,62% 5	18,97% 11	20,69% 12	10,34% 6 B	27,59% 16	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	13,16% 10	3,95% 3	13,16% 10	11,84% 9	25,00% 19 A	32,89% 25	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	8,70% 2	0,00% 0	4,35% 1	8,70% 2	34,78% 8	43,48% 10	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,63% 1
Total de encuestados	20	8	22	23	33	52	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	6,00	4,00	3,88	1,72
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	6,00	5,00	4,30	1,72
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	6,00	5,00	4,91	1,44
Q2: Más de 60 años (D)	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00

Análisis

Al observar las estadísticas que relacionan al rango de edades y el gasto promedio en gasolina al mes, se puede concluir que:

- Existe una tendencia gastar más en gasolina cuando aumenta la edad, esto tiene una lógica ya que se había concluido con anterioridad que también aumentan el número de kilómetros que se recorren al día (análisis pregunta 4).
- Entre los 18 y 25 años se tiene un gasto promedio en gasolina al mes de \$68.333.
- Entre los 26 y 44 años se tiene un gasto promedio en gasolina al mes de \$86.316.
- Para más de 44 años se tiene un gasto promedio en gasolina al mes de \$96.250.

Pregunta 7: ¿Su vehículo está en la categoría de?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

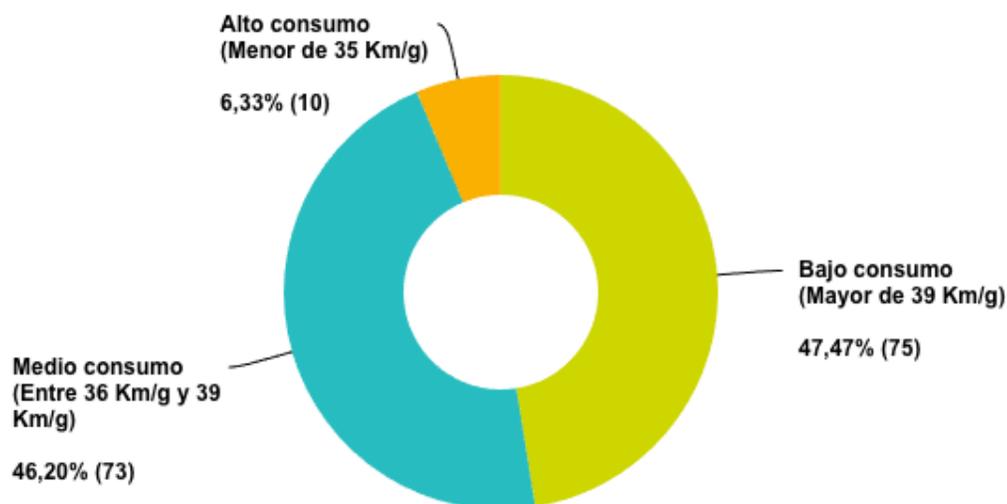


Figura 11. Distribución de la muestra según categoría en la que se encuentra el vehículo

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
▼ Bajo consumo (Mayor de 39 Km/g) (1)	47,47% 75
▼ Medio consumo (Entre 36 Km/g y 39 Km/g) (2)	46,20% 73
▼ Alto consumo (Menor de 35 Km/g) (3)	6,33% 10
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 3,00	Mediana 2,00	Media 1,59	Desviación estándar 0,61

Análisis

Al observar las estadísticas referentes a la categoría en la que se encuentra el vehículo según el consumo de este, se observa que existe una ligera tendencia a elegir vehículos de bajo consumo 47.47% con relación a los vehículos de consumo medio 46.20% o de alto consumo 6.33%. La desviación estándar es pequeña, indicando una adecuada concentración de datos alrededor de la media. Al no existir una diferencia porcentual muy amplia entre las categorías de bajo consumo y medio consumo con ayuda de la mediana se concluye que en términos generales los usuarios tienen vehículos de consumo medio.

Pregunta 8: ¿Hace uso de la red de parqueaderos de su ciudad para estacionar su vehículo?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

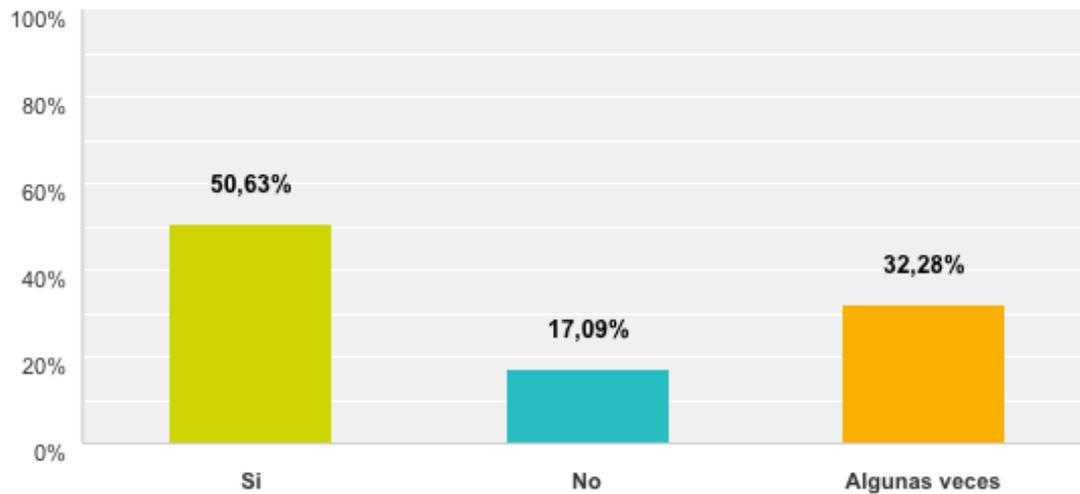


Figura 12. Distribución de la muestra según uso de la red de parqueaderos de la ciudad

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas	
Si (1)	50,63%	80
No (2)	17,09%	27
Algunas veces (3)	32,28%	51
Total		158

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	3,00	1,00	1,82	0,89

Análisis

Al observar las estadísticas con relación al uso de parqueaderos de la ciudad, se puede concluir que:

- Poco más del 50% de los usuarios los usan categóricamente.
- La cantidad de encuestados que hacen uso de vez en cuando de los parqueaderos de la ciudad es alta (51/158) pudiendo denotar alguna falencia en la red de parqueaderos disponibles o en la información presente sobre ubicación de estos al llegar a un determinado punto de destino que obligaría a tomar decisiones en cuanto a uso.

Si realizamos el mismo análisis por genero se tiene que:

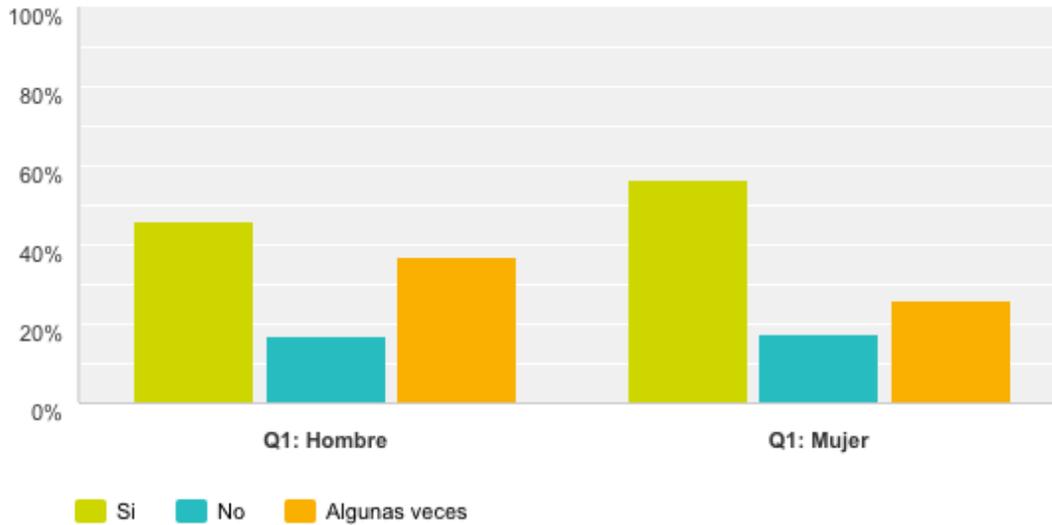


Figura 12. Distribución de la muestra según uso de la red de parqueaderos por genero

Tabla de resultados

	Si (1)	No (2)	Algunas veces (3)	Total
Q1: Hombre (A)	46,07% 41	16,85% 15	37,08% 33	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	56,52% 39	17,39% 12	26,09% 18	43,67% 69
Total de encuestados	80	27	51	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	3,00	2,00	1,91	0,91
Q1: Mujer (B)	1,00	3,00	1,00	1,70	0,86

Análisis

Existe una ligera tendencia a que los hombres o no usen (16.85%) los parqueaderos o lo hagan de vez en cuando (37.08%) en relación con las mujeres, ya que, la suma entre 16.85% y 37.08 es ligeramente mayor al 46.07% para los hombres, y para las mujeres la suma entre 17.39% y 26.09% es ligeramente menos al 56.52%.

Las mujeres en cambio demuestran una tendencia a hacer uso de los parqueaderos.

Si realizamos el mismo análisis por rango de edad:

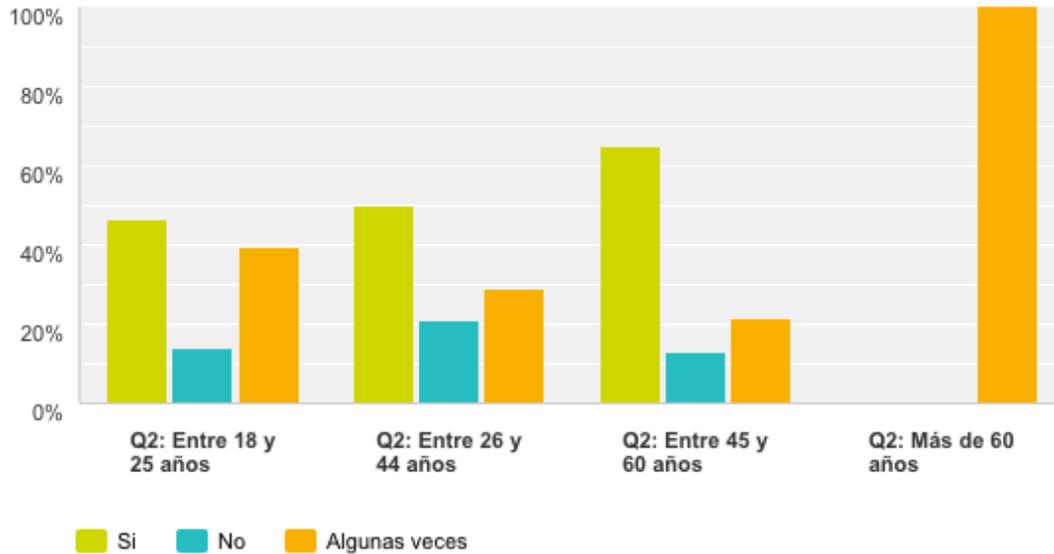


Figura 13. Distribución de la muestra según uso de la red de parqueaderos por rango de edad

Tabla de resultados

	Si (1)	No (2)	Algunas veces (3)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	46,55% 27	13,79% 8	39,66% 23	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	50,00% 38	21,05% 16	28,95% 22	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	65,22% 15	13,04% 3	21,74% 5	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,63% 1
Total de encuestados	80	27	51	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	3,00	2,00	1,93	0,93
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	3,00	1,50	1,79	0,86
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	3,00	1,00	1,57	0,82
Q2: Más de 60 años (D)	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00

Análisis

Observando la tabla de resultados se puede apreciar que a medida que aumentamos de edad los usuarios son más propensos a buscar y hacer uso de parqueaderos.

Los usuarios entre los 18 y 25 años definitivamente no los usan o tan solo algunas veces.

Los usuarios entre los 26 y 44 años los usan algunas veces siendo la mayoría de las veces afirmativo el uso de parqueaderos.

Los usuarios mayores a 45 años definitivamente si buscan y hacen uso de parqueaderos.

Pregunta 9: ¿Cuándo hace uso de la red de parqueaderos de su ciudad, elige un determinado parqueadero por?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

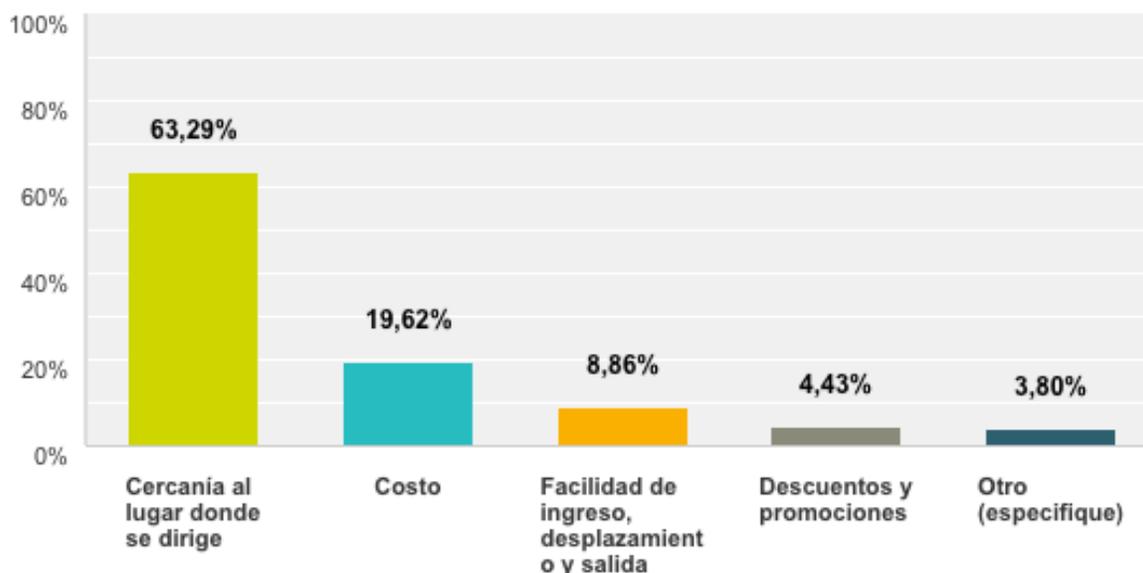


Figura 14. Distribución de la muestra según criterio de elección de un determinado parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas	
▼ Cercanía al lugar donde se dirige (1)	63,29%	100
▼ Costo (2)	19,62%	31
▼ Facilidad de ingreso, desplazamiento y salida (3)	8,86%	14
▼ Descuentos y promociones (4)	4,43%	7
▼ Otro (especifique) (5)	3,80%	6
Respuestas		
Total		158

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 5,00	Mediana 1,00	Media 1,66	Desviación estándar 1,06

Análisis

Existe una marcada tendencia a buscar y elegir un parqueadero por cercanía al lugar donde el usuario se dirige (63.29%) seguido un tanto de lejos por el costo (19.62%), cabe resaltar que al momento de especificar otras posibles opciones sobre las cuales un determinado usuario elige un parqueadero, salta a la vista la ausencia de parqueaderos con cupos disponibles (porque no hay más) y la seguridad.

Si hacemos el mismo análisis por genero se tiene que:

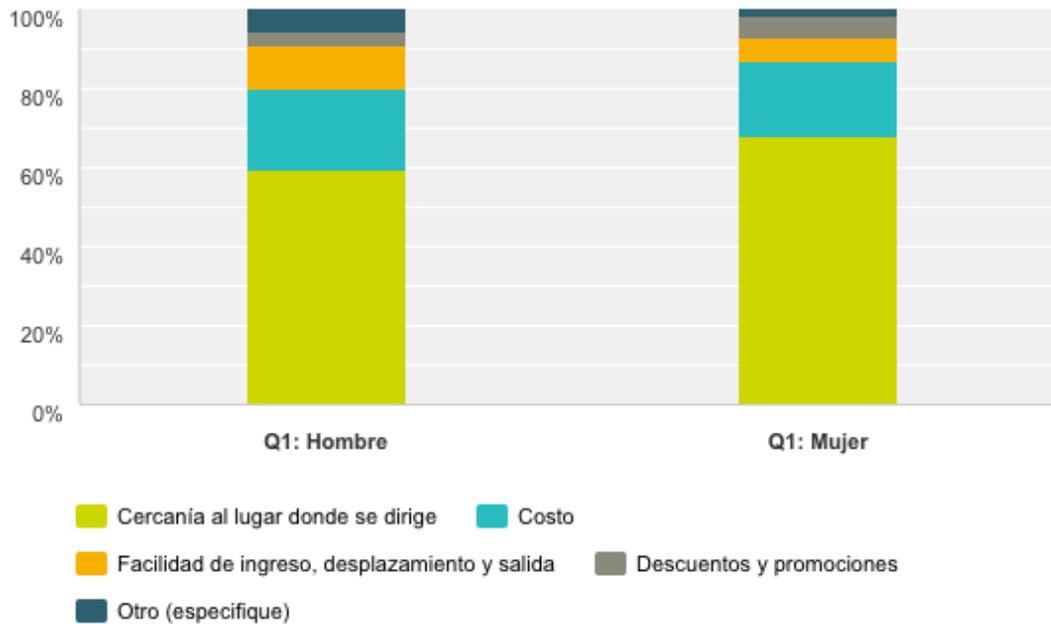


Figura 15. Distribución de la muestra según criterio de elección de un determinado parqueadero por genero

Tabla de resultados

	Cercanía al lugar donde se dirige (1)	Costo (2)	Facilidad de ingreso, desplazamiento y salida (3)	Descuentos y promociones (4)	Otro (especifique) (5)	Total
Q1: Hombre (A)	59,55% 53	20,22% 18	11,24% 10	3,37% 3	5,62% 5 Respuestas	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	68,12% 47	18,84% 13	5,80% 4	5,80% 4	1,45% 1 Respuestas	43,67% 69
Total de encuestados	100	31	14	7	6	158

Estadísticas básicas ?					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	5,00	1,00	1,75	1,13
Q1: Mujer (B)	1,00	5,00	1,00	1,54	0,94

Análisis

Aunque la tendencia a buscar y elegir parqueadero dada la cercanía al lugar de trabajo se mantenga, se puede observar una ligera tendencia por parte de los hombres de buscar parqueadero dado el costo de este seguido por la facilidad de ingreso, desplazamiento y salida.

Las mujeres en cambio a parte de la cercanía y de costo también influye en su decisión los descuentos y promociones que les puedan brindar en un parqueadero.

Si no hay mucha oferta de parqueaderos o cupos disponibles, el hombre tendera a parquear donde pueda. La mujer en cambio buscaría un lugar seguro para hacerlo.

Ahora al analizar por rango de edad se tiene que:

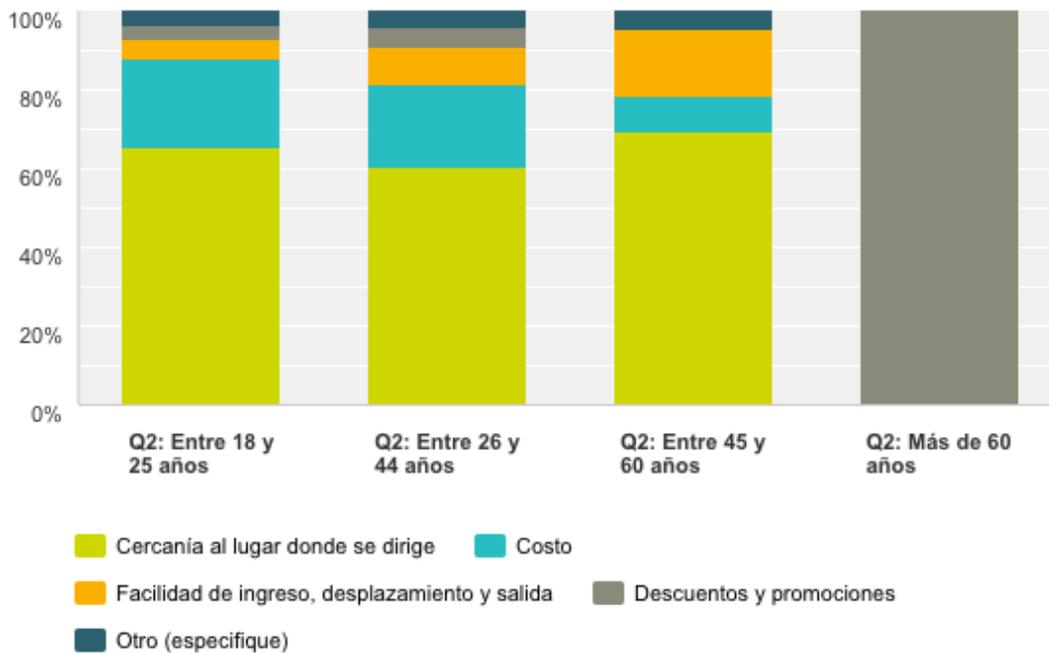


Figura 16. Distribución de la muestra según criterio de elección de un determinado parqueadero por rango de edad

Tabla de resultados

	Cercanía al lugar donde se dirige (1)	Costo (2)	Facilidad de ingreso, desplazamiento y salida (3)	Descuentos y promociones (4)	Otro (especifique) (5)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	65,52% 38	22,41% 13	5,17% 3	3,45% 2	3,45% 2 Respuestas	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	60,53% 46	21,05% 16	9,21% 7	5,26% 4	3,95% 3 Respuestas	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	69,57% 16	8,70% 2	17,39% 4	0,00% 0	4,35% 1 Respuestas	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,00% 0 Respuestas	0,63% 1
Total de encuestados	100	31	14	7	6	158

Estadísticas básicas ?					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	5,00	1,00	1,57	0,98
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	5,00	1,00	1,71	1,09
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	5,00	1,00	1,61	1,05
Q2: Más de 60 años (D)	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00

Análisis

Los usuarios entre los 18 y 44 años tienden a buscar estacionamiento por cercanía al lugar donde se dirige, seguido del costo y por la facilidad de ingreso, desplazamiento y salida.

Para los usuarios mayores a 45 años su búsqueda está basada en la cercanía al lugar donde se dirige, facilidad de ingreso, desplazamiento y salida seguido del costo.

A mayor edad del usuario cobra más relevancia la cercanía al lugar de destino y la amplitud de las zonas de parqueo con relación al costo.

A menor edad del usuario cobra más relevancia además de la cercanía al lugar de destino el costo del parqueadero.

Pregunta 10: ¿Usaría una herramienta tecnológica que le permitiera reservar servicios adicionales? (Ejemplo: un espacio de estacionamiento, una plaza de estacionamiento con algún tipo de promoción, un espacio de estacionamiento con un tamaño determinado, un espacio de estacionamiento para persona con algún tipo de discapacidad, entre otros) en un determinado parqueadero.

Respondieron: 158

Omitieron: 0

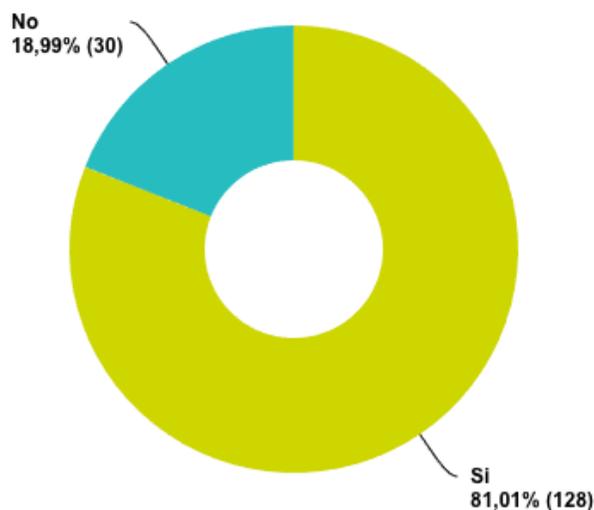


Figura 17. Distribución de la muestra según intención de uso de herramienta tecnológica para reservar servicios adicionales

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	81,01% 128
No (2)	18,99% 30
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	1,00	1,19	0,39

Análisis

Dada la alta concentración de datos alrededor de la media y el gran porcentaje (81.01%) de respuestas afirmativas, se concluye que los usuarios si tienen intención de uso de herramientas tecnológicas para reservar servicios adicionales de un determinado parqueadero.

Pregunta 11: ¿Cuál de estos servicios le interesaría?

Respondieron: 128

Omitieron: 30

Esta pregunta tan solo tuvo en cuenta a los usuarios que respondieron afirmativamente al uso de herramientas tecnológicas para reservar servicios de parqueaderos (pregunta 10).

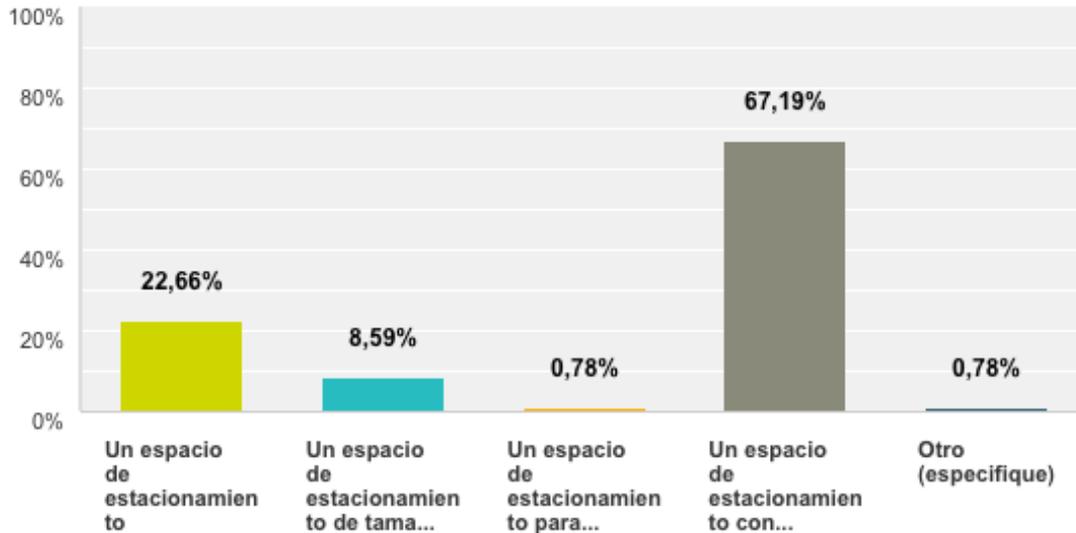


Figura 18. Distribución de la muestra según servicio que les interesaría a los usuarios para reservar por medio de herramientas tecnológicas

Tabal de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Un espacio de estacionamiento (1)	22,66% 29
Un espacio de estacionamiento de tamaño grande (2)	8,59% 11
Un espacio de estacionamiento para personas con alguna discapacidad (3)	0,78% 1
Un espacio de estacionamiento con promoción (costo por minuto rebajado, tarifa plana reducida, convenio con establecimientos comerciales) (4)	67,19% 86
Otro (especifique) (5)	0,78% 1
Total	128

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	5,00	4,00	3,15	1,29

Análisis

Existe una tendencia marcada de poder reservar un espacio de estacionamiento con promoción (67.19%) ya que más de la mitad de los usuarios respondieron afirmativamente a este ítem, seguido de, tan solo poder reservar el espacio de estacionamiento (22.66%) o un espacio de tamaño grande (8.59%) respectivamente.

Si se realiza el mismo análisis por rango de edad se tiene que:

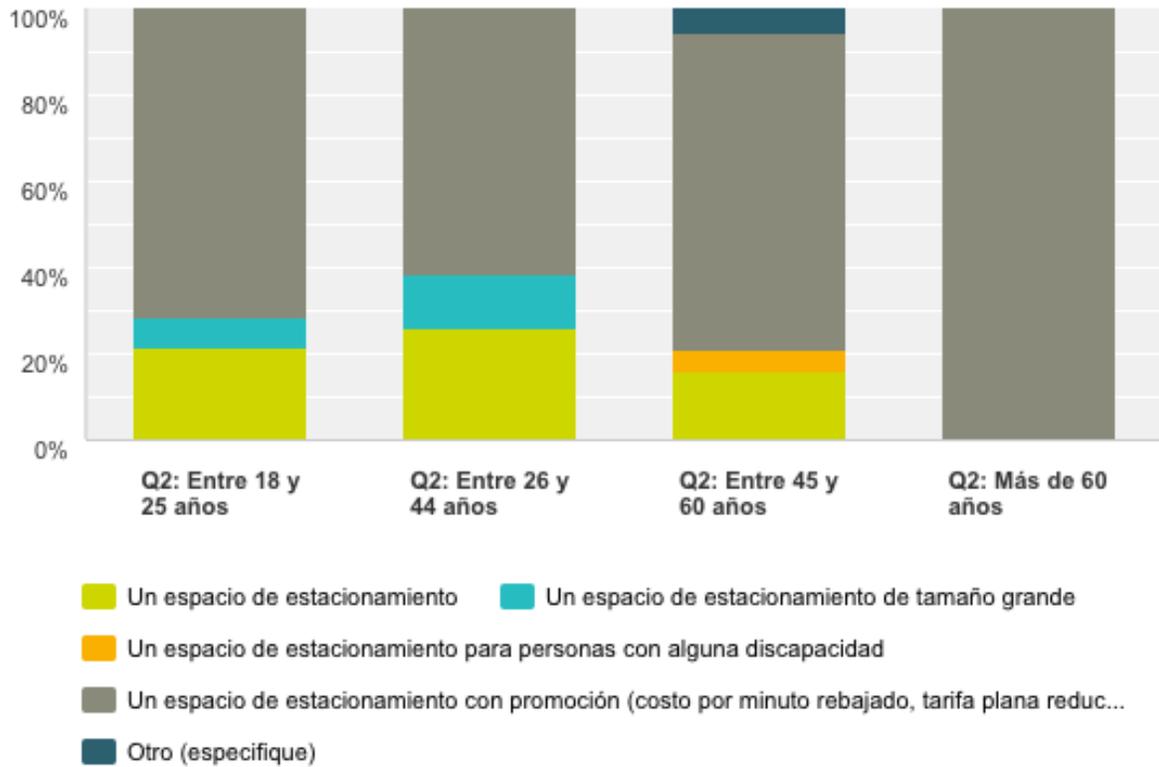


Figura 19. Distribución de la muestra según servicio que les interesaría a los usuarios para reservar por medio de herramientas tecnológicas por rango de edad

Tabla de resultados

	Un espacio de estacionamiento (1)	Un espacio de estacionamiento de tamaño grande (2)	Un espacio de estacionamiento para personas con alguna discapacidad (3)	Un espacio de estacionamiento con promoción (costo por minuto rebajado, tarifa plana reducida, convenio con establecimientos comerciales) (4)	Otro (especifique) (5)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	21,74% 10	6,52% 3	0,00% 0	71,74% 33	0,00% 0 Respuestas	35,94% 46
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	25,81% 16	12,90% 8	0,00% 0	61,29% 38	0,00% 0 Respuestas	48,44% 62
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	15,79% 3	0,00% 0	5,26% 1	73,68% 14	5,26% 1 Respuestas	14,84% 19
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,00% 0 Respuestas	0,78% 1
Total de encuestados	29	11	1	86	1	128

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	4,00	4,00	3,22	1,27
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	4,00	4,00	2,97	1,33
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	5,00	4,00	3,53	1,14
Q2: Más de 60 años (D)	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00

Análisis

Entre los 18 y 25 años y los 45 años en adelante cobra más relevancia un espacio de estacionamiento con promoción.

Entre los 26 y 44 años, aunque es muy relevante tener un espacio de estacionamiento en promoción, en algunas ocasiones tan solo tener el espacio es más preponderante.

Dependiendo de los hábitos de usuario y del tipo de vehículo de este, al aumentar la edad entre los 18 y 44 años importa el tamaño del lugar en el cual se va a estacionar.

Pregunta 12: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por servicios adicionales?

Respondieron: 128

Omitieron: 30

Esta pregunta tan solo tuvo en cuenta a los usuarios que respondieron afirmativamente al uso de herramientas tecnológicas para reservar servicios de parqueaderos (pregunta 10).

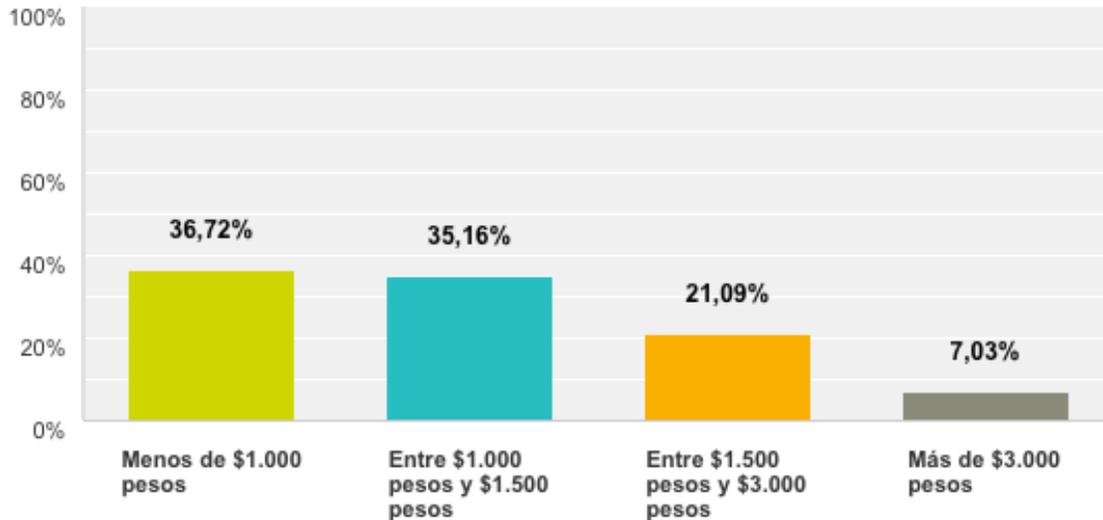


Figura 20. Distribución de la muestra según disposición a pagar por servicios adicionales

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de \$1.000 pesos (1)	36,72% 47
Entre \$1.000 pesos y \$1.500 pesos (2)	35,16% 45
Entre \$1.500 pesos y \$3.000 pesos (3)	21,09% 27
Más de \$3.000 pesos (4)	7,03% 9
Total	128

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	4,00	2,00	1,98	0,93

Análisis

En términos generales se muestra una ligera tendencia a pagar menos de \$1.000 pesos por servicios adicionales, seguido del intervalo entre los \$1.000 y \$1.500 pesos.

Con ayuda de la mediana al hacer el cálculo del valor promedio obtenemos que el usuario estaría dispuesto a pagar en promedio \$1.188 pesos.

Al realizar el mismo análisis por genero se tiene que:

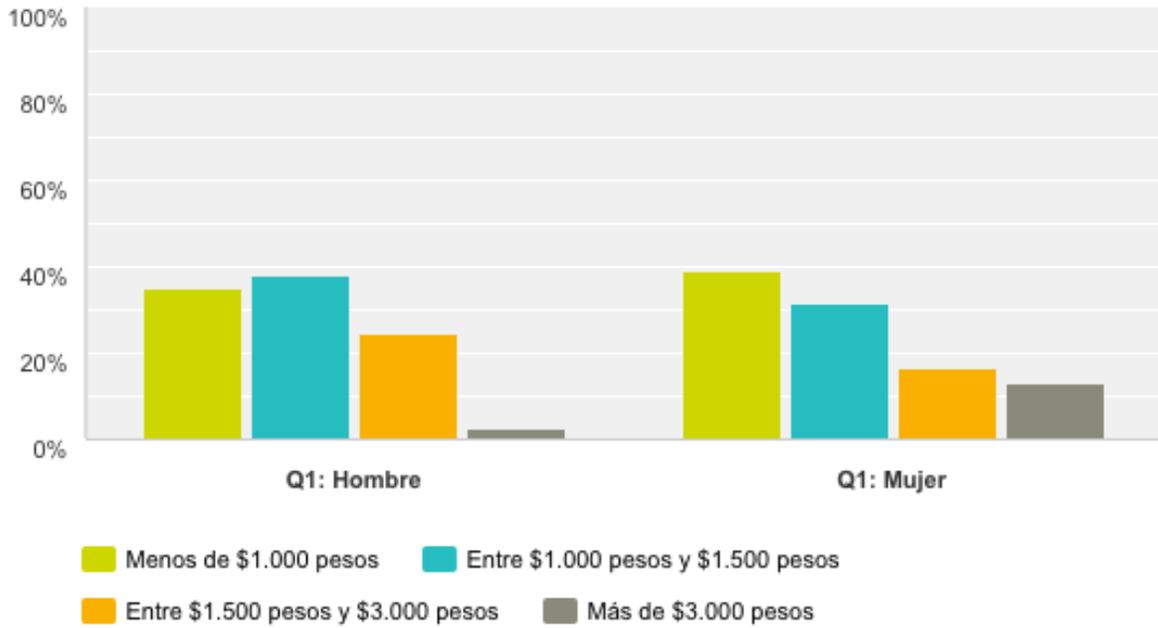


Figura 20. Distribución de la muestra según disposición a pagar por servicios adicionales por genero

Tabla de resultados

	Menos de \$1.000 pesos (1)	Entre \$1.000 pesos y \$1.500 pesos (2)	Entre \$1.500 pesos y \$3.000 pesos (3)	Más de \$3.000 pesos (4)	Total
Q1: Hombre (A)	35,14% 26	37,84% 28	24,32% 18	2,70% 2 B	57,81% 74
Q1: Mujer (B)	38,89% 21	31,48% 17	16,67% 9	12,96% 7 A	42,19% 54
Total de encuestados	47	45	27	9	128

Estadísticas básicas ?					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	4,00	2,00	1,95	0,84
Q1: Mujer (B)	1,00	4,00	2,00	2,04	1,04

Análisis

Aunque la tendencia se mantiene al pago promedio entre los \$1.000 y \$1.500 pesos, definitivamente las mujeres son más amplias en cuanto a este ítem se refiere, ya que estarían dispuestas a pagar más de \$3.000 pesos por reservar servicios en estacionamientos en relación con los hombres.

Es factible ofrecer servicios adicionales pensados para el género femenino ya que muestran una predisposición mayor al pago por los mismos.

Ahora al realizar el análisis por rango de edad se tiene que:

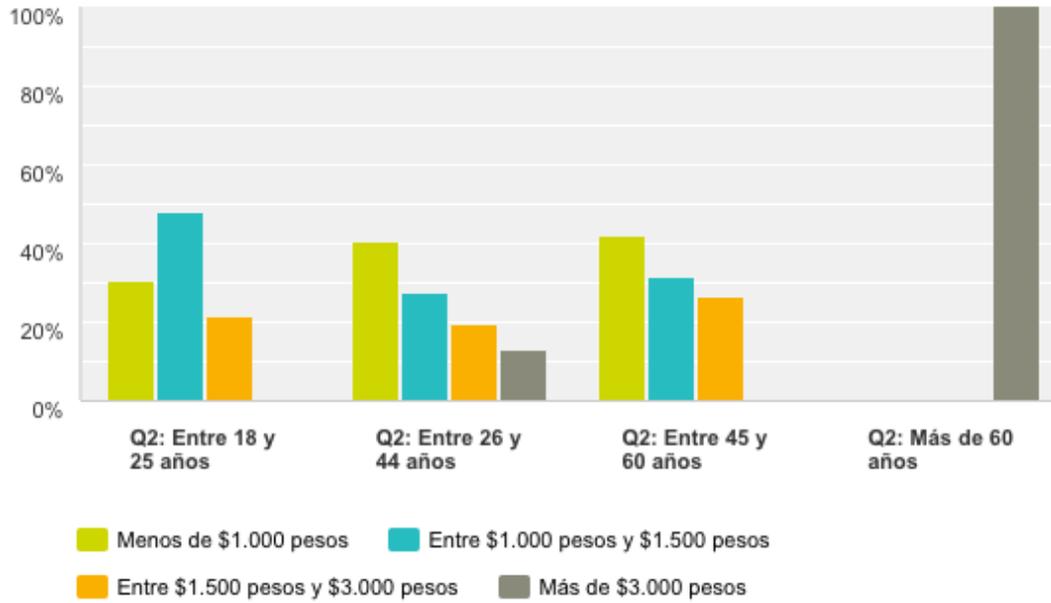


Figura 20. Distribución de la muestra según disposición a pagar por servicios adicionales por rango de edad

Tabla de resultados

	Menos de \$1.000 pesos (1)	Entre \$1.000 pesos y \$1.500 pesos (2)	Entre \$1.500 pesos y \$3.000 pesos (3)	Más de \$3.000 pesos (4)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	30,43% 14	47,83% 22 B	21,74% 10	0,00% 0 B	35,94% 46
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	40,32% 25	27,42% 17 A	19,35% 12	12,90% 8 A	48,44% 62
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	42,11% 8	31,58% 6	26,32% 5	0,00% 0	14,84% 19
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,78% 1
Total de encuestados	47	45	27	9	128

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	3,00	2,00	1,91	0,72
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	4,00	2,00	2,05	1,05
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	3,00	2,00	1,84	0,81
Q2: Más de 60 años (D)	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00

Análisis

Según el análisis del valor promedio, éste indica que en general para todos los rangos de edad el valor a pagar por la reserva de servicios adicionales será el que se encuentre entre los \$1.000 y \$1.500 pesos.

Los usuarios entre los 18 y 25 años es más probable que puedan pagar un valor entre los \$1.000 y \$1.500 pesos por la reserva de servicios adicionales.

Los usuarios entre los 26 y 44 años están dispuestos a pagar un valor mayor a los \$3.000 pesos por la reserva de servicios adicionales.

Un usuario entre los 45 y 60 años no estaría dispuesto a pagar más de \$3.000 pesos por la reserva de servicios adicionales.

Pregunta 13: ¿Normalmente cuál es la tarifa (pesos/min) que escoge al estacionar?

Respondieron: 158

Omitieron: 0



Figura 21. Distribución de la muestra según tarifa que se escoge al estacionar

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
De \$38 pesos/min (1)	24,68% 39
Entre \$39 pesos/min y \$48 pesos/min (2)	30,38% 48
Entre \$49 pesos/min y \$68 pesos/min (3)	26,58% 42
Entre \$69 pesos/min y \$78 pesos/min (4)	9,49% 15
Entre \$79 pesos/min y \$88 pesos/min (5)	4,43% 7
Entre \$89 pesos/min y \$95 pesos/min (6)	4,43% 7
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 6,00	Mediana 2,00	Media 2,52	Desviación estándar 1,32

Análisis

Existe una tendencia a buscar lugares cuyo precio por minuto sea relativamente económico, es decir entre los \$39 y \$48 pesos/min.

Al revisar la desviación estándar se puede observar ligeramente una dispersión de datos con relación a la media, para el cálculo del valor promedio (pesos/min) que los usuarios pudieron determinar se hará uso de la mediana, encontrando que típicamente un encuestado en promedio paga \$47 pesos/min.

Al realizar el análisis por genero se tiene que:



Figura 22. Distribución de la muestra según tarifa que se escoge al estacionar por genero

Tabla de resultados

	De \$38 pesos/min (1)	Entre \$39 pesos/min y \$48 pesos/min (2)	Entre \$49 pesos/min y \$68 pesos/min (3)	Entre \$69 pesos/min y \$78 pesos/min (4)	Entre \$79 pesos/min y \$88 pesos/min (5)	Entre \$89 pesos/min y \$95 pesos/min (6)	Total
Q1: Hombre (A)	20,22% 18	31,46% 28	28,09% 25	8,99% 8	4,49% 4	6,74% 6	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	30,43% 21	28,99% 20	24,64% 17	10,14% 7	4,35% 3	1,45% 1	43,67% 69
Total de encuestados	39	48	42	15	7	7	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	6,00	2,00	2,66	1,37
Q1: Mujer (B)	1,00	6,00	2,00	2,33	1,21

Análisis

Existe una ligera tendencia a que los hombres busquen estacionamientos donde se pague un poco más por el precio promedio del minuto con relación a las mujeres.

Ahora si se realiza el análisis teniendo en cuenta los rangos de edad, se tiene que:

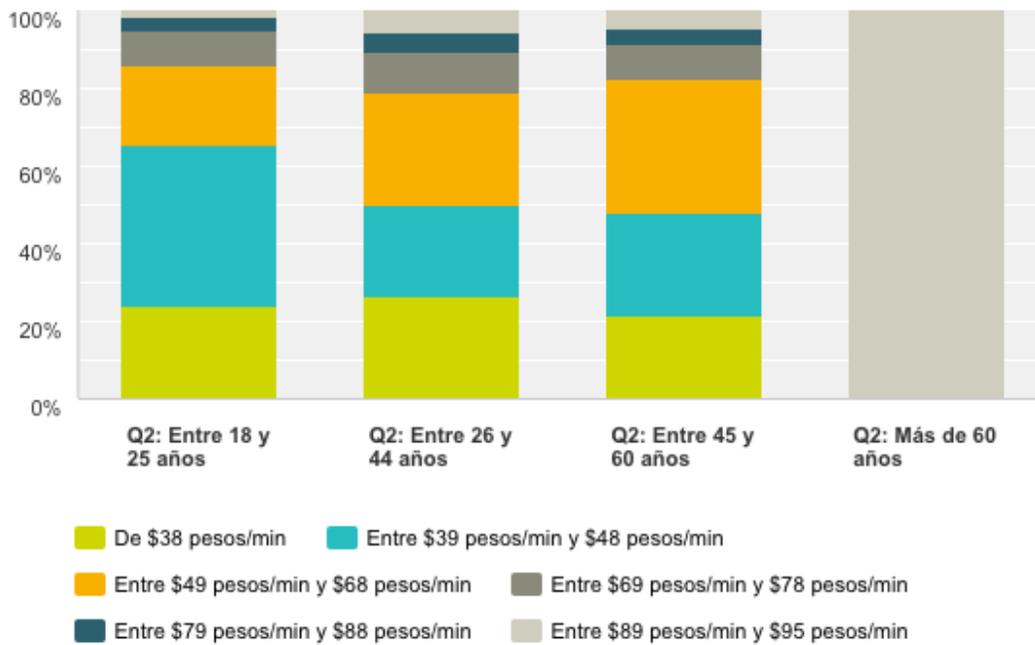


Figura 23. Distribución de la muestra según tarifa que se escoge al estacionar por rango de edad

Tabla de resultados

	De \$38 pesos/min (1)	Entre \$39 pesos/min y \$48 pesos/min (2)	Entre \$49 pesos/min y \$68 pesos/min (3)	Entre \$69 pesos/min y \$78 pesos/min (4)	Entre \$79 pesos/min y \$88 pesos/min (5)	Entre \$89 pesos/min y \$95 pesos/min (6)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	24,14% 14	41,38% 24 B	20,69% 12	8,62% 5	3,45% 2	1,72% 1	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	26,32% 20	23,68% 18 A	28,95% 22	10,53% 8	5,26% 4	5,26% 4	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	21,74% 5	26,09% 6	34,78% 8	8,70% 2	4,35% 1	4,35% 1	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,63% 1
Total de encuestados	39	48	42	15	7	7	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	6,00	2,00	2,31	1,13
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	6,00	2,50	2,61	1,39
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	6,00	3,00	2,61	1,28
Q2: Más de 60 años (D)	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00

Análisis

Definitivamente si un usuario esta entre los 18 y 25 años optará por elegir un estacionamiento donde el precio del minuto oscile entre los \$39 y \$48 pesos. En promedio pagara \$45 pesos/min.

Si un usuario esta entre los 26 y 44 años optará por elegir un estacionamiento donde el precio del minuto oscile entre los \$43 y \$58 pesos. En promedio pagara \$49 pesos/min.

Si un usuario esta entre los 45 y 60 años optará por elegir un estacionamiento donde el precio del minuto oscile entre los \$49 y \$68 pesos. En promedio pagara \$50 pesos/min.

En términos generales a mayor edad aumenta ligeramente el valor de escogencia del precio por minuto que se desea pagar.

Pregunta 14: ¿En promedio cuánto tiempo hace uso de un espacio de parqueadero?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

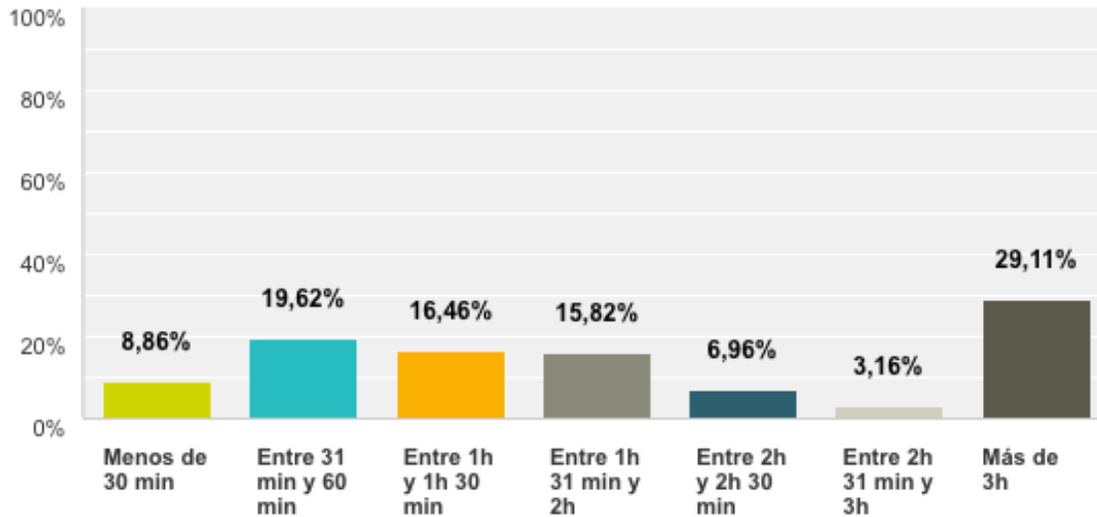


Figura 24. Distribución de la muestra según tiempo promedio de uso de un espacio de parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de 30 min (1)	8,86% 14
Entre 31 min y 60 min (2)	19,62% 31
Entre 1h y 1h 30 min (3)	16,46% 26
Entre 1h 31 min y 2h (4)	15,82% 25
Entre 2h y 2h 30 min (5)	6,96% 11
Entre 2h 31 min y 3h (6)	3,16% 5
Más de 3h (7)	29,11% 46
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 7,00	Mediana 4,00	Media 4,18	Desviación estándar 2,13

Análisis

Aunque la gran mayoría de los encuestados hace uso de más de 3 horas (29.11%) de un espacio de estacionamiento, la desviación estándar es muy alta, lo que indica que los datos se encuentren muy dispersos con relación al valor medio haciendo bajar significativamente el valor real del mismo.

Se toma entonces el valor de la mediana para realizar el cálculo del valor promedio, este valor oscilara entre 1 hora y 31 minutos y las 2 horas, siendo igual a 1.66 horas o lo que es lo mismo 1 hora y 40 minutos (100 minutos).

Si un usuario promedio demora 100 minutos ocupando un lugar de estacionamiento y paga en promedio \$47 pesos/min (análisis pregunta 13), entonces el costo de parquear rondaría los \$4.700 pesos.

En la pregunta 5 se analizó el promedio de gasto en parqueaderos al mes, este indico que era alrededor de los \$39.242 pesos. Si tomamos ese valor y lo dividimos en el costo promedio al parquear de \$4.700 pesos, nos da un valor de 8.35, esto significa que al mes por lo menos un usuario estaciona el vehículo 8 veces en un parqueadero.

Al analizar por genero se tiene que:

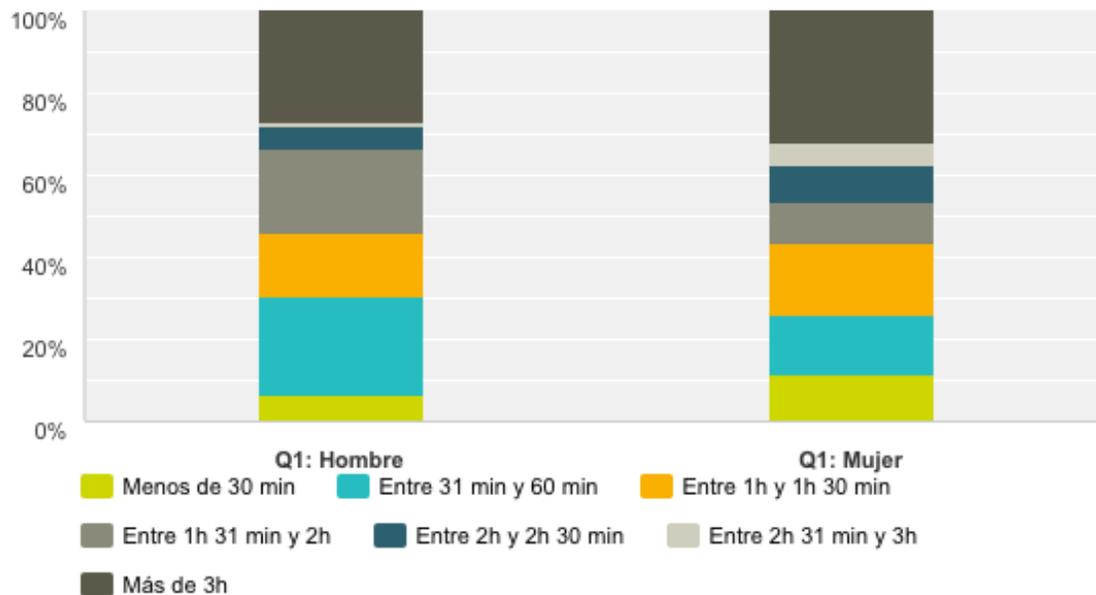


Figura 25. Distribución de la muestra según tiempo promedio de uso de un espacio de parqueadero por genero

Tabla de resultados

	Menos de 30 min (1)	Entre 31 min y 60 min (2)	Entre 1h y 1h 30 min (3)	Entre 1h 31 min y 2h (4)	Entre 2h y 2h 30 min (5)	Entre 2h 31 min y 3h (6)	Más de 3h (7)	Total
Q1: Hombre (A)	6,74% 6	23,60% 21	15,73% 14	20,22% 18	5,62% 5	1,12% 1	26,97% 24	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	11,59% 8	14,49% 10	17,39% 12	10,14% 7	8,70% 6	5,80% 4	31,88% 22	43,67% 69
Total de encuestados	14	31	26	25	11	5	46	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	7,00	4,00	4,06	2,06
Q1: Mujer (B)	1,00	7,00	4,00	4,35	2,21

Análisis

La tendencia no varía con relación al promedio general, pero se nota que las mujeres tienden a demorarse un poco más que los hombres cuando hacen uso de un espacio de estacionamiento.

Con respecto al rango de edad, no se evidencio cambios significativos o tendencias a considerar más allá del análisis general.

Pregunta 15: ¿Cuál de los siguientes dispositivos utiliza más para conectarse a internet?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

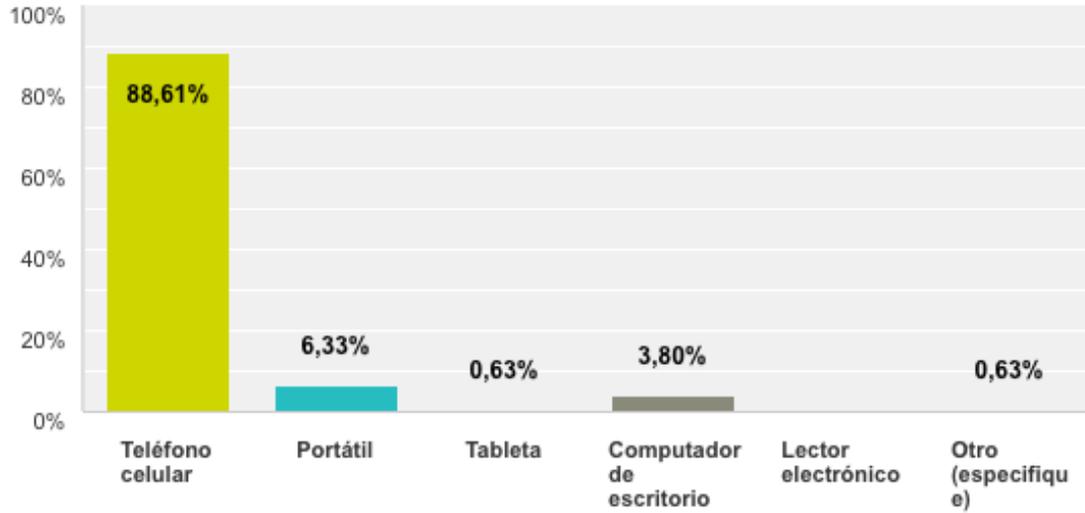


Figura 25. Distribución de la muestra según dispositivos más usados para conectarse a internet

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas	
▼ Teléfono celular (1)	88,61%	140
▼ Portátil (2)	6,33%	10
▼ Tableta (3)	0,63%	1
▼ Computador de escritorio (4)	3,80%	6
▼ Lector electrónico (5)	0,00%	0
▼ Otro (especifique) (6)	Respuestas 0,63%	1
Total		158

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 6,00	Mediana 1,00	Media 1,22	Desviación estándar 0,73

Análisis

Después de analizar la gráfica y las estadísticas se observa que con un categórico 88.61% correspondiente a 140 usuarios de 158 los cuales hacen uso de su teléfono celular para acceder a internet.

De lejos pero no por ello menos relevante lo sigue el equipo de cómputo portátil.

Nadie usa lectores electrónicos para acceder a internet y algunos hacen uso hasta de los televisores Smart Tv para tal fin.

Lo importante de esta tendencia es que al usuario final se le debe llegar con algún tipo de aplicación para su teléfono móvil ya que es el dispositivo con el cual más se conecta a internet e interactúa durante el día.

Pregunta 16: ¿Qué sistema operativo tiene su teléfono celular?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

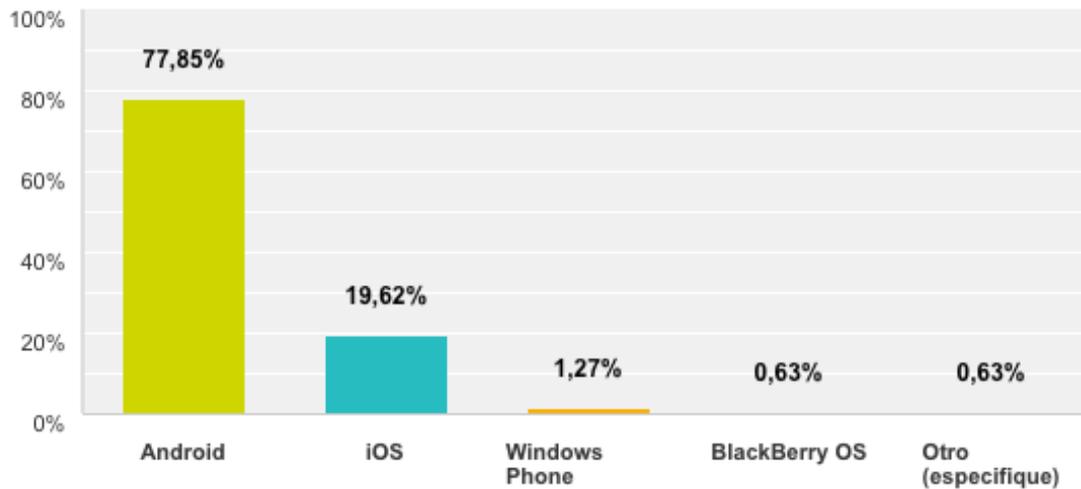


Figura 26. Distribución de la muestra según sistema operativo que posee el usuario

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas	
Android (1)	77,85%	123
iOS (2)	19,62%	31
Windows Phone (3)	1,27%	2
BlackBerry OS (4)	0,63%	1
Otro (especifique) (5)	0,63%	1
Total		158

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	5,00	1,00	1,27	0,58

Análisis

Al revisar las estadísticas se observa que los dos sistemas operativos por excelencia que poseen los usuarios en su dispositivo móvil son Android y iOS, siendo el sistema Android el que mayor representación tiene entre los usuarios con un 77.85%.

Una posible aplicación que interactúe con el usuario deberá entonces en primera medida funcionar sobre el sistema operativo Android y posteriormente ser desarrollada una versión para iOS.

Pregunta 17: ¿Por lo general, en su dispositivo móvil, accede a internet por medio de?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

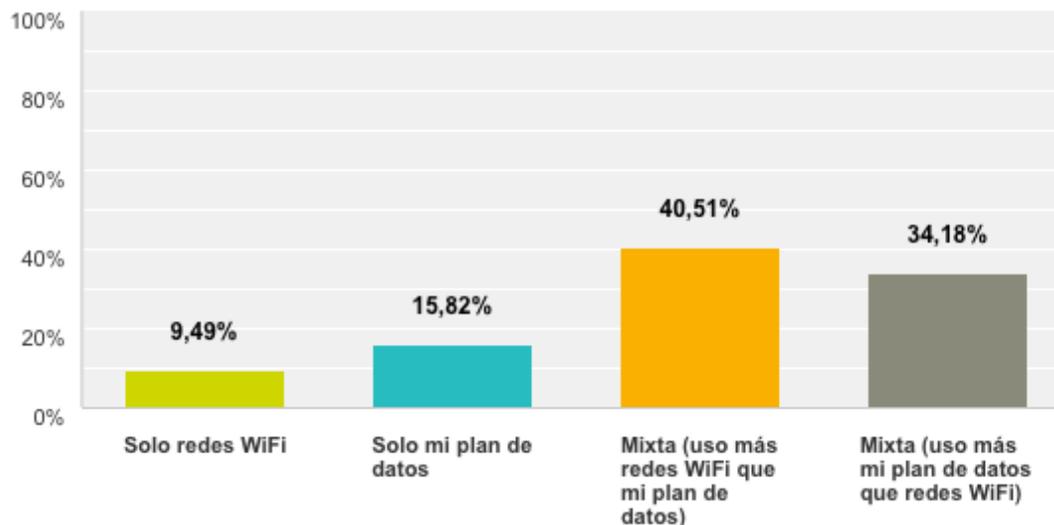


Figura 27. Distribución de la muestra según tecnología como acceden a internet los usuarios desde su teléfono móvil

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Solo redes WiFi (1)	9,49% 15
Solo mi plan de datos (2)	15,82% 25
Mixta (uso más redes WiFi que mi plan de datos) (3)	40,51% 64
Mixta (uso más mi plan de datos que redes WiFi) (4)	34,18% 54
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	4,00	3,00	2,99	0,94

Análisis

Las estadísticas indican que en general los usuarios mezclan las dos tecnologías al conectarse a internet (Wifi y plan de datos), pero muestran una tendencia a usar más las redes Wifi (40.51%) disponibles con relación al plan de datos que posea (34.18%).

Haciendo el análisis por genero se tiene que:

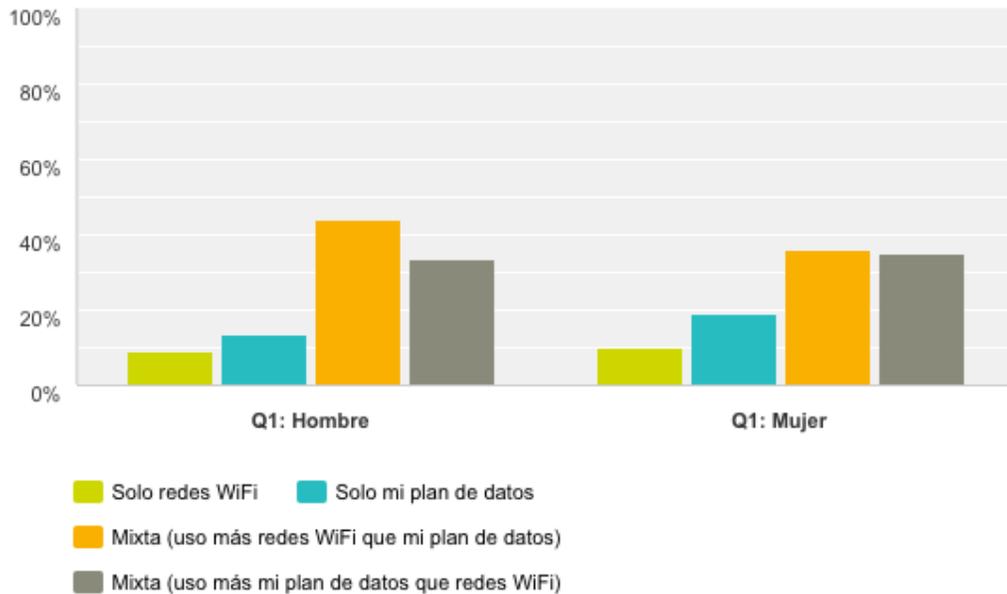


Figura 28. Distribución de la muestra según tecnología como acceden a internet los usuarios desde su teléfono móvil por genero

Tabla de resultados

	Solo redes WiFi (1)	Solo mi plan de datos (2)	Mixta (uso más redes WiFi que mi plan de datos) (3)	Mixta (uso más mi plan de datos que redes WiFi) (4)	Total
Q1: Hombre (A)	8,99% 8	13,48% 12	43,82% 39	33,71% 30	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	10,14% 7	18,84% 13	36,23% 25	34,78% 24	43,67% 69
Total de encuestados	15	25	64	54	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	4,00	3,00	3,02	0,91
Q1: Mujer (B)	1,00	4,00	3,00	2,96	0,97

Análisis

Al observar las estadísticas se evidencia una ligera tendencia a que los hombres elijan para conectarse a internet, como primera alternativa redes wifi y como segunda alternativa el plan de datos. Las mujeres al contrario prefieren el plan de datos por encima de las redes wifi.

Analizando con relación al rango de edad se tiene:

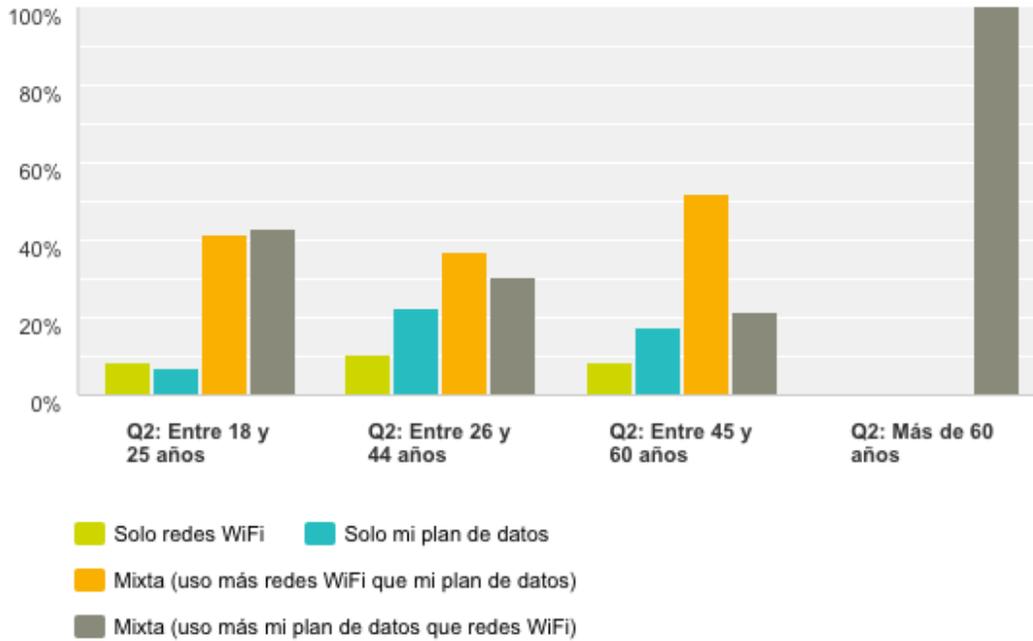


Figura 29. Distribución de la muestra según tecnología como acceden a internet los usuarios desde su teléfono móvil por rango de edad

Tabla de resultados

	Solo redes WiFi (1)	Solo mi plan de datos (2)	Mixta (uso más redes WiFi que mi plan de datos) (3)	Mixta (uso más mi plan de datos que redes WiFi) (4)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	8,62% 5	6,90% 4 B	41,38% 24	43,10% 25	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	10,53% 8	22,37% 17 A	36,84% 28	30,26% 23	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	8,70% 2	17,39% 4	52,17% 12	21,74% 5	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,63% 1
Total de encuestados	15	25	64	54	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	4,00	3,00	3,19	0,90
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	4,00	3,00	2,87	0,96
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	4,00	3,00	2,87	0,85
Q2: Más de 60 años (D)	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00

Análisis

Aunque la tendencia aún se mantenga de forma general en torno al uso mixto (wifi y plan de datos) para acceder a internet, al observar las estadísticas se logra evidenciar que:

- Entre los 18 y 25 años se prefiere las redes wifi para acceder a internet.
- Entre los 26 y 44 años se prefiere el plan de datos para el acceso a internet.
- Entre los 45 y 60 años se eligen en primera instancia las redes wifi seguido del plan de datos.
- Más allá de los 60 años no hay una muestra significativa para lograr concluir algo al respecto.

Pregunta 18: ¿Qué capacidad maneja el plan de datos de su teléfono celular?

Respondieron: 158

Omitieron: 0

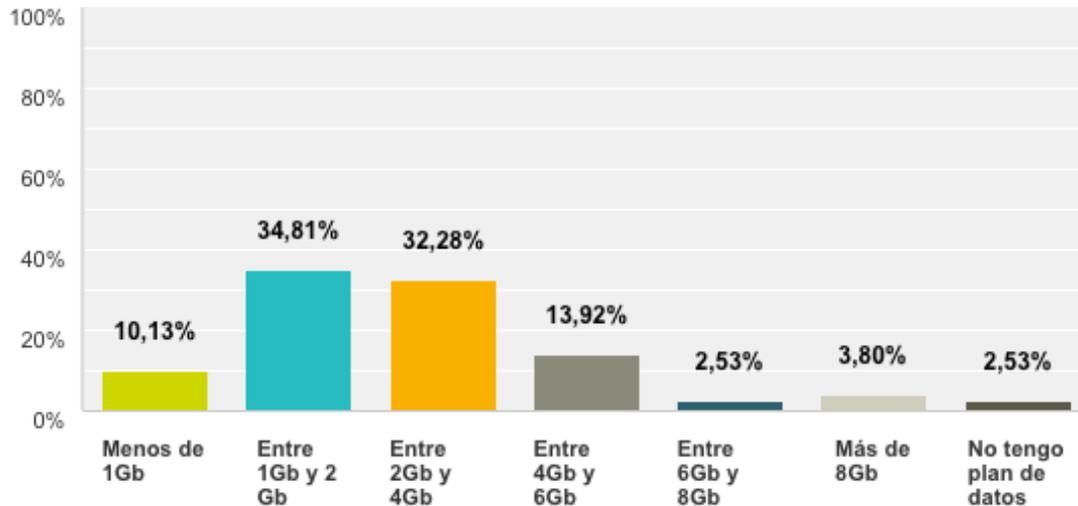


Figura 30. Distribución de la muestra según capacidad del plan de datos

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de 1Gb (1)	10,13% 16
Entre 1Gb y 2 Gb (2)	34,81% 55
Entre 2Gb y 4Gb (3)	32,28% 51
Entre 4Gb y 6Gb (4)	13,92% 22
Entre 6Gb y 8Gb (5)	2,53% 4
Más de 8Gb (6)	3,80% 6
No tengo plan de datos (7)	2,53% 4
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	7,00	3,00	2,85	1,31

Análisis

Dada la alta desviación estándar, evidencia dispersión en los datos, entonces dado el valor de la mediana se puede decir que en promedio los usuarios tienen un plan de datos con una capacidad entre los 2Gb y los 4Gb, aunque la gran mayoría 34.81% tenga un plan de datos de menor capacidad (1Gb y 2Gb).

Al realizar el mismo análisis por genero se tiene que:

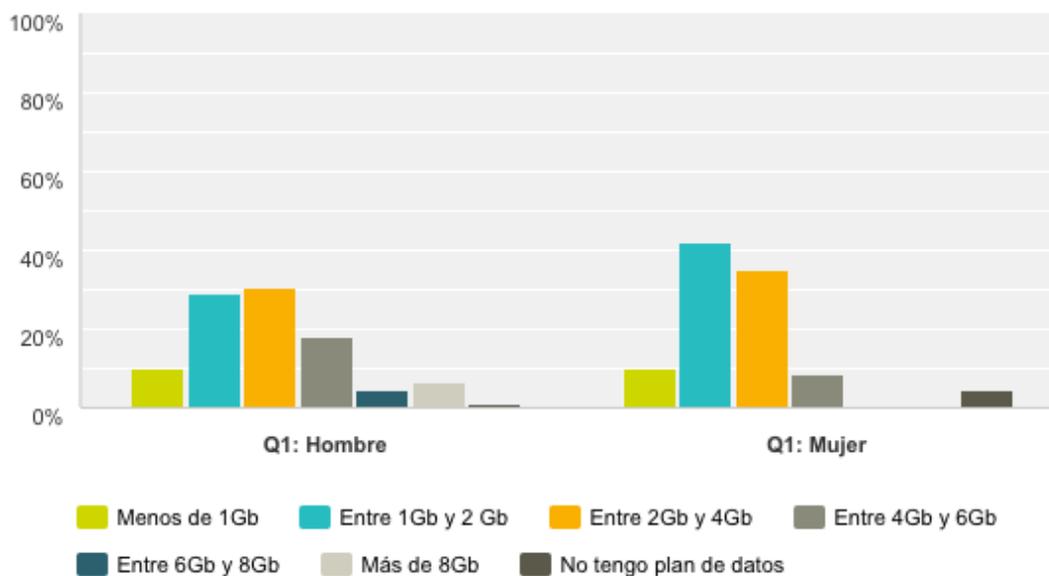


Figura 31. Distribución de la muestra según capacidad del plan de datos por genero

Tabla de resultados

	Menos de 1Gb (1)	Entre 1Gb y 2 Gb (2)	Entre 2Gb y 4Gb (3)	Entre 4Gb y 6Gb (4)	Entre 6Gb y 8Gb (5)	Más de 8Gb (6)	No tengo plan de datos (7)	Total
Q1: Hombre (A)	10,11% 9	29,21% 26	30,34% 27	17,98% 16	4,49% 4	6,74% 6 B	1,12% 1	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	10,14% 7	42,03% 29	34,78% 24	8,70% 6	0,00% 0	0,00% 0 A	4,35% 3	43,67% 69
Total de encuestados	16	55	51	22	4	6	4	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	7,00	3,00	3,02	1,36
Q1: Mujer (B)	1,00	7,00	2,00	2,64	1,22

Análisis

Teniendo en cuenta las estadísticas, la mediana ubica una tendencia a que las mujeres tengan un plan de datos con una capacidad entre 1Gb y 2Gb, los hombres cuentan con un plan de datos de 2Gb y 4Gb.

Ninguna mujer tiene un plan de datos con capacidad mayor a 6Gb.

Por último, se analiza por rango de edad:

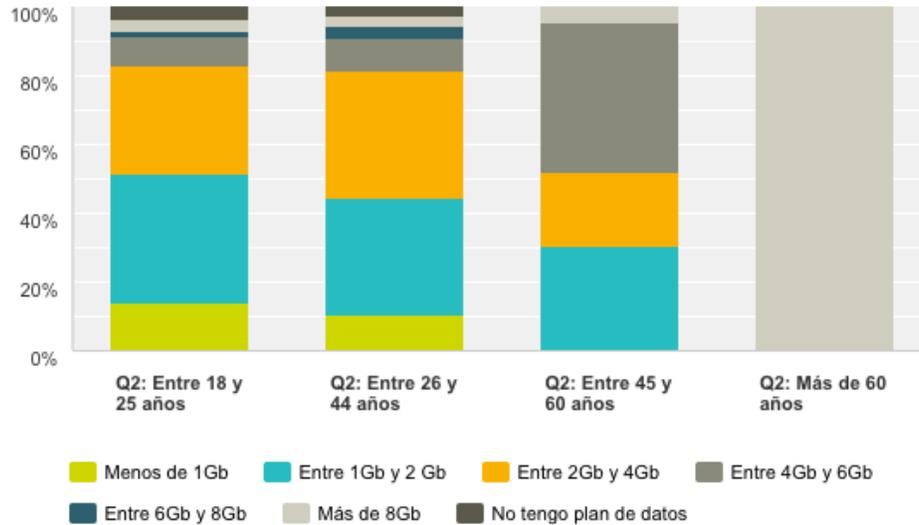


Figura 32. Distribución de la muestra según capacidad del plan de datos por rango de edad

Tabal de resultados

	Menos de 1Gb (1)	Entre 1Gb y 2 Gb (2)	Entre 2Gb y 4Gb (3)	Entre 4Gb y 6Gb (4)	Entre 6Gb y 8Gb (5)	Más de 8Gb (6)	No tengo plan de datos (7)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	13,79% 8	37,93% 22	31,03% 18	8,62% 5	1,72% 1	3,45% 2	3,45% 2	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	10,53% 8	34,21% 26	36,84% 28	9,21% 7	3,95% 3	2,63% 2	2,63% 2	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	0,00% 0	30,43% 7	21,74% 5	43,48% 10	0,00% 0	4,35% 1	0,00% 0	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	100,00% 1	0,00% 0	0,63% 1
Total de encuestados	16	55	51	22	4	6	4	158

Estadísticas básicas ?					
	Minimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	7,00	2,00	2,71	1,36
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	7,00	3,00	2,80	1,28
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	2,00	6,00	3,00	3,26	1,03
Q2: Más de 60 años (D)	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00

Análisis

Al analizar las estadísticas se evidencia que:

- Dada la ubicación de la clase según el cálculo de la mediana para los usuarios entre los 18 y 25 años, indica que estos poseen planes de datos con una capacidad entre 1Gb y 2Gb.
- Dada la ubicación de la clase según el cálculo de la mediana para los usuarios entre los 26 y 60 años, indica que estos poseen planes de datos con una capacidad entre 2Gb y 4Gb.
- A medida que el usuario aumenta de edad, también aumenta la capacidad de datos que contrata para su teléfono móvil celular.

Pregunta 19: ¿Hace uso de aplicaciones móviles en tu teléfono celular que le permitan organizar su viaje al movilizarse por su ciudad? (Ejemplo: Waze, Google maps, Moovit, CityParking, entre otros).

Respondieron: 158
Omitieron: 0

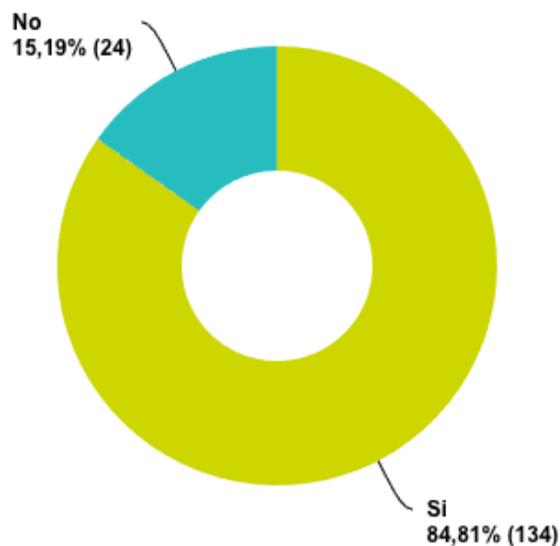


Figura 33. Distribución de la muestra según uso de aplicaciones para movilizarse por la ciudad

Tabal de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	84,81% 134
No (2)	15,19% 24
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 2,00	Mediana 1,00	Media 1,15	Desviación estándar 0,36

Análisis

Con un valor de desviación estándar bajo, indicando una alta concentración de datos hacia el valor medio, y con un porcentaje del 84.81%, se puede concluir que los usuarios si hacen uso de aplicaciones móviles que les permitan conocer el estado de la ciudad para poder moverse en ella.

Pregunta 20: ¿Maneja pagos virtuales por medio de billeteras digitales? (Ejemplo: Aval pay, Bancolombia virtual, Tarjetas de crédito, entre otros).

Respondieron: 158

Omitieron: 0

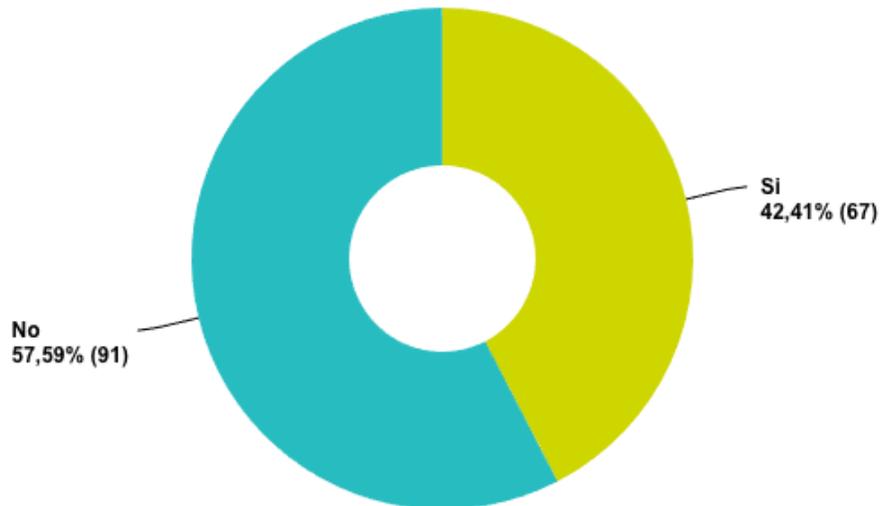


Figura 34. Distribución de la muestra según manejo de pagos virtuales

Tabal de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	42,41% 67
No (2)	57,59% 91
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 2,00	Mediana 2,00	Media 1,58	Desviación estándar 0,49

Análisis

Una primera aproximación indica que hay una cultura de pago por medio de canales virtuales un poco incipiente. Pero debido a la cercanía entre los 2 porcentajes, se puede decir que hasta ahora se está masificando este tipo de tendencia de pago virtual por productos o servicios.

Al interpretar el valor medio, dada la concentración de datos a su alrededor en gran parte por el bajo valor de la desviación estándar, está bien decir que, aunque la gran mayoría de usuarios no haga uso ahora de este tipo de tecnologías se nota una fuerte tendencia a que la gran mayoría de transacciones económicas se realicen por medios virtuales.

Al analizar el mismo criterio por genero se tienen que:

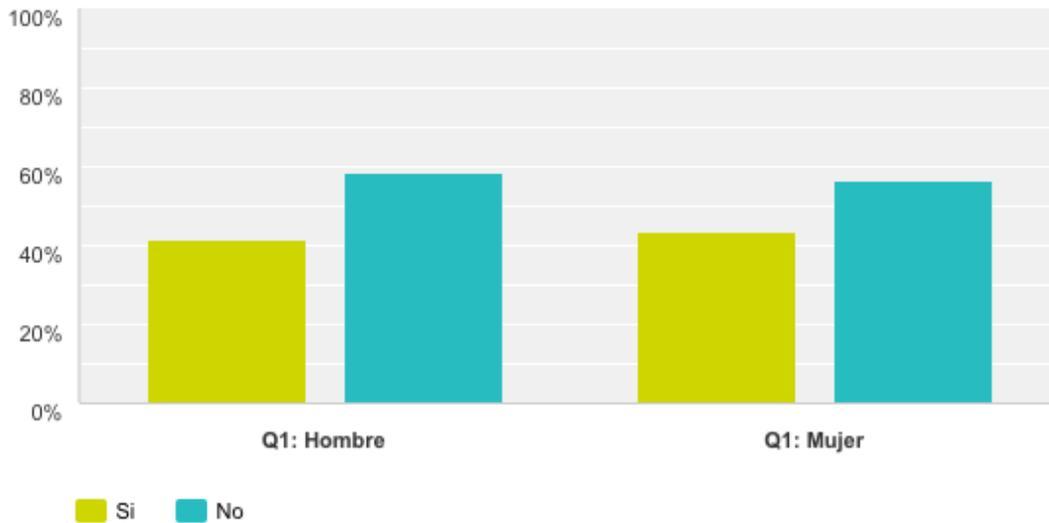


Figura 35. Distribución de la muestra según manejo de pagos virtuales por genero

Tabal de resultados

	Si (1)	No (2)	Total
Q1: Hombre (A)	41,57% 37	58,43% 52	56,33% 89
Q1: Mujer (B)	43,48% 30	56,52% 39	43,67% 69
Total de encuestados	67	91	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q1: Hombre (A)	1,00	2,00	2,00	1,58	0,49
Q1: Mujer (B)	1,00	2,00	2,00	1,57	0,50

Análisis

La tabla de resultados no muestra diferencias significativas de tendencia positiva o negativa para realizar pagos virtuales dado el género. Tan solo se puede evidenciar un ligero aumento en el porcentaje de uso de este tipo de tecnologías si se es mujer, pero no es concluyente.

Por último, al analizar por rango de edad se obtiene que:

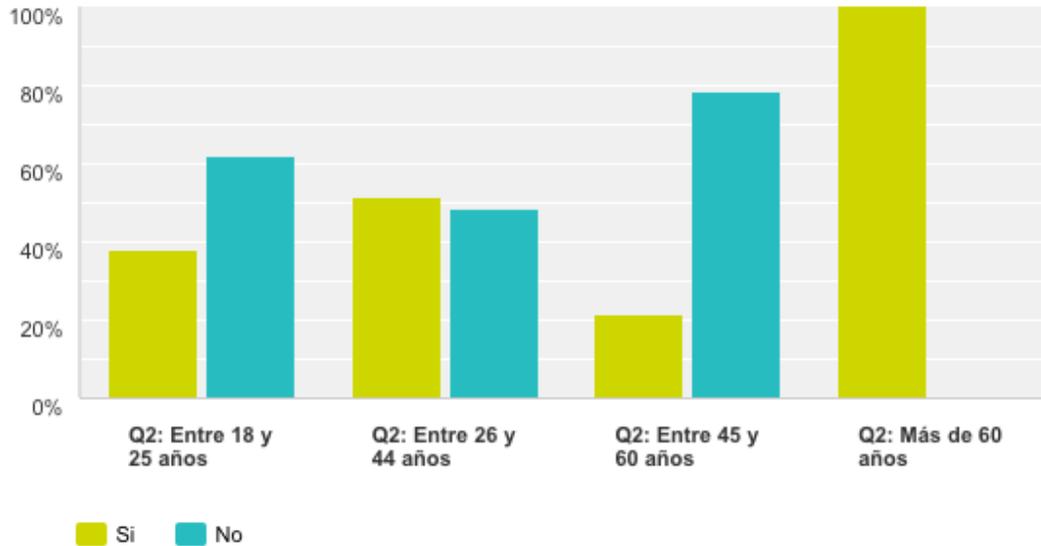


Figura 36. Distribución de la muestra según manejo de pagos virtuales por rango de edad

Tabal de resultados

	Si (1)	No (2)	Total
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	37,93% 22	62,07% 36	36,71% 58
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	51,32% 39	48,68% 37	48,10% 76
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	21,74% 5	78,26% 18	14,56% 23
Q2: Más de 60 años (D)	100,00% 1	0,00% 0	0,63% 1
Total de encuestados	67	91	158

Estadísticas básicas					
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
Q2: Entre 18 y 25 años (A)	1,00	2,00	2,00	1,62	0,49
Q2: Entre 26 y 44 años (B)	1,00	2,00	1,00	1,49	0,50
Q2: Entre 45 y 60 años (C)	1,00	2,00	2,00	1,78	0,41
Q2: Más de 60 años (D)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Análisis

Aunque la tendencia general no se vea muy afectada, las estadísticas indican que:

- Definitivamente entre los 45 y 60 años no se hace uso de pagos virtuales por medio de billeteras digitales.
- Entre los 26 y 44 años si hay una tendencia a realizar pagos de productos y servicios por medio de canales virtuales.
- Entre los 18 y 25 años, aunque manifiesten no hacer pagos por medio de canales virtuales denota un crecimiento hacia el uso positivo de los mismos en un futuro cercano.

Pregunta 21: ¿Integra tecnologías móviles de comunicación en su vehículo? (Ejemplo: Chevystar, Sync3 (MyFord Touch), entre otros).

Respondieron: 158

Omitieron: 0

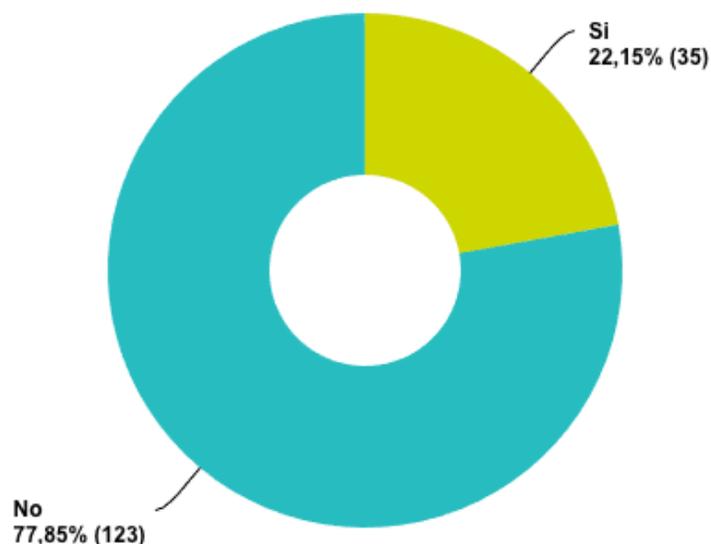


Figura 37. Distribución de la muestra según integración de tecnologías móviles en el vehículo

Tabal de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	22,15% 35
No (2)	77,85% 123
Total	158

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 2,00	Mediana 2,00	Media 1,78	Desviación estándar 0,42

Análisis

Según las respuestas suministradas y el análisis de las estadísticas, se puede concluir que hay una fuerte tendencia a no (77.85%) hacer uso de tecnologías móviles integradas en los vehículos.

Sección B: Análisis de datos de la encuesta de caracterización de los administradores de parqueaderos de la ciudad de Bogotá.

Pregunta 1: ¿Desde que horas presta servicio el parqueadero?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

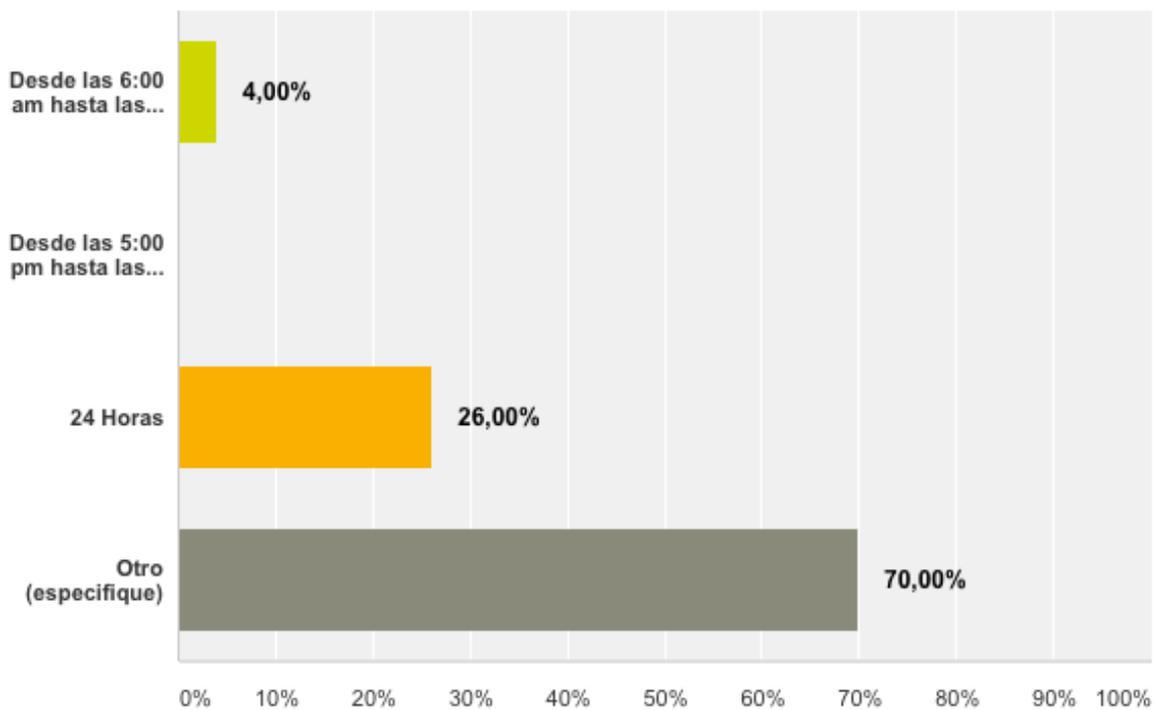


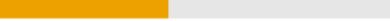
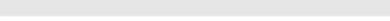
Figura 38. Distribución de la muestra según horario de servicio de un parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Desde las 6:00 am hasta las 5:00 pm (1)	4,00% 2
Desde las 5:00 pm hasta las 6:00 am (2)	0,00% 0
24 Horas (3)	26,00% 13
Otro (especifique) (4) Respuestas	70,00% 35

Respuestas (35)	Análisis de texto	Mis categorías (2)
+ Nueva categoría	Buscar respuestas	?

Mostrando 2 categorías personalizadas

Hasta 15h continuas		57,14%	20
Ver todo • Editar • Eliminar			
Más de 15h hasta 23h		42,86%	15
Ver todo • Editar • Eliminar			
Sin categorizar		0%	0
Ver todo			

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	4,00	4,00	3,62	0,69

Análisis

Con un 70.00% (35/50 parqueaderos) de las muestras recopiladas, queda claro que existe una gran diversidad de horarios de funcionamiento de los parqueaderos encuestados.

De los 35 parqueaderos de esta muestra cabe resaltar que el horario de funcionamiento por el cual se pregunto fue de lunes a viernes.

De estos 35 parqueaderos, 20 (57.14%) operan hasta 15 horas seguidas, 15 (42.86%) operan entre las 15 y las 23 horas. Es decir que en promedio un parqueadero opera entre las 12 y 18 horas. Típicamente 15 horas.

Los horarios varían según la zona donde se ubique el parqueadero, es decir, si es una zona con alta oferta comercial o de diversión, tienden a ser estacionamientos que pueden llegar a operar entre las 15 y 24 horas. Mientras que los parqueaderos ubicados en zonas estudiantiles tienden a operar hasta entre las 12 y 15 horas.

Pregunta 2: ¿Cuál es la tarifa para vehículos?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

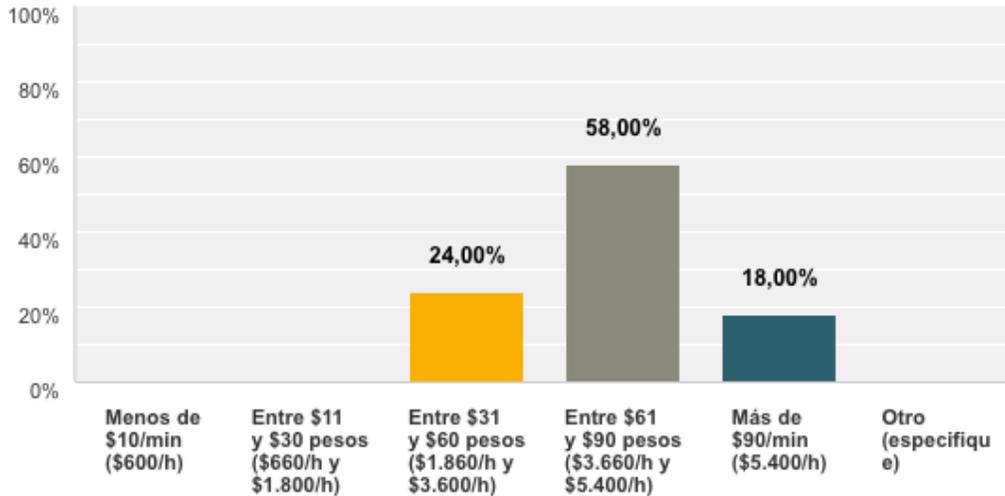


Figura 39. Distribución de la muestra según tarifa por minuto para vehículos

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de \$10/min (\$600/h) (1)	0,00% 0
Entre \$11 y \$30 pesos (\$660/h y \$1.800/h) (2)	0,00% 0
Entre \$31 y \$60 pesos (\$1.860/h y \$3.600/h) (3)	24,00% 12
Entre \$61 y \$90 pesos (\$3.660/h y \$5.400/h) (4)	58,00% 29
Más de \$90/min (\$5.400/h) (5)	18,00% 9
Otro (especifique) (6)	Respuestas 0,00% 0
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo 3,00	Máximo 5,00	Mediana 4,00	Media 3,94	Desviación estándar 0,65

Análisis

Con una desviación estándar aceptable, y el valor de la mediana y la media muy cercanos, se puede decir que el valor por minuto en un parqueadero típico oscila entre los \$61 y \$90 pesos. Siendo el valor promedio aproximado de \$74 pesos/min.

Pregunta 3: ¿Maneja tarifa plana?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

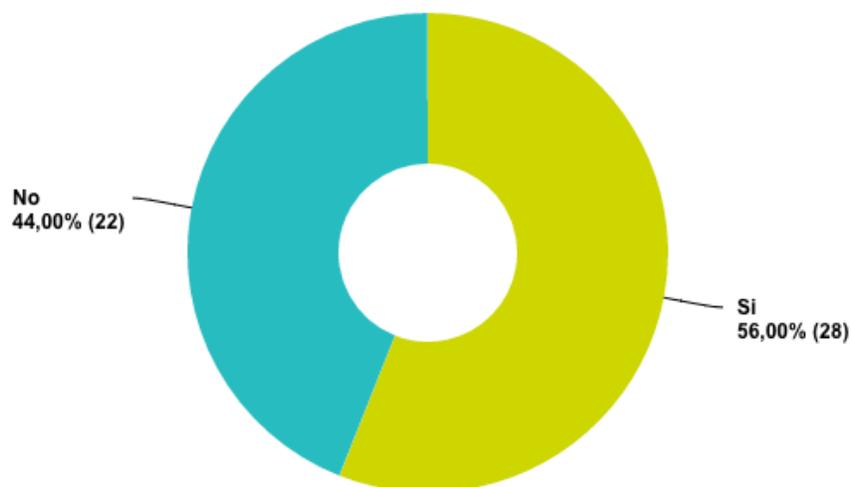


Figura 40. Distribución de la muestra según manejo de tarifa plana

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	56,00% 28
No (2)	44,00% 22
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	1,00	1,44	0,50

Análisis

En un porcentaje muy dividido (56.00%), logra preponderar por poco el manejo de la tarifa plana. Teniendo como referencia que, a menor precio del minuto del parqueadero este tiende a manejar tarifa plana.

Pregunta 4: ¿A partir de cuantas horas se cobra la tarifa plana?

Respondieron: 28

Omitieron: 22

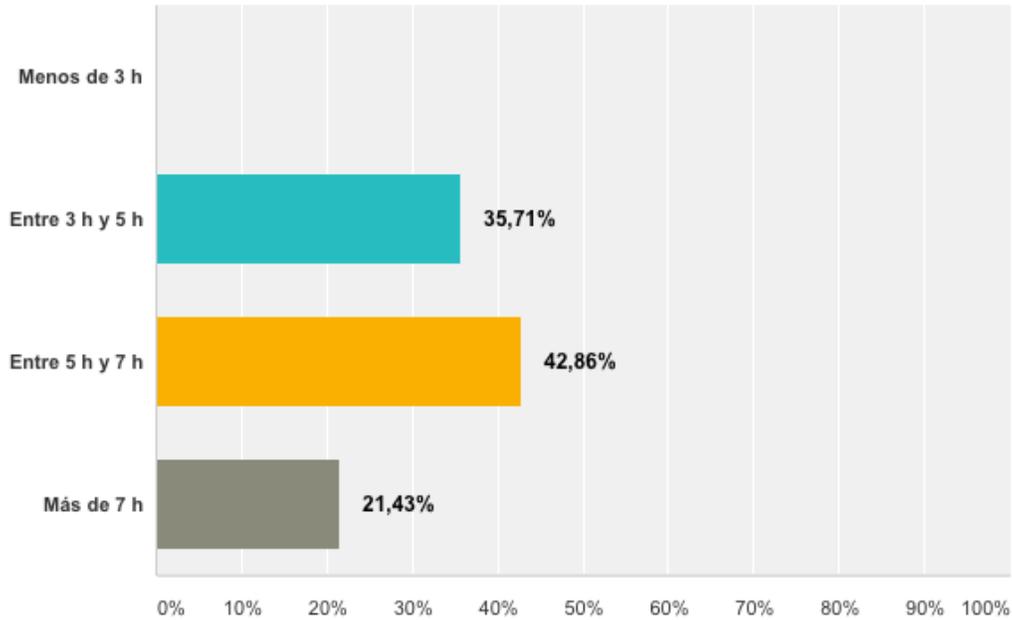


Figura 41. Distribución de la muestra según hora a partir de la cual se cobra la tarifa plana

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de 3 h (1)	0,00% 0
Entre 3 h y 5 h (2)	35,71% 10
Entre 5 h y 7 h (3)	42,86% 12
Más de 7 h (4)	21,43% 6
Total	28

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
2,00	4,00	3,00	2,86	0,74

Análisis

En promedio, la tarifa plana en un parqueadero comienza a regir en el intervalo entre las 5 y 7 horas. Siendo aproximadamente las 6 horas continuas ocupando un espacio en el parqueadero el tiempo promedio a partir del cual se le cobra una tarifa plana a un cliente.

Pregunta 5: ¿En que intervalo de precio se encuentra la tarifa plena de parqueo después de un determinado número de horas?

Respondieron: 28

Omitieron: 22

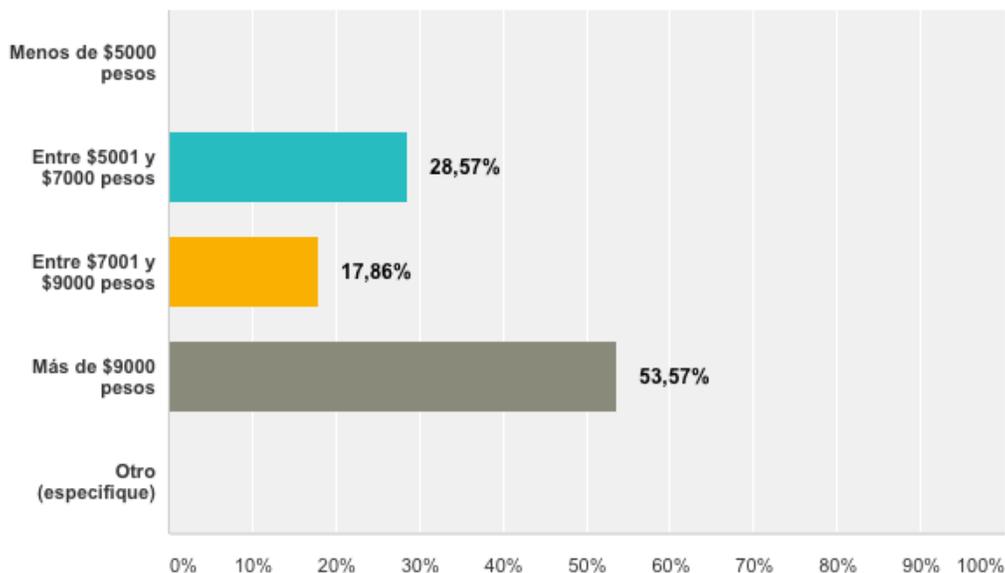


Figura 42. Distribución de la muestra según intervalo de precio en el cual se cobra la tarifa plana

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de \$5000 pesos (1)	0,00% 0
Entre \$5001 y \$7000 pesos (2)	28,57% 8
Entre \$7001 y \$9000 pesos (3)	17,86% 5
Más de \$9000 pesos (4)	53,57% 15
Otro (especifique) (5)	Respuestas 0,00% 0
Total	
28	

Estadísticas básicas				
Mínimo 2,00	Máximo 4,00	Mediana 4,00	Media 3,25	Desviación estándar 0,87

Comparando precio del minuto del parqueadero y su relación con el valor de la tarifa plana.

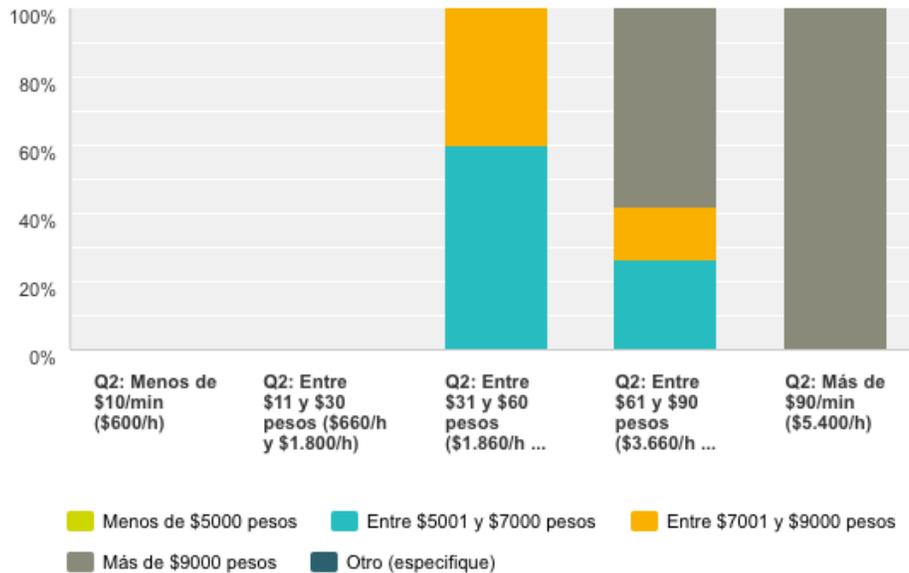


Figura 42. Distribución de la muestra según intervalo de precio en el cual se cobra la tarifa plana con relación al cobro del minuto en el parqueadero

Tabla de resultados

Estadísticas básicas						
	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar	
Q2: Menos de \$10/min (\$600/h) (A)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Q2: Entre \$11 y \$30 pesos (\$660/h y \$1.800/h) (B)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Q2: Entre \$31 y \$60 pesos (\$1.860/h y \$3.600/h) (C)	2,00	3,00	2,00	2,40	0,49	
Q2: Entre \$61 y \$90 pesos (\$3.660/h y \$5.400/h) (D)	2,00	4,00	4,00	3,32	0,86	
Q2: Más de \$90/min (\$5.400/h) (E)	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00	

Análisis

En ningún caso se cobra una tarifa plana menor a los \$5.000 pesos. Por el contrario, en promedio se cobra un valor superior a los \$9.000 pesos. Siendo el valor medio igual a \$10.000 pesos. Existe una tendencia a que los parqueaderos con el valor del cobro por minuto más económico opten por dejar una tarifa plana entre el rango de los \$5.000 y \$7.000 pesos. Es decir, a medida que el valor del minuto sea mayor y si el parqueadero maneja una tarifa plana, éste tendera a cobrar más de \$9.000 pesos por este servicio prestado.

Pregunta 6: ¿Cuántos trabajadores laboran directamente en el parqueadero?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

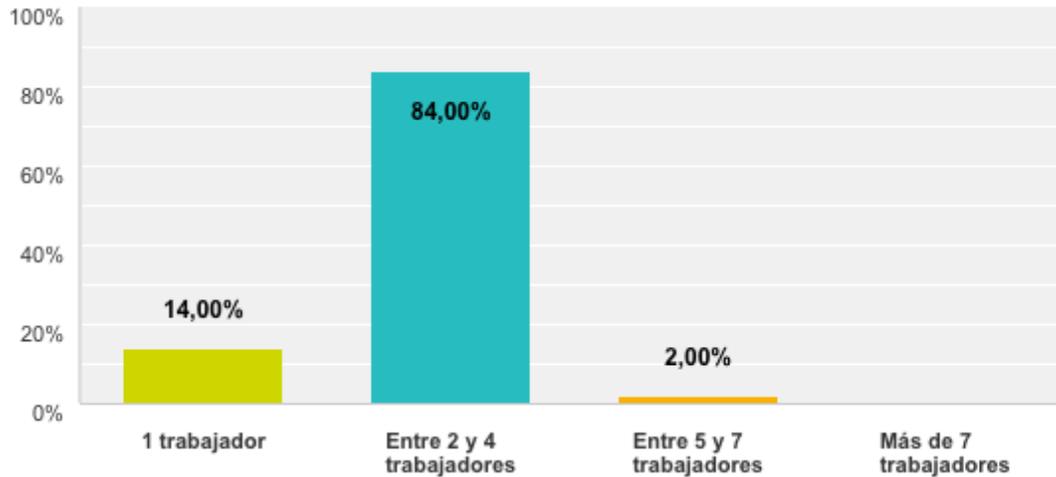


Figura 43. Distribución de la muestra según cantidad de empleados directos en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
1 trabajador (1)	14,00% 7
Entre 2 y 4 trabajadores (2)	84,00% 42
Entre 5 y 7 trabajadores (3)	2,00% 1
Más de 7 trabajadores (4)	0,00% 0
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	3,00	2,00	1,88	0,38

Análisis

Ningún administrador encuestado tiene laborando más de 7 trabajadores en su parqueadero, por el contrario, el 84% de los encuestados coincide en tener entre 2 y 4 empleados. El valor promedio de empleados en un parqueadero sería de 3.

Pregunta 7: ¿Cuántos cupos disponibles tiene el parqueadero que usted administra?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

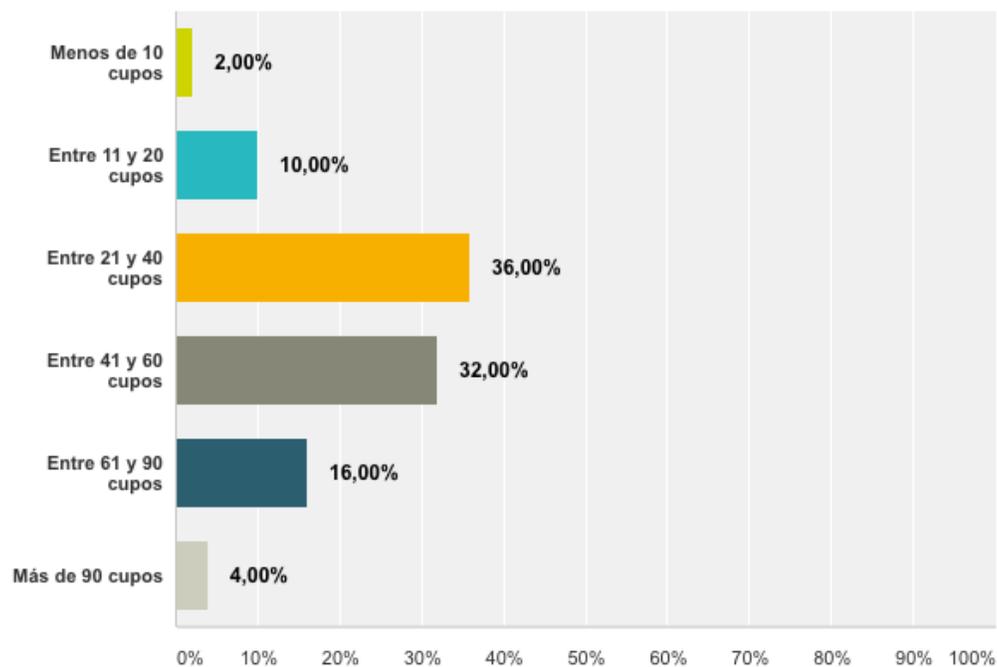


Figura 44. Distribución de la muestra según cupos disponibles en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de 10 cupos (1)	2,00% 1
Entre 11 y 20 cupos (2)	10,00% 5
Entre 21 y 40 cupos (3)	36,00% 18
Entre 41 y 60 cupos (4)	32,00% 16
Entre 61 y 90 cupos (5)	16,00% 8
Más de 90 cupos (6)	4,00% 2
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	6,00	4,00	3,62	1,06

Análisis

El 66% de los administradores encuestados tienen una disponibilidad entre los 21 y 60 cupos. Siendo el valor promedio igual a 42 cupos en un parqueadero típico.

Pregunta 8: ¿Para qué tipo de vehículo está diseñado los espacios del parqueadero?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

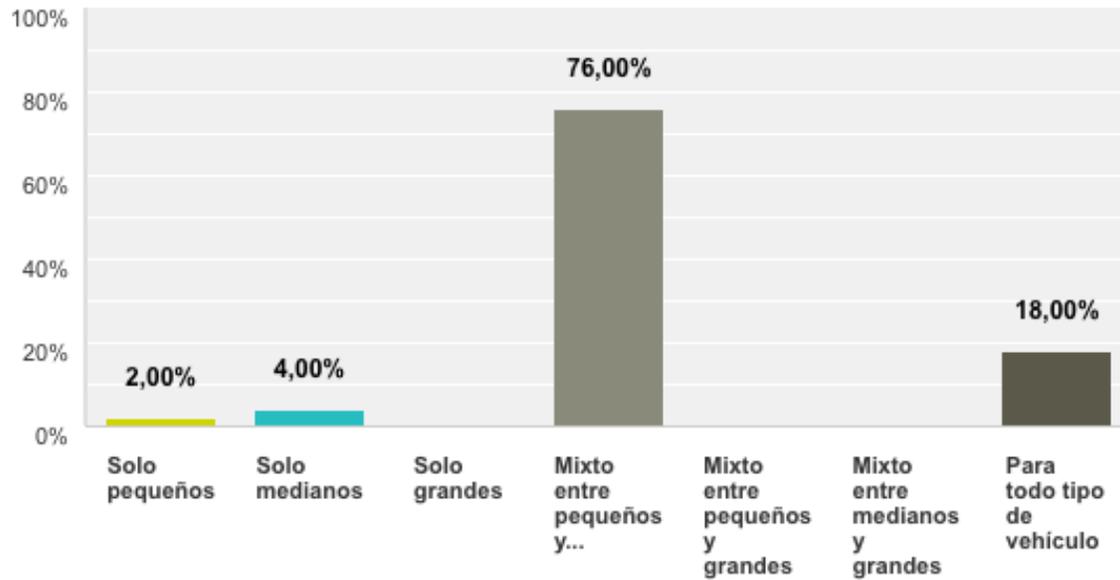


Figura 45. Distribución de la muestra según diseño de los espacios según tipo de vehículo en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
▼ Solo pequeños (1)	2,00% 1
▼ Solo medianos (2)	4,00% 2
▼ Solo grandes (3)	0,00% 0
▼ Mixto entre pequeños y medianos (4)	76,00% 38
▼ Mixto entre pequeños y grandes (5)	0,00% 0
▼ Mixto entre medianos y grandes (6)	0,00% 0
▼ Para todo tipo de vehículo (7)	18,00% 9
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 7,00	Mediana 4,00	Media 4,40	Desviación estándar 1,34

Análisis

Con porcentaje bastante superior (76%) con relación a las demás opciones, el diseño típico de un parqueadero permite estacionar vehículos de pequeña y mediana envergadura. Existe una gran dispersión de datos debido a que 3 de las 7 posibles combinaciones no registraron ningún conteo más allá del promedio claramente definido.

Pregunta 9: ¿Qué porcentaje del cupo total se destina a personas con discapacidad?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

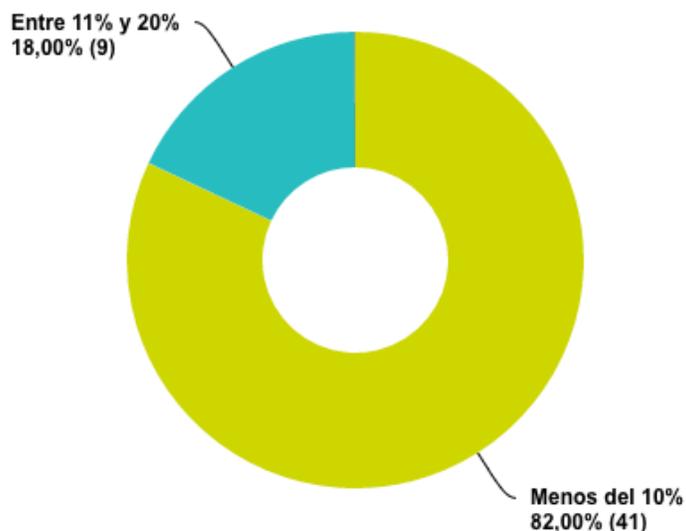


Figura 45. Distribución de la muestra según porcentaje de cupos a personas con discapacidad presentes en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos del 10% (1)	82,00% 41
Entre 11% y 20% (2)	18,00% 9
Entre 21% y 30% (3)	0,00% 0
Entre 31% y 50% (4)	0,00% 0
Más del 51% (5)	0,00% 0
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	1,00	1,18	0,38

Análisis

Con un 82%, los administradores manifiestan tener menos del 10% de sus cupos disponibles para personas en condición de discapacidad. Es decir que, si en promedio un parqueadero típico tiene 42 cupos y de forma optimista el administrador reserva el 10% de ellos a personas discapacitadas, indica entonces que máximo hay 4 cupos disponibles para este tipo de población. Siendo este un escenario hipotético, ya que mediante la observación durante la realización de las encuestas no se evidencio la disponibilidad de por lo menos este valor en algunos parqueaderos.

Pregunta 10: ¿Las áreas de circulación que conectan los sitios de parqueo las categoriza cómo?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

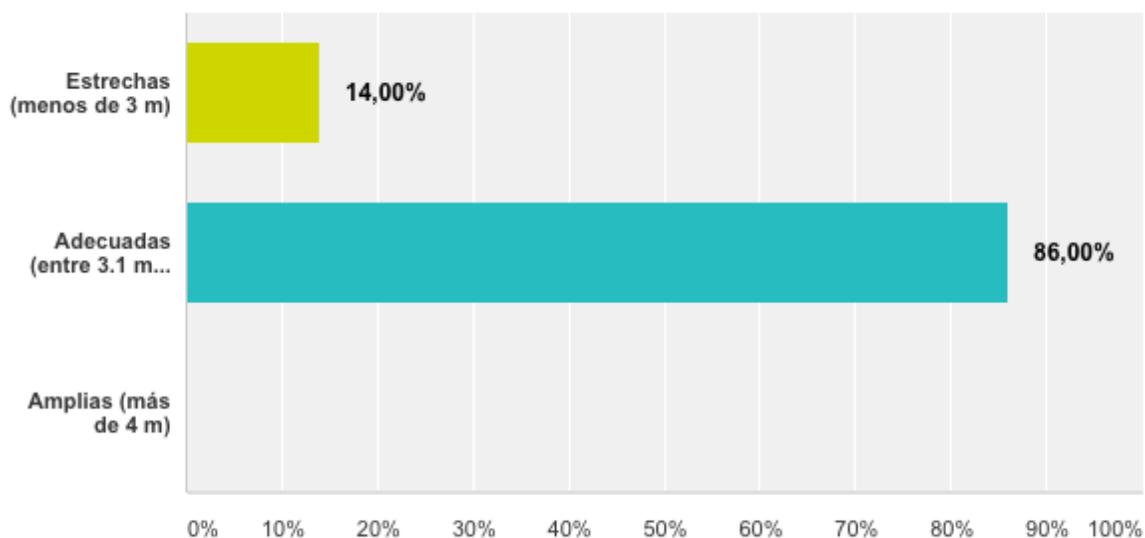


Figura 46. Distribución de la muestra según categorización de las áreas de circulación en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Estrechas (menos de 3 m) (1)	14,00% 7
Adecuadas (entre 3.1 m y 4 m) (2)	86,00% 43
Amplias (más de 4 m) (3)	0,00% 0
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo 1,00	Máximo 2,00	Mediana 2,00	Media 1,86	Desviación estándar 0,35

Análisis

El 86% de los encuestados considera las áreas de circulación al interior del parqueadero son adecuadas (entre 3.1 m y 4 m), el 14% de los encuestados que consideran las áreas de circulación estrechas, son aquellos que manejan menos de 20 cupos en el parqueadero que administran. Ninguno de los administradores encuestados consideró las áreas de parqueo amplias.

Pregunta 11: ¿Cuánto en promedio se demora un espacio de parqueadero ocupado?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

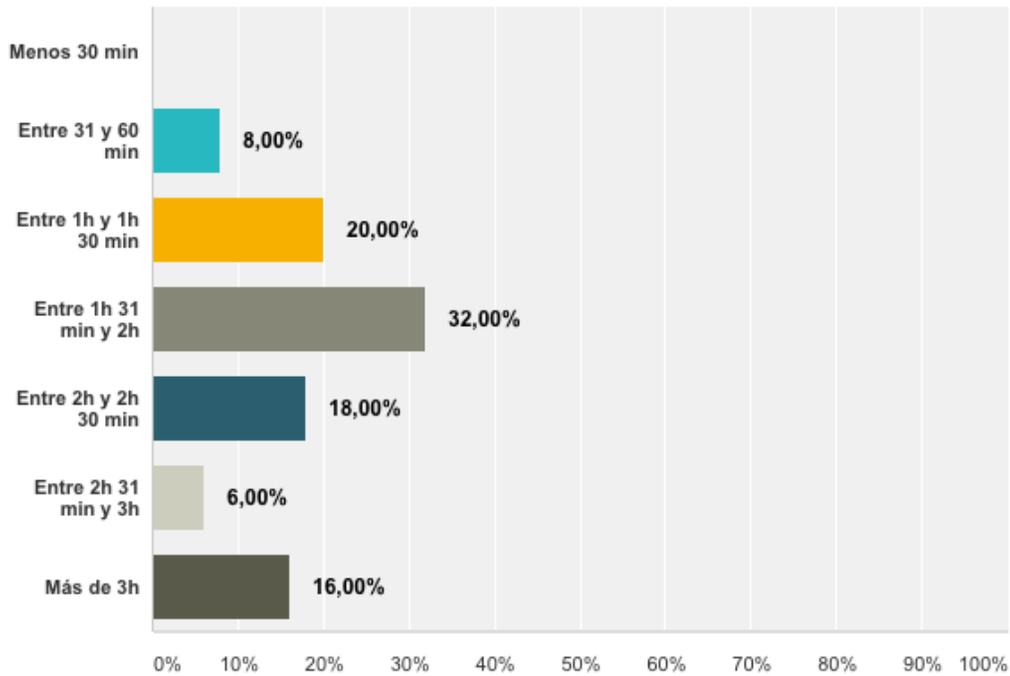


Figura 46. Distribución de la muestra según tiempo de ocupación de un espacio de parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos 30 min (1)	0,00% 0
Entre 31 y 60 min (2)	8,00% 4
Entre 1h y 1h 30 min (3)	20,00% 10
Entre 1h 31 min y 2h (4)	32,00% 16
Entre 2h y 2h 30 min (5)	18,00% 9
Entre 2h 31 min y 3h (6)	6,00% 3
Más de 3h (7)	16,00% 8
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo 2,00	Máximo 7,00	Mediana 4,00	Media 4,42	Desviación estándar 1,48

Análisis

La desviación estándar de los datos es alta, presupone una dispersión de los datos, por tal razón se hace uso de la mediana para calcular el valor promedio de ocupación. El 60% de los encuestados coinciden que en promedio un espacio de estacionamiento permanece ocupado entre 1 hora y 2 horas con 30 minutos. Es decir, un tiempo promedio de 111 minutos (1 hora y 51 minutos).

Pregunta 12: ¿Cuántos carros en promedio ingresan al día?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

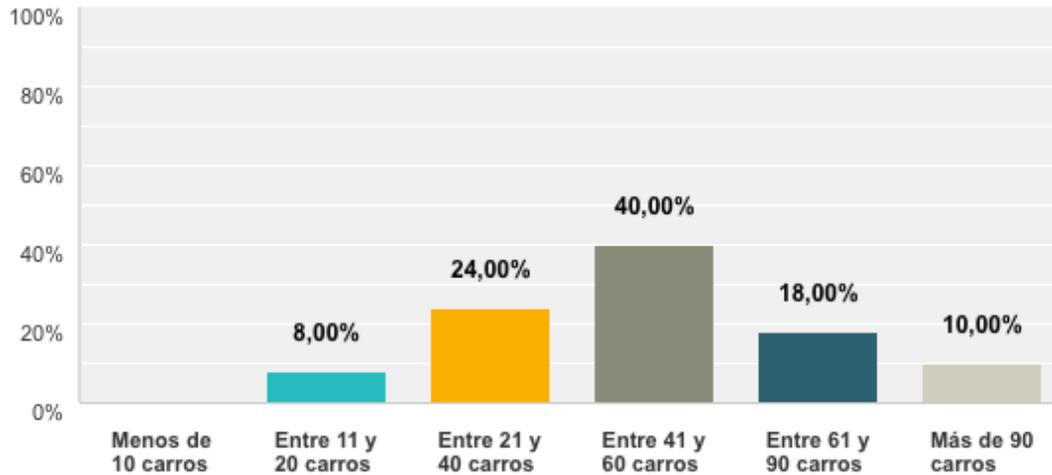


Figura 47. Distribución de la muestra según promedio de carros que ingresan al día en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de 10 carros (1)	0,00% 0
Entre 11 y 20 carros (2)	8,00% 4
Entre 21 y 40 carros (3)	24,00% 12
Entre 41 y 60 carros (4)	40,00% 20
Entre 61 y 90 carros (5)	18,00% 9
Más de 90 carros (6)	10,00% 5
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
2,00	6,00	4,00	3,98	1,07

Análisis

Ningún estacionamiento recibe menos de 10 carros al día. El número total en promedio que ingresan al día oscila entre los 41 y 60 carros. Siendo aproximadamente 50 la cantidad de ellos que ingresan típicamente en un día.

Ahora bien, si en promedio en un parqueadero:

- Operación de 15 horas al día. (Análisis pregunta 1)
- Se cobra a \$74 pesos el minuto. (Análisis pregunta 2).
- 42 cupos por parqueadero. (Análisis pregunta 7)
- 111 minutos ocupando un espacio del parqueadero. (Análisis pregunta 11).
- 50 carros ingresan por día. (Análisis pregunta 12).

Se realiza el siguiente análisis; 50 carros x 111 minutos x \$74 pesos/min = \$410.700 pesos diarios. La encuesta tan solo mide la operación del parqueadero de lunes a viernes, es decir 5 días de operación a la semana, entonces, $\$410.700 \times 5 = \$2.053.500$ pesos de ingresos semanales, con una operación mensual de 4 semanas, $\$2.053.500 \times 4 = \$8.214.400$ de ingreso mensual. Para un parqueadero desocupado la mayor parte del tiempo, ya que los 50 carros se distribuyen a lo largo de las 15 horas (900 minutos) promedio de operación al día, para un parqueadero con un promedio de 42 cupos disponibles.

Ahora el escenario de un estacionamiento promedio idealmente lleno durante todo el día sería; 111 minutos x \$74 pesos/minuto = \$8.214 pesos x 42 carros = \$344.988 pesos en una primera ronda 111 minutos de ocupación de los 900 disponibles al día. Para lograra mantener lleno el parqueadero, con la cantidad de minutos de ocupación promedio de un espacio, sería necesario por lo menos hacerlo en 8 ocasiones, entonces, $\$344.988 \times 8 = \$2.759.904$ pesos de ingreso diario, con una operación de 5 días a la semana $\$2.759.904 \times 5 = \$13.799.520$ pesos de ingreso semanal, \$55.198.08 pesos mensuales.

Las cifras mejoran al realizar una proyección anual. Cabe resaltar que se debería descontar lo que se pague por nóminas, impuestos, servicios, mantenimientos, pólizas, entre otros, con el fin de obtener una mejor aproximación de la utilidad de un negocio como este.

Está claro que lograr un adecuado balance entre el precio por minuto, los cupos disponibles, el tiempo de ocupación de un lugar en el parqueadero y un alto flujo de carros durante el día, haría rentable en mayor o menor proporción el negocio para un administrador de este tipo de establecimientos.

Pregunta 13: ¿Maneja sobre cupo en el parqueadero?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

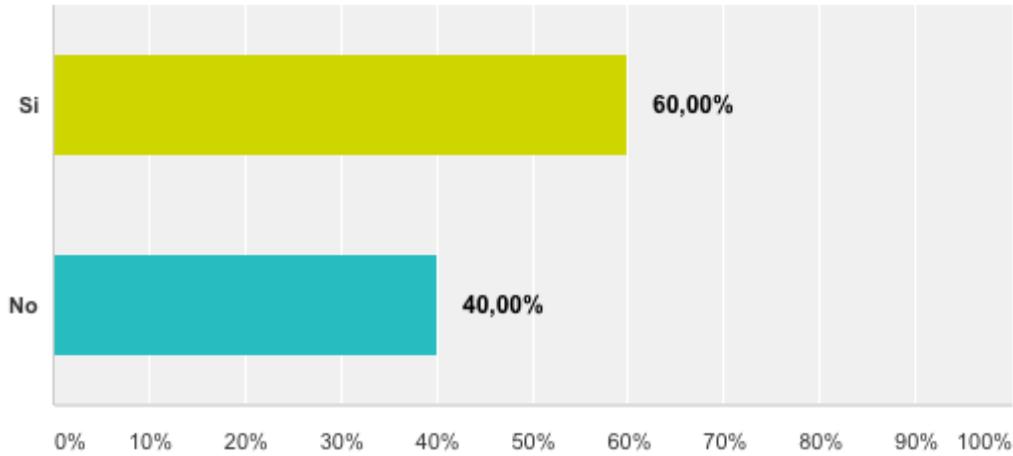


Figura 48. Distribución de la muestra según manejo de sobrecupo en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	60,00% 30
No (2)	40,00% 20
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	1,00	1,40	0,49

Análisis

Existe una tendencia a manejar sobre cupo en los parqueaderos, lo demuestra el 60% de administradores que respondieron afirmativamente, sí existe dicha tendencia es debido a que hay una baja oferta (por desconocimiento, por precio o hábitos del usuario) de parqueaderos en distintas zonas de la ciudad. Lo anterior se deduce por observación, debido a que en los distintos lugares donde se tomó la encuesta, durante el ejercicio, se evidenciaron estacionamientos con lleno total hasta el sobre cupo, y otros tan solo a unos metros a la redonda completamente vacíos. Otro punto para analizar es aquel que indica que a medida que el valor por minuto es más económico tienden a manejar sobre cupo, así mismo, parqueaderos con poca capacidad tienden a sobre ofrecer cupos (las áreas de circulación) para abarcar la demanda en determinados momentos del día.

Pregunta 14: ¿Si maneja sobre cupo en el parqueadero, pide a sus clientes dejar las llaves?

Respondieron: 30

Omitieron: 20

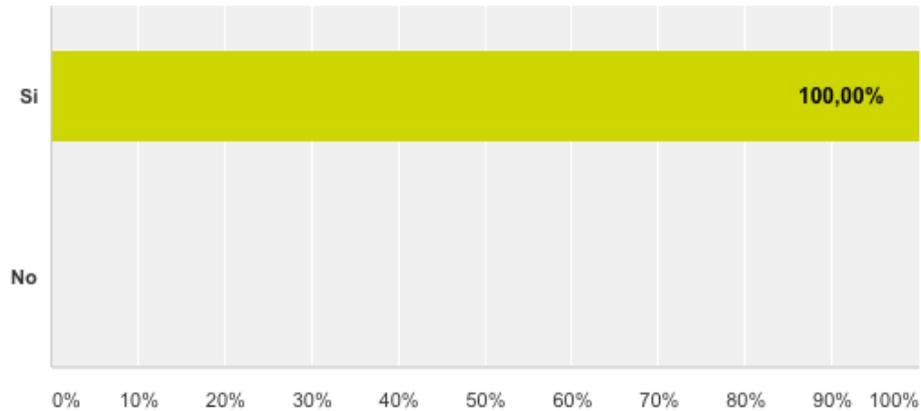


Figura 49. Distribución de la muestra según petición de llaves al manejar sobre cupo

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	100,00% 30
No (2)	0,00% 0
Total	30

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Análisis

Está totalmente claro que, si el parqueadero maneja sobre cupo, éste le exigirá dejar las llaves del vehículo si hace uso de uno de los lugares destinados para tal fin. Esto debido a la operación del mismo parqueadero, ya que se necesita comenzar a mover vehículos para acomodar o dar paso a otros que entran o salen.

Pregunta 15: ¿En el parqueadero que usted administra se debe estacionar en reversa?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

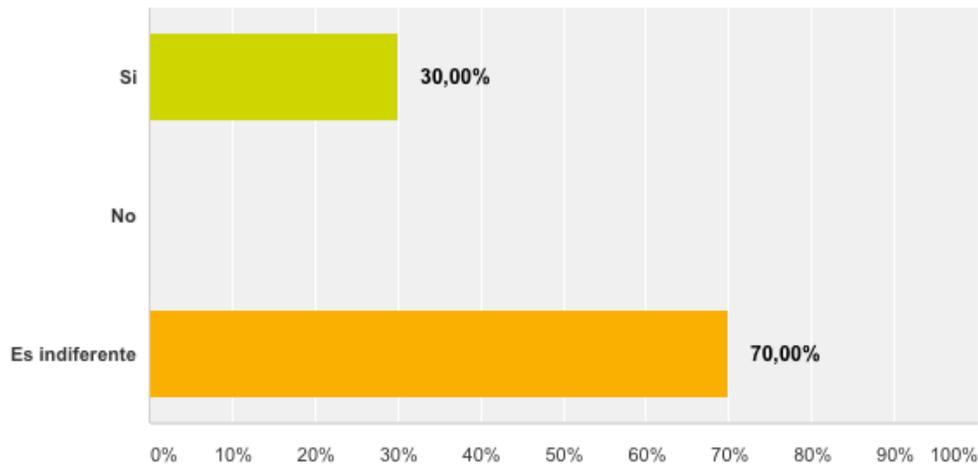


Figura 50. Distribución de la muestra según forma de estacionar en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	30,00% 15
No (2)	0,00% 0
Es indiferente (3)	70,00% 35
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	3,00	3,00	2,40	0,92

Análisis

Para el 70% de los encuestados, a estos les toma con indiferencia la forma como estacionan en el parqueadero que administran, es decir puede ser o no en reversa. Por lo general los parqueaderos con gran cantidad de cupos y zonas de desplazamiento amplias tienden a solicitar la acomodación del vehículo en reversa.

Pregunta 16: ¿Según su experiencia en la administración del parqueadero, ¿cuál sería el intervalo de horas en las que existe un mayor flujo de vehículos y ocupación?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

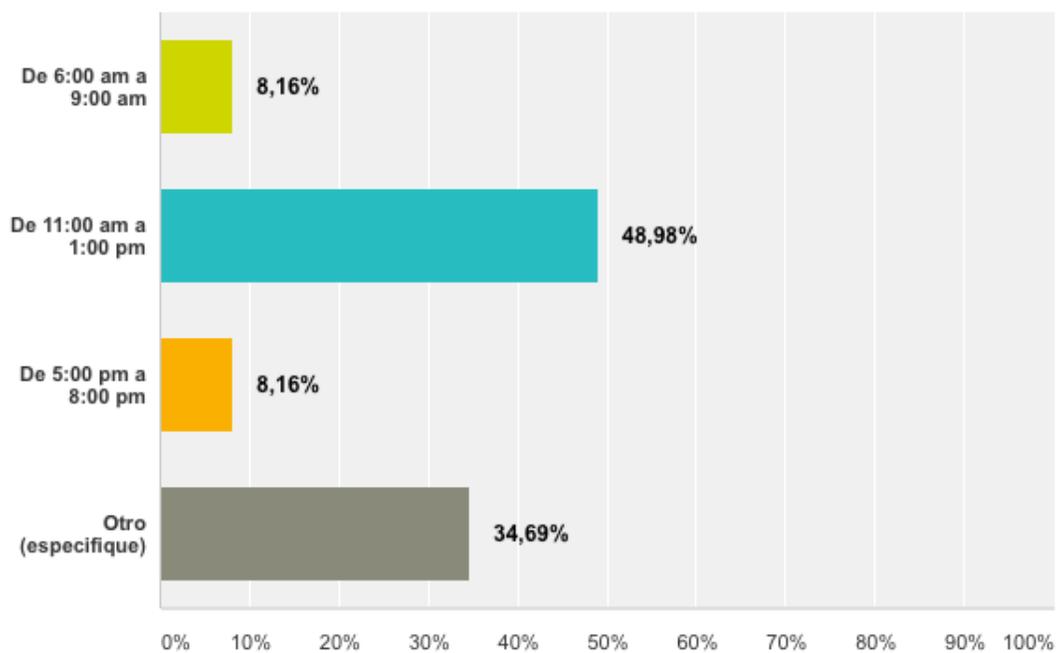


Figura 51. Distribución de la muestra según horas de mayor flujo y ocupación de vehículos en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
De 6:00 am a 9:00 am (1)	8,16% 4
De 11:00 am a 1:00 pm (2)	48,98% 24
De 5:00 pm a 8:00 pm (3)	8,16% 4
Otro (especifique) (4)	34,69% 17

Respuestas (17)		Análisis de texto		Mis categorías (5)	
+ Nueva categoría		Buscar respuestas			
Mostrando 5 categorías personalizadas					
Mañana y Noche		11,76%	2	Ver todo • Editar • Eliminar	
Mañana y Tarde		17,65%	3	Ver todo • Editar • Eliminar	
Noche		5,88%	1	Ver todo • Editar • Eliminar	
Tarde		5,88%	1	Ver todo • Editar • Eliminar	
Tarde y Noche		58,82%	10	Ver todo • Editar • Eliminar	
Sin categorizar		0%	0	Ver todo	
Total			49		
Estadísticas básicas					
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar	
1,00	4,00	2,00	2,69	1,03	

Análisis

El 49.98% de los encuestados coinciden con el horario entre las 11:00 am y las 1:00 pm como la franja en donde existe mayor flujo de vehículos y ocupación en el parqueadero que administran. Un 36.69% evidencian una mezcla entre dos franjas del día o un horario distinto al consultado. De ese 36.69%, la mayoría aduce alto flujo en la franja de la tarde-noche (11:00 am a 1:00 pm) y de la noche (5:00 pm a 9:00 pm), seguido por la franja de la mañana-tarde y mañana-noche. Este análisis depende mucho de la zona particular donde se haya realizado la encuesta, ya que si existe alta concentración de establecimientos comerciales o educativos nocturnos la franja de la noche cobra mayor importancia durante el día.

Pregunta 17: ¿Cuenta con servicios tecnológicos para el pago del parqueadero de un vehículo?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

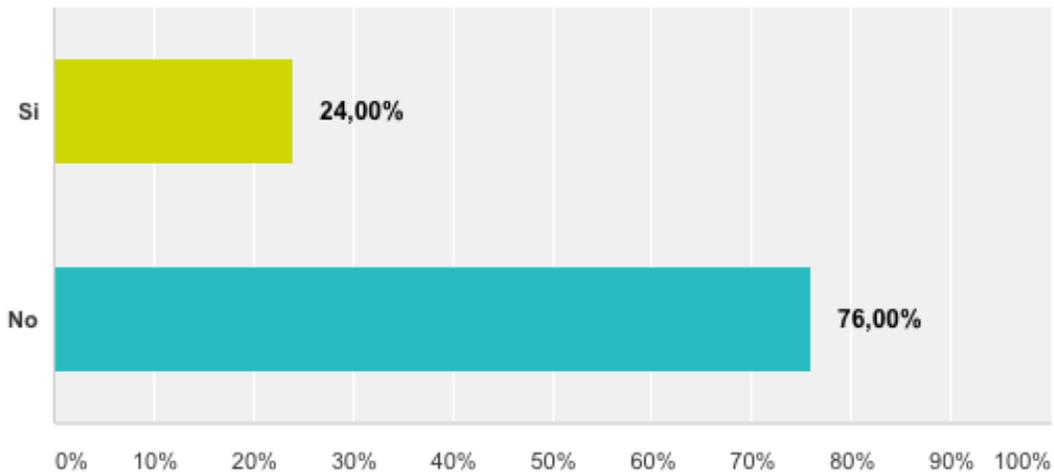


Figura 52. Distribución de la muestra según disponibilidad de servicios tecnológicos para el pago en el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	24,00% 12
No (2)	76,00% 38
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	2,00	1,76	0,43

Análisis

No hay duda de que está lejos la apropiación del pago de servicios de parqueo por medios tecnológicos, un 76% de los administradores encuestados respondió negativamente a esta pregunta.

Pregunta 18: De ser positiva la respuesta anterior, responda que tipo de servicios tecnológicos posee.

Respondieron: 12

Omitieron: 38

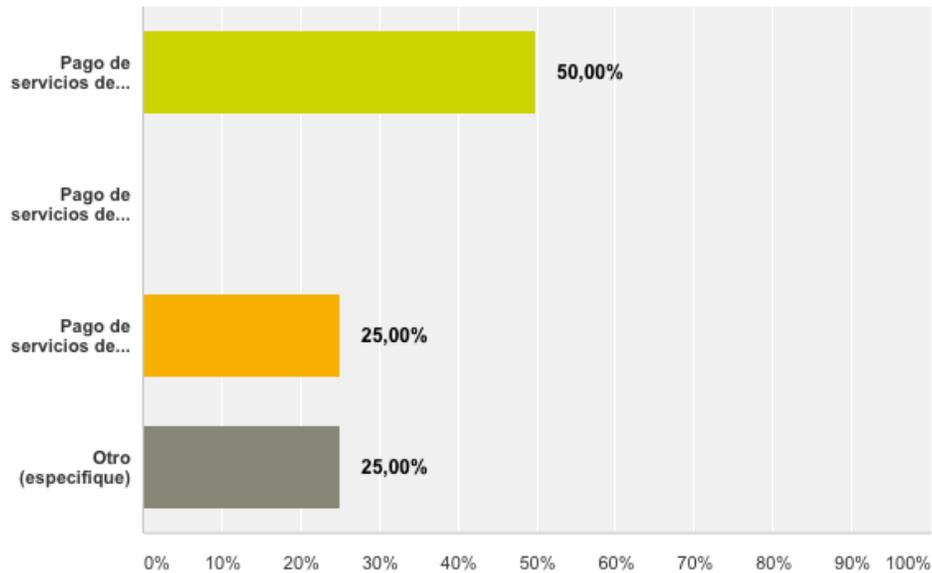


Figura 53. Distribución de la muestra según tecnología implementada para el pago del servicio de parqueo

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
▼ Pago de servicios de parqueo con máquinas de auto gestión. (1)	50,00% 6
▼ Pago de servicios de parqueo con aplicación móvil electrónica personalizada. (2)	0,00% 0
▼ Pago de servicios de parqueo con tarjeta electrónica personalizada. (3)	25,00% 3
▼ Otro (especifique) (4) Respuestas	25,00% 3
Total 12	

Estadísticas básicas ?				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	4,00	2,00	2,25	1,30

Análisis

Para aquellos que respondieron afirmativamente sobre el uso de tecnologías para el pago de servicios de parqueo, el 50% manifestó tener máquinas de auto gestión para que los usuarios realicen el pago, seguido de alternativas como el uso de tarjeta electrónica personalizada o tiquetera virtual mensual.

Pregunta 19: ¿El parqueadero que usted administra cuenta con algún tipo de descuentos u ofertas especiales para los clientes en general (ej. Cobro del minuto más económico en horas valles, tarifas especiales por estacionamiento nocturno o convenio con establecimientos comerciales)?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

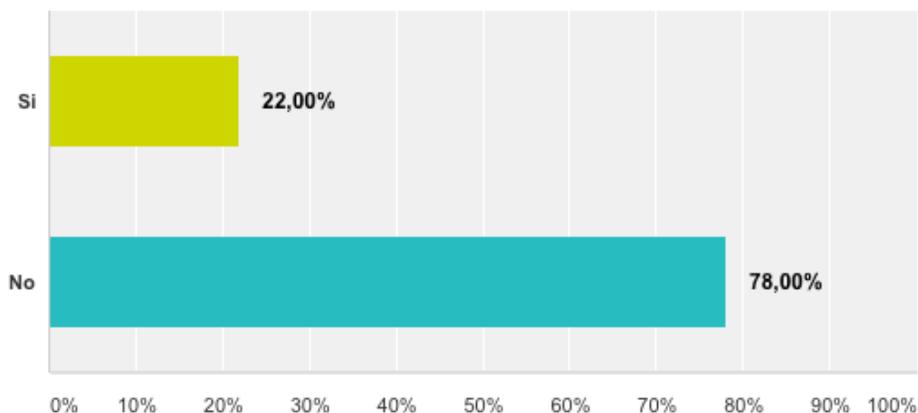


Figura 54. Distribución de la muestra según implementación de descuentos u ofertas especiales para clientes del parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	22,00% 11
No (2)	78,00% 39
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	2,00	1,78	0,41

Análisis

El 78% de los administradores encuestados no posee ningún tipo de descuento u oferta especial para los clientes que estacionan su vehículo en el parqueadero. Se podría buscar la manera de rentabilizar la oferta de nuevos productos y servicios con el fin de atraer más clientes dada la disponibilidad de los usuarios a pagar por ellos.

Pregunta 20: ¿De qué tipo es el descuento/oferta que ofrece?

Respondieron: 11

Omitieron: 39



Análisis

Al preguntar sobre qué tipo de descuento/oferta ofrece al grupo de administradores que respondieron positivamente, indican en general ofertas de tipo estudiantil y comercial, es decir, hay descuento por ser estudiantes de una determinada universidad o centro educativo o por tener convenios con establecimientos comerciales de la zona alrededor del parqueadero.

Pregunta 21: ¿El parqueadero que usted administra posee algún tipo de póliza?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

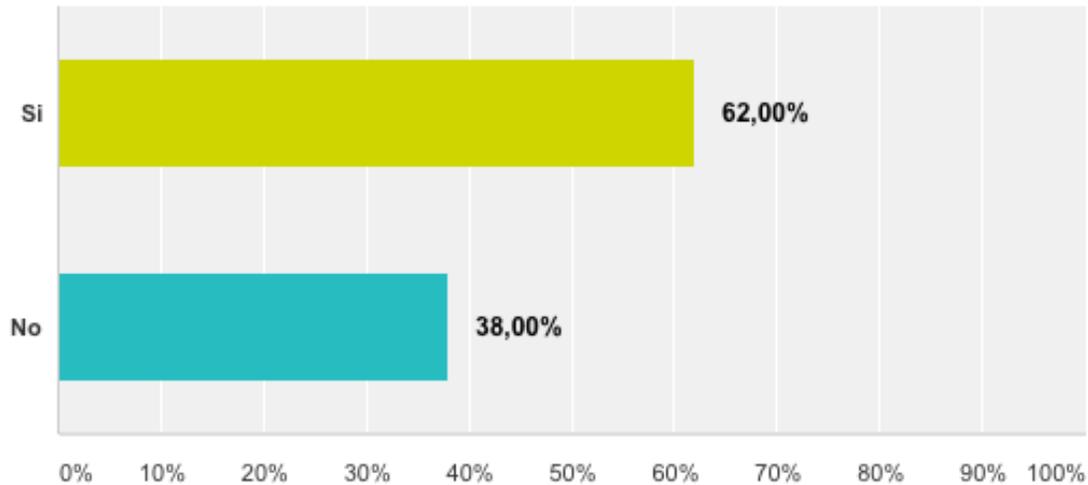


Figura 55. Distribución de la muestra según pago de algún tipo de póliza para el parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Si (1)	62,00% 31
No (2)	38,00% 19
Total	50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	1,00	1,38	0,49

Análisis

Más de la mitad (62%) de los administradores encuestados paga o posee algún tipo de póliza que ampara daños ocurridos en el parqueadero que administran. Cabe resaltar que el precio de la póliza varía según que se desea asegurar y que aseguradora preste el servicio, además, se puede hacer el pago de la póliza anual, cada 2 años o cada 5 años según la empresa aseguradora.

Pregunta 22: ¿Cuánto paga anualmente por la póliza?

Respondieron: 31

Omitieron: 19



Análisis

Al categorizar las respuestas de los administradores que pagan algún tipo de póliza, se tiene que el valor medio ubica el pago en un valor menor a los 30 millones de pesos anualmente. Siendo en promedio 19.2 millones de pesos el valor típico que se pagaría por una póliza para un parqueadero.

Pregunta 23: ¿El parqueadero que usted administra paga impuestos, servicios, nomina, mantenimiento?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

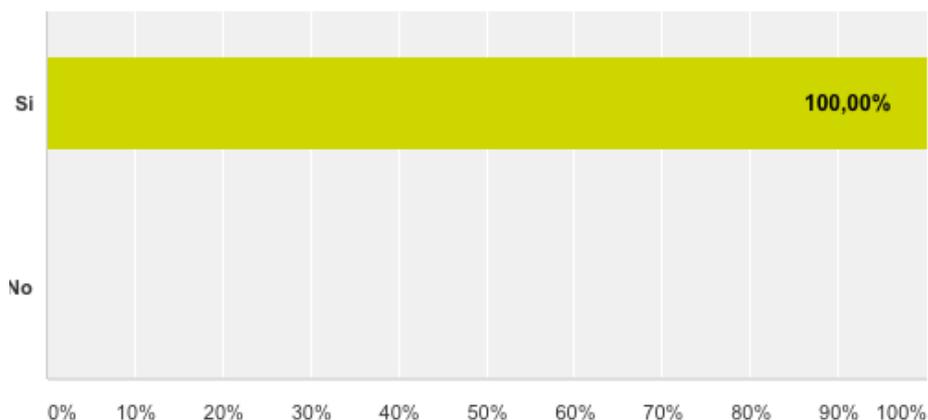


Figura 56. Distribución de la muestra según pagos asociados al funcionamiento del parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas	
Si (1)	100,00%	50
No (2)	0,00%	0
Total		50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

Análisis

Está claro que la totalidad (100%) de los administradores de parqueaderos pagan por conceptos asociados al funcionamiento, ya sea, servicios, nominas, mantenimientos, impuestos, imprevistos, entre otros.

Pregunta 24: ¿Cuánto paga anualmente por concepto de servicios, impuestos, nómina y mantenimiento?

Respondieron: 50

Omitieron: 0



Análisis

Aunque el 36% de los encuestados manifestó pagar en promedio entre 21 y 30 millones de pesos anualmente por conceptos asociados a la operación del parqueadero, está claro que el valor medio se ubica entre los 31 y 40 millones de pesos. Es decir, teniendo esto como referencia el valor promedio que paga un administrador de parqueadero sería de 35 millones de pesos.

Ahora bien, con los análisis realizados hasta aquí podemos realizar otro que nos acerque a cuantificar la rentabilidad de un parqueadero promedio, para ello tomamos como base lo siguiente:

- Mensualmente en promedio ingresan \$8.214.400 pesos en promedio ganan a un parqueadero. (Análisis pregunta 12).
- 19.2 millones de pesos al año paga un administrador en promedio por conceptos de pólizas. (Análisis pregunta 22).
- 35 millones de pesos al año paga un administrador en promedio por conceptos asociados a la operación del parqueadero. (Análisis pregunta 24).

Con estos datos se realiza las siguientes operaciones; $\$8.214.400 \times 12 = \$98.572.800$ ingresan al año por concepto de operación, ahora, $\$98.572.800 - (\$19.200.000 + \$35.000.000) = \$44.372.800$ pesos sería la utilidad promedio anual. Una utilidad aproximada del 45%. Esto al realizar un análisis más reflexivo puede que sea un poco menor o mayor, pero sin lugar a duda un parqueadero debidamente administrado es un potencial y rentable negocio.

Pregunta 25: ¿Conoce una herramienta tecnológica (aplicación o sitio web) que permita visibilizar y atraer más clientes (conductores) hacia su parqueadero?

Respondieron: 50

Omitieron: 0

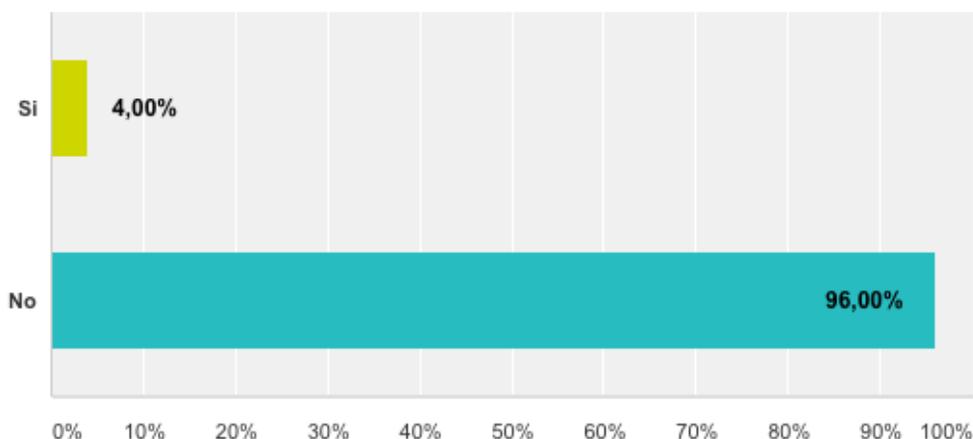


Figura 57. Distribución de la muestra según conocimiento de herramientas tecnológicas para atraer más clientes al parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas	
Si (1)	4,00%	2
No (2)	96,00%	48
Total		50

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	2,00	2,00	1,96	0,20

Análisis

El 98% de los administradores encuestados desconoce aplicativos o sitios web que permitan captar un mayor flujo de posibles clientes hacia sus parqueaderos. Tan solo un 2% respondió afirmativamente y hace referencia a aplicaciones no funcionales en el país.

Pregunta 26: ¿Cómo se llama la herramienta tecnológica?

Respondieron: 2

Omitieron: 48

The screenshot shows a survey results interface with the following elements:

- Navigation tabs: "Respuestas (2)", "Análisis de texto", and "Mis categorías (0)".
- Control buttons: "Categorizar como..." (dropdown), "Filtrar por categoría" (dropdown), and a search bar "Buscar respuestas" with a search icon and a help icon.
- Status: "Mostrando 2 seleccionadas".
- Response list:
 - SmartParking
25/01/2017 8:26 [Ve las respuestas del encuestado](#) [Categorizar como...](#)
 - DayParking
24/01/2017 23:33 [Ve las respuestas del encuestado](#) [Categorizar como...](#)

Análisis

Las aplicaciones referenciadas como de ayuda hacia la obtención de nuevos clientes se llaman SmartParking y DayParking, por medio de la entrevista a los administradores que afirmaron conocerla expresan que no son funcionales en Colombia.

Pregunta 27: ¿Cuanto estaría dispuesto a pagar mensualmente por una herramienta tecnológica (aplicación o sitio web) que permita visibilizar y atraer más clientes (conductores) hacia su parqueadero?

Respondieron: 49

Omitieron: 1

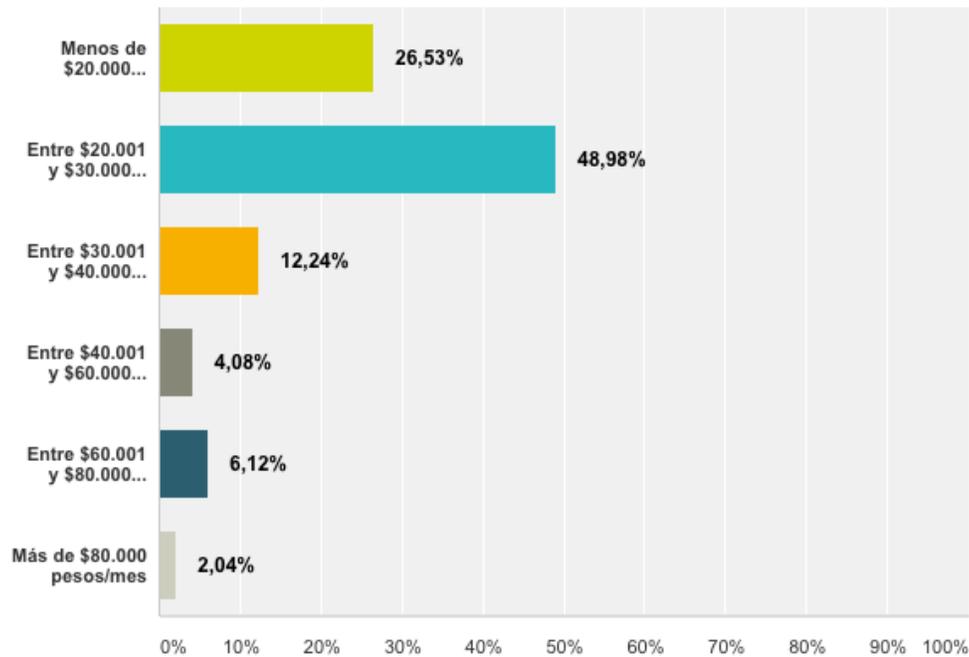


Figura 60. Distribución de la muestra según disposición a pagar por herramientas tecnológicas que permitan visibilizar y atraer más clientes al parqueadero

Tabla de resultados

Opciones de respuesta	Respuestas
Menos de \$20.000 pesos/mes (1)	26,53% 13
Entre \$20.001 y \$30.000 pesos/mes (2)	48,98% 24
Entre \$30.001 y \$40.000 pesos/mes (3)	12,24% 6
Entre \$40.001 y \$60.000 pesos/mes (4)	4,08% 2
Entre \$60.001 y \$80.000 pesos/mes (5)	6,12% 3
Más de \$80.000 pesos/mes (6)	2,04% 1
Total	49

Estadísticas básicas				
Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	6,00	2,00	2,20	1,18

Análisis

Hay que aclarar que durante la toma de la encuesta el administrador podía omitir esta pregunta si no deseaba pagar por alguna herramienta que le permitiera visibilizar y atraer más clientes al parqueadero. De los 50 entrevistados y encuestados tan solo 1 no estaría en disposición de pagar por este tipo de herramientas, ahora bien, de los 49 que optaron por pagar algo, el 48.98% de los encuestados manifestó que pagaría entre los \$20.001 y \$30.000 pesos, es justo en este intervalo donde se ubica el valor medio, lo que indica que un administrador en promedio estaría dispuesto a pagar \$25.208 pesos mensuales por algún tipo de herramienta que le signifique un valor agregado a la operación de su establecimiento.

Sección C: Resumen de los análisis realizados por encuesta

Se presenta cada pregunta y el resumen del análisis o conclusión realizado a cada una de ellas para cada encuesta.

Encuesta de caracterización de los usuarios de parqueaderos de la ciudad de Bogotá	
Población: 158 usuarios encuestados completamente.	
Pregunta	Resumen del análisis o conclusión(es)
Pregunta 1: ¿Por favor indique a que género pertenece?	Grupo compacto, desviación estándar pequeña, hombres (56.33%) y mujeres (43.67%).
Pregunta 2: ¿Su edad esta entre?	El grupo se encuentra entre los 26 y 44 años. Donde en promedio respondieron la encuesta usuarios con 31 años.
Pregunta 3: ¿En porcentaje de sus ingresos, cuanto destina mensualmente en gastos para su vehículo?	<ul style="list-style-type: none"> • Ningún hombre gasta más del 45% de sus ingresos mensuales en elementos (productos o servicios) asociados al vehículo. • En general tanto hombres como mujeres gastan entre un 6% y un 15%. Donde los hombres gastan un 9% y las mujeres un 10%. • Las mujeres tienen una tendencia de gastar un poco más de sus ingresos mensuales en elementos asociados al vehículo. • Ningún usuario mayor de 60 años invierte más del 6% en gastos mensuales para el vehículo. • Que los usuarios entre los 45 y 60 años no invierten más del 30% de sus ingresos en gastos relacionados con el vehículo. • Que los usuarios entre los 26 y 44 años no invierten más del 45% de sus ingresos en gastos relacionados con el vehículo. • Los usuarios entre los 18 y 60 años destinan en promedio entre el 6% y el 15% de sus ingresos en gastos relacionados con el vehículo, distribuido así: <ul style="list-style-type: none"> ○ Entre 18 y 25 años: 9% mensual. ○ Entre 26 y 44 años: 10% mensual. ○ Entre 45 y 60 años: 8% • Existe una ligera tendencia a gastar mensualmente un poco más en elementos asociados al uso del vehículo si esta entre los 26 y 44 años.
Pregunta 4: ¿Cuándo conduce, en promedio cuántos kilómetros recorre por día?	<ul style="list-style-type: none"> • En promedio tanto hombres como mujeres conducen entre 11 Km y 30 Km. • Los hombres conducen alrededor de 23 Km en promedio. • Las mujeres conducen alrededor de 19 Km en promedio. • En el intervalo entre los 18 y 60 años conducen en promedio entre 11 Km y 30 Km, distribuidos así: <ul style="list-style-type: none"> ○ Entre los 18 y 25 años conducen alrededor de 18 Km en promedio. ○ Entre los 26 y 44 años conducen alrededor de 23 Km en promedio. ○ Entre los 45 y 60 años conducen alrededor de 25 Km en promedio. • Existe una ligera tendencia a recorrer un mayor número de kilómetros al aumentar la edad.
Pregunta 5: ¿En promedio cuánto gasta (en pesos COP) en parqueaderos al mes?	<ul style="list-style-type: none"> • Las mujeres tienden a gastar un poco más en parqueaderos al mes con relación a los hombres. • Los hombres gastan entre \$20.000 y \$40.000, promedio de \$36.818 en parqueaderos al mes. • Las mujeres gastan entre \$40.000 y \$60.000 promedio de \$41.667 en parqueaderos al mes. • Si promediamos lo que gastan tanto los hombres como las mujeres daría un valor de \$39.242 mensuales en gastos de parqueaderos. • Entre los 18 y 25 años y los 45 y 60 años tiende a gastar entre \$20.000 y \$40.000 en parqueaderos al mes. • Entre los 26 y 44 años tienden a gastar entre \$40.000 y \$60.000 en parqueaderos al mes. • El gasto estaría dividido en promedio así:

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entre 18 y 25 años: \$34.667 en parqueaderos al mes. ○ Entre 26 y 44 años: \$44.286 en parqueaderos al mes. ○ Entre 45 y 60 años: \$38.333 en parqueaderos al mes.
<p>Pregunta 6: ¿En promedio cuánto gasta (en pesos COP) en gasolina al mes?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● En términos generales el valor oscila entre los \$80.000 y \$100.000, realizando el cálculo, esté indica que tanto hombres como mujeres gastan al mes en promedio \$83.336 pesos en gasolina. ● Existe una tendencia gastar más en gasolina cuando aumenta la edad, esto tiene una lógica ya que se había concluido con anterioridad que también aumentan el número de kilómetros que se recorren al día (análisis pregunta 4). ● Entre los 18 y 25 años se tiene un gasto promedio en gasolina al mes de \$68.333. ● Entre los 26 y 44 años se tiene un gasto promedio en gasolina al mes de \$86.316. ● Para más de 44 años se tiene un gasto promedio en gasolina al mes de \$96.250. ● Una aproximación más realista teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente indicaría un mayor gasto en gasolina de lo que el usuario promedio percibe, aproximándonos aún más a un valor mayor a los \$100.000 pesos de gasto al mes.
<p>Pregunta 7: ¿Su vehículo está en la categoría de?</p>	<p>Se observa que existe una ligera tendencia a elegir vehículos de bajo consumo 47.47% con relación a lo vehículos de consumo medio 46.20% o de alto consumo 6.33%. La desviación estándar es pequeña, indicando una adecuada concentración de datos alrededor de la media. Al no existir una diferencia porcentual muy amplia entre las categorías de bajo consumo y medio consumo, con ayuda de la mediana se concluye que en términos generales los usuarios tienen vehículos de consumo medio.</p>
<p>Pregunta 8: ¿Hace uso de la red de parqueaderos de su ciudad para estacionar su vehículo?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Poco más del 50% de los usuarios los usan categóricamente. ● La cantidad de encuestados que hacen uso de vez en cuando de los parqueaderos de la ciudad es alta (51/158) pudiendo denotar alguna falencia en la red de parqueaderos disponibles o en la información presente sobre ubicación de estos al llegar a un determinado punto de destino que obligaría a tomar decisiones en cuanto a uso. ● Existe una ligera tendencia a que los hombres o no usen (16.85%) los parqueaderos o lo hagan de vez en cuando (37.08%) en relación con las mujeres, ya que, la suma entre 16.85% y 37.08 es ligeramente mayor al 46.07% para los hombres, y para las mujeres la suma entre 17.39% y 26.09% es ligeramente menos al 56.52%. ● Las mujeres en cambio demuestran una tendencia a hacer uso de los parqueaderos. ● Los usuarios entre los 18 y 25 años definitivamente no los usan o tan solo algunas veces. ● Los usuarios entre los 26 y 44 años los usan algunas veces siendo la mayoría de las veces afirmativo el uso de parqueaderos. ● Los usuarios mayores a 45 años definitivamente si buscan y hacen uso de parqueaderos.
<p>Pregunta 9: ¿Cuándo hace uso de la red de parqueaderos de su ciudad, elige un determinado parqueadero por?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Existe una marcada tendencia a buscar y elegir un parqueadero por cercanía al lugar donde el usuario se dirige (63.29%) seguido un tanto de lejos por el costo (19.62%), cabe resaltar que al momento de especificar otras posibles opciones sobre las cuales un determinado usuario elige un parqueadero, salta a la vista la ausencia de parqueaderos con cupos disponibles (porque no hay más) y la seguridad. ● Se puede observar una ligera tendencia por parte de los hombres de buscar parqueadero dado el costo de este seguido por la facilidad de ingreso, desplazamiento y salida. ● Las mujeres en cambio a parte de la cercanía y de costo también influye en su decisión los descuentos y promociones que les puedan brindar en un parqueadero. ● Si no hay mucha oferta de parqueaderos o cupos disponibles, el hombre tendera a parquear donde pueda. La mujer en cambio buscaría un lugar seguro para hacerlo. ● Los usuarios entre los 18 y 44 años tienden a buscar estacionamiento por cercanía al lugar donde se dirige, seguido del costo y por la facilidad de ingreso, desplazamiento y salida. ● Para los usuarios mayores a 45 años su búsqueda está basada en la cercanía al lugar donde se dirige, facilidad de ingreso, desplazamiento y salida seguido del costo.

	<ul style="list-style-type: none"> • A mayor edad del usuario cobra más relevancia la cercanía al lugar de destino y la amplitud de las zonas de parqueo en relación con el costo. • A menor edad del usuario cobra más relevancia además de la cercanía al lugar de destino el costo del parqueadero.
<p>Pregunta 10: ¿Usaría una herramienta tecnológica que le permitiera reservar servicios adicionales? (Ejemplo: un espacio de estacionamiento, una plaza de estacionamiento con algún tipo de promoción, un espacio de estacionamiento con un tamaño determinado, un espacio de estacionamiento para persona con algún tipo de discapacidad, entre otros) en un determinado parqueadero.</p>	<p>Dado el gran porcentaje (81.01%) de respuestas afirmativas, se concluye que los usuarios si harían uso de herramientas tecnológicas para reservar servicios adicionales de un determinado parqueadero.</p>
<p>Pregunta 11: ¿Cuál de estos servicios le interesaría?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una tendencia marcada de poder reservar un espacio de estacionamiento con promoción (67.19%) ya que más de la mitad de los usuarios respondieron afirmativamente a este ítem, seguido de, tan solo poder reservar el espacio de estacionamiento (22.66%) o un espacio de tamaño grande (8.59%) respectivamente. • Entre los 18 y 25 años y los 45 años en adelante cobra más relevancia un espacio de estacionamiento con promoción. • Entre los 26 y 44 años, aunque es muy relevante tener un espacio de estacionamiento en promoción, en algunas ocasiones tan solo tener el espacio es más preponderante. • Dependiendo de los hábitos de usuario y del tipo de vehículo de este, al aumentar la edad entre los 18 y 44 años importa el tamaño del lugar en el cual se va a estacionar.
<p>Pregunta 12: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por servicios adicionales?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En términos generales se muestra una ligera tendencia a pagar menos de \$1.000 pesos por servicios adicionales, seguido del intervalo entre los \$1.000 y \$1.500 pesos. • Con ayuda de la mediana al hacer el cálculo del valor promedio obtenemos que el usuario estaría dispuesto a pagar en promedio \$1.188 pesos. • Las mujeres son más amplias en cuanto a este ítem se refiere, ya que estarían dispuestas a pagar más de \$3.000 pesos por reservar servicios en estacionamientos en relación con los hombres. • Es factible ofrecer servicios adicionales pensados para el género femenino ya que muestran una predisposición mayor al pago por los mismos. • Los usuarios entre los 18 y 25 años es más probable que puedan pagar un valor entre los \$1.000 y \$1.500 pesos por la reserva de servicios adicionales. • Los usuarios entre los 26 y 44 años están dispuestos a pagar un valor mayor a los \$3.000 pesos por la reserva de servicios adicionales. • Un usuario entre los 45 y 60 años no estaría dispuesto a pagar más de \$3.000 pesos por la reserva de servicios adicionales.
<p>Pregunta 13: ¿Normalmente cuál es la tarifa (pesos/min) que escoge al estacionar?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una tendencia a buscar lugares cuyo precio por minuto sea relativamente económico, es decir entre los \$39 y \$48 pesos/min. • Para el cálculo del valor promedio (pesos/min) que los usuarios están dispuestos a pagar se usó la mediana, encontrando que típicamente un encuestado en promedio paga a \$47 pesos/min.

	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una ligera tendencia a que los hombres busquen estacionamientos donde se pague un poco más por el precio del minuto que el promedio con relación a las mujeres. • Definitivamente si un usuario esta entre los 18 y 25 años optará por elegir un estacionamiento donde el precio del minuto oscile entre los \$39 y \$48 pesos. En promedio pagara \$45 pesos/min. • Si un usuario esta entre los 26 y 44 años optará por elegir un estacionamiento donde el precio del minuto oscile entre los \$43 y \$58 pesos. En promedio pagara \$49 pesos/min. • Si un usuario esta entre los 45 y 60 años optará por elegir un estacionamiento donde el precio del minuto oscile entre los \$49 y \$68 pesos. En promedio pagara \$50 pesos/min. • En términos generales a mayor edad aumenta ligeramente el valor de escogencia del precio por minuto que se desea pagar.
<p>Pregunta 14: ¿En promedio cuánto tiempo hace uso de un espacio de parqueadero?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aunque la gran mayoría de los encuestados hace uso de más de 3 horas (29.11%) de un espacio de estacionamiento, la desviación estándar es muy alta, los que indica que los datos se encuentren muy dispersos con relación al valor medio haciendo bajar significativamente el valor real del mismo. • Se toma entonces el valor de la mediana para realizar el cálculo del valor promedio, este valor oscilara entre 1 hora y 31 minutos y las 2 horas, siendo igual a 1.66 horas o lo que es lo mismo 1 hora y 40 minutos (100 minutos). • Si un usuario promedio demora 100 minutos ocupando un lugar de estacionamiento y paga en promedio \$47 pesos/min (análisis pregunta 13), entonces el costo de parquear rondaría los \$4.700 pesos. • En la pregunta 5 se analizó el promedio de gasto en parqueaderos al mes, este indico que era alrededor de los \$39.242 pesos. Si tomamos ese valor y lo dividimos en el costo promedio al parquear de \$4.700 pesos, nos da un valor de 8.35, esto significa que al mes por lo menos un usuario estaciona el vehículo 8 veces en un parqueadero. • La tendencia no varía con relación al promedio general, pero se nota que las mujeres tienden a demorarse un poco más que los hombres cuando hacen uso de un espacio de estacionamiento. • Con respecto al rango de edad, no se evidencio cambios significativos o tendencias a considerar más allá del análisis general.
<p>Pregunta 15: ¿Cuál de los siguientes dispositivos utiliza más para conectarse a internet?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un categórico 88.61% correspondiente a 140 de 158 usuarios hacen uso de su teléfono celular para acceder a internet. • De lejos pero no por ello menos relevante lo sigue el equipo de cómputo portátil. • Nadie usa lectores electrónicos para acceder a internet y algunos hacen uso hasta de los televisores Smart Tv para tal fin. • Lo importante de esta tendencia es que al usuario final se le debe llegar con algún tipo de aplicación para su teléfono móvil ya que es el dispositivo con el cual más se conecta a internet e interactúa durante el día.
<p>Pregunta 16: ¿Qué sistema operativo tiene su teléfono celular?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Al revisar las estadísticas se observa que los dos sistemas operativos por excelencia que poseen los usuarios en su dispositivo móvil son Android y iOS, siendo el sistema Android el que mayor representación tiene entre los usuarios con un 77.85%. • Una posible aplicación que interactúe con el usuario deberá entonces en primera medida funcionar sobre el sistema operativo Android y posteriormente ser desarrollada una versión para iOS.
<p>Pregunta 17: ¿Por lo general, en su dispositivo móvil, accede a internet por medio de?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En general los usuarios mezclan las dos tecnologías al conectarse a internet (Wifi y plan de datos), pero muestran una tendencia a usar más las redes Wifi (40.51%) disponibles con relación al plan de datos que posea (34.18%). • Se evidencia una ligera tendencia a que los hombres elijan para conectarse a internet, como primera alternativa redes wifi y como segunda alternativa el plan de datos. Las mujeres al contrario prefieren el plan de datos por encima de las redes wifi. • Entre los 18 y 25 años se prefiere las redes wifi para acceder a internet. • Entre los 26 y 44 años se prefiere el plan de datos para el acceso a internet. • Entre los 45 y 60 años se eligen en primera instancia las redes wifi seguido del plan de datos. • Más allá de los 60 años no hay una muestra significativa para lograr concluir algo al respecto.

<p>Pregunta 18: ¿Qué capacidad maneja el plan de datos de su teléfono celular?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede decir que en promedio los usuarios tienen un plan de datos con una capacidad entre los 2Gb y los 4Gb, aunque la gran mayoría 34.81% tenga un plan de datos de menor capacidad (1Gb y 2Gb). • Existe una tendencia a que las mujeres tengan un plan de datos con una capacidad entre 1Gb y 2Gb, los hombres cuentan con un plan de datos de 2Gb y 4Gb. • Ninguna mujer tiene un plan de datos con capacidad mayor a 6Gb. • Para los usuarios entre los 18 y 25 años, indica que estos poseen planes de datos con una capacidad entre 1Gb y 2Gb. • Para los usuarios entre los 26 y 60 años, indica que estos poseen planes de datos con una capacidad entre 2Gb y 4Gb. • A medida que el usuario aumenta de edad, también aumenta la capacidad de datos que contrata para su teléfono móvil celular. Esto no aplica para los mayores de 60 años, por no tener una muestra significativa de ellos para el análisis.
<p>Pregunta 19: ¿Hace uso de aplicaciones móviles en tu teléfono celular que le permitan organizar su viaje al movilizarse por su ciudad? (Ejemplo: Waze, Google maps, Moovit, CityParking, entre otros).</p>	<p>Con un porcentaje del 84.81%, se puede concluir que los usuarios si hacen uso de aplicaciones móviles que les permitan conocer el estado de la ciudad para poder moverse en ella.</p>
<p>Pregunta 20: ¿Maneja pagos virtuales por medio de billeteras digitales? (Ejemplo: Aval pay, Bancolombia virtual, Tarjetas de crédito, entre otros).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una primera aproximación indica que hay una cultura de pago por medio de canales virtuales un poco incipiente. Pero debido a la cercanía entre los 2 porcentajes, se puede decir que hasta ahora se está masificando este tipo de tendencia de pago virtual por productos o servicios. • Está bien decir que, aunque la gran mayoría de usuarios no haga uso ahora de este tipo de tecnologías se nota una fuerte tendencia a que en un futuro cercano la gran mayoría de transacciones económicas se realicen por medios virtuales. • Tan solo se puede evidenciar un ligero aumento en el porcentaje de uso de este tipo de tecnologías si se es mujer, pero no es concluyente. • Definitivamente entre los 45 y 60 años no se hace uso de pagos virtuales por medio de billeteras digitales. • Entre los 26 y 44 años si hay una tendencia a realizar pagos de productos y servicios por medio de canales virtuales. • Entre los 18 y 25 años, aunque manifiesten no hacer pagos por medio de canales virtuales denota un crecimiento hacia el uso positivo de los mismos en un futuro cercano.
<p>Pregunta 21: ¿Integra tecnologías móviles de comunicación en su vehículo? (Ejemplo: Chevystar, Sync3 (MyFord Touch), entre otros).</p>	<p>Se puede concluir que hay una fuerte tendencia a no (77.85%) hacer uso de tecnologías móviles integradas en los vehículos.</p>

Encuesta de caracterización de los administradores de parqueaderos de la ciudad de Bogotá

Población: 50 administradores encuestados completamente.

Pregunta	Resumen del análisis o conclusión(es)
Pregunta 1: ¿Desde que horas presta servicio el parqueadero?	<ul style="list-style-type: none"> • Con un 70.00% (35/50 parqueaderos) de las muestras recopiladas, queda claro que existe una gran diversidad de horarios de funcionamiento de los parqueaderos encuestados. • De los 35 parqueaderos de esta muestra cabe resaltar que el horario de funcionamiento por el cual se pregunto fue de lunes a viernes. • De estos 35 parqueaderos, 20 (57.14%) operan hasta 15 horas seguidas, 15 (42.86%) operan entre las 15 y las 23 horas. Es decir que en promedio un parqueadero opera entre las 12 y 18 horas. Típicamente 15 horas. • Los horarios varían según la zona donde se ubique el parqueadero, es decir, si es una zona con alta oferta comercial o de diversión, tienden a ser estacionamientos que pueden llegar a operar entre las 15 y 24 horas. Mientras que los parqueaderos ubicados en zonas estudiantiles tienden a operar hasta entre las 12 y 15 horas.
Pregunta 2: ¿Cuál es la tarifa para vehículos?	Se puede decir que el valor por minuto en un parqueadero típico oscila entre los \$61 y \$90 pesos. Siendo el valor promedio aproximado de \$74 pesos/min.
Pregunta 3: ¿Maneja tarifa plana?	En un porcentaje muy dividido (56.00%), logra preponderar por poco el manejo de la tarifa plana. Teniendo como referencia que, a menor precio del minuto del parqueadero este tiende a manejar tarifa plana.
Pregunta 4: ¿A partir de cuantas horas se cobra la tarifa plana?	En promedio, la tarifa plana en un parqueadero comienza a regir en el intervalo entre las 5 y 7 horas. Siendo aproximadamente las 6 horas continuas ocupando un espacio en el parqueadero el tiempo promedio a partir del cual se le cobra una tarifa plana a un cliente.
Pregunta 5: ¿En que intervalo de precio se encuentra la tarifa plena de parqueo después de un determinado número de horas?	En ningún caso se cobra una tarifa plena menor a los \$5.000 pesos. Por el contrario, en promedio se cobra un valor superior a los \$9.000 pesos. Siendo el valor medio igual a \$10.000 pesos. Existe una tendencia a que los parqueaderos con el valor del cobro por minuto más económico opten por dejar una tarifa plana entre el rango de los \$5.000 y \$7.000 pesos. Es decir, a medida que el valor del minuto sea mayor y si el parqueadero maneja una tarifa plana, esté tendera a cobrar más de \$9.000 pesos por este servicio prestado.
Pregunta 6: ¿Cuántos trabajadores laboran directamente en el parqueadero?	Ningún administrador encuestado tiene laborando más de 7 trabajadores en su parqueadero, por el contrario, el 84% de los encuestados coincide en tener entre 2 y 4 empleados. El valor promedio de empleados en un parqueadero sería de 3.
Pregunta 7: ¿Cuántos cupos disponibles tiene el parqueadero que usted administra?	El 66% de los administradores encuestados tienen una disponibilidad entre los 21 y 60 cupos. Siendo el valor promedio igual a 42 cupos en un parqueadero típico.
Pregunta 8: ¿Para qué tipo de vehículo está diseñado los espacios del parqueadero?	Con porcentaje bastante superior (76%) con relación a las demás opciones, el diseño típico de un parqueadero permite estacionar vehículos de pequeña y mediana envergadura.
Pregunta 9: ¿Qué porcentaje del cupo total se destina a personas con discapacidad?	Con un 82%, los administradores manifiestan tener menos del 10% de sus cupos disponibles para personas en condición de discapacidad. Es decir que, si en promedio un parqueadero típico tiene 42 cupos y de forma optimista el administrador reserva el 10% de ellos a personas discapacitadas, indica entonces que máximo hay 4 cupos disponibles para este tipo de población. Siendo este un escenario hipotético, ya que mediante la observación durante la realización de las encuestas no se evidencio la disponibilidad de por lo menos este valor en algunos parqueaderos.

<p>Pregunta 10: ¿Las áreas de circulación que conectan los sitios de parqueo las categoriza cómo?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El 86% de los encuestados considera las áreas de circulación al interior del parqueadero son adecuadas (entre 3.1 m y 4 m). • El 14% de los encuestados que consideran las áreas de circulación estrechas, son aquellos que manejan menos de 20 cupos en el parqueadero que administran. • Ninguno de los administradores encuestados consideró las áreas de parqueo amplias.
<p>Pregunta 11: ¿Cuánto en promedio se demora un espacio de parqueadero ocupado?</p>	<p>El 60% de los encuestados coinciden que en promedio un espacio de estacionamiento permanece ocupado entre 1 hora y 2 horas con 30 minutos. Es decir, un tiempo promedio de 111 minutos (1 hora y 51 minutos).</p>
<p>Pregunta 12: ¿Cuántos carros en promedio ingresan al día?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ningún estacionamiento recibe menos de 10 carros al día. • El número total en promedio que ingresan al día oscila entre los 41 y 60 carros. • Siendo aproximadamente 50 la cantidad de ellos que ingresan típicamente en un día. <p>Ahora bien, si en promedio en un parqueadero:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operación de 15 horas al día. (Análisis pregunta 1) • Se cobra a \$74 pesos el minuto. (Análisis pregunta 2). • 42 cupos por parqueadero. (Análisis pregunta 7) • 111 minutos ocupando un espacio del parqueadero. (Análisis pregunta 11). • 50 carros ingresan por día. (Análisis pregunta 12). <p>Escenario parqueadero promedio: 50 carros x 111 minutos x \$74 pesos/min = \$410.700 pesos diarios. La encuesta tan solo mide la operación del parqueadero de lunes a viernes, es decir 5 días de operación a la semana, entonces, \$410.700 x 5 = \$2.053.500 pesos de ingresos semanales, con una operación mensual de 4 semanas, \$2.053.500 x 4 = \$8.214.400 de ingreso mensual. Para un parqueadero desocupado la mayor parte del tiempo, ya que los 50 carros se distribuyen a lo largo de las 15 horas (900 minutos) promedio de operación al día, para un parqueadero con un promedio de 42 cupos disponibles.</p> <p>Escenario parqueadero promedio idealmente lleno: 111 minutos x \$74 pesos/minuto = \$8.214 pesos x 42 carros = \$344.988 pesos en una primera ronda 111 minutos de ocupación de los 900 disponibles al día. Para lograra mantener lleno el parqueadero, con la cantidad de minutos de ocupación promedio de un espacio, sería necesario por lo menos hacerlo en 8 ocasiones, entonces, \$344.988 x 8 = \$2.759.904 pesos de ingreso diario, con una operación de 5 días a la semana \$2.759.904 x 5 = \$13.799.520 pesos de ingreso semanal, \$55.198.08 pesos mensuales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las cifras mejoran al realizar una proyección anual. Cabe resaltar que se debería descontar lo que se pague por nóminas, impuestos, servicios, mantenimientos, pólizas, entre otros, con el fin de obtener una mejor aproximación de la utilidad de un negocio como este. • Está claro que lograr un adecuado balance entre el precio por minuto, los cupos disponibles, el tiempo de ocupación de un lugar en el parqueadero y un alto flujo de carros durante el día, haría rentable en mayor o menor proporción el negocio para un administrador de este tipo de establecimientos.
<p>Pregunta 13: ¿Maneja sobre cupo en el parqueadero?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una tendencia a manejar sobre cupo en los parqueaderos, lo demuestra el 60% de administradores que respondieron afirmativamente, si existe dicha tendencia es debido a que hay una baja oferta (por desconocimiento, por precio o hábitos del usuario) de parqueaderos en distintas zonas de la ciudad. Lo anterior se deduce por observación, debido a que en los distintos lugares donde se tomó la encuesta, durante el ejercicio, se evidenciaron estacionamientos con lleno total hasta el sobre cupo, y otros tan solo a unos metros a la redonda completamente vacíos.

	<ul style="list-style-type: none"> Otro punto para analizar es aquel que indica que a medida que el valor por minuto es más económico tienden a manejar sobre cupo, así mismo, parqueaderos con poca capacidad tienden a sobre ofrecer cupos (las áreas de circulación) para abarcar la demanda en determinados momentos del día.
Pregunta 14: ¿Si maneja sobre cupo en el parqueadero, pide a sus clientes dejar las llaves?	Está totalmente claro que, si el parqueadero maneja sobre cupo, esté le exigirá dejar las llaves del vehículo si hace uso de uno de los lugares destinados para tal fin. Esto debido a la operación del mismo parqueadero, ya que se necesita comenzar a mover vehículos para acomodar o dar paso a otros que entran o salen.
Pregunta 15: ¿En el parqueadero que usted administra se debe estacionar en reversa?	Para el 70% de los encuestados, a estos les toma con indiferencia la forma como estacionan en el parqueadero que administran, es decir puede ser o no en reversa. Por lo general los parqueaderos con gran cantidad de cupos y zonas de desplazamiento amplias tienden a solicitar la acomodación del vehículo en reversa.
Pregunta 16: ¿Según su experiencia en la administración del parqueadero, ¿cuál sería el intervalo de horas en las que existe un mayor flujo de vehículos y ocupación?	<ul style="list-style-type: none"> El 49.98% de los encuestados coinciden con el horario entre las 11:00 am y las 1:00 pm como la franja en donde existe mayor flujo de vehículos y ocupación en el parqueadero que administran. Un 36.69% evidencian una mezcla entre dos franjas del día o un horario distinto al consultado. De ese 36.69%, la mayoría aduce alto flujo en la franja de la tarde-noche (11:00 am a 1:00 pm) y de la noche (5:00 pm a 9:00 pm), seguido por la franja de la mañana-tarde y mañana-noche. Este análisis depende mucho de la zona particular donde se haya realizado la encuesta, ya que si existe alta concentración de establecimientos comerciales o educativos nocturnos la franja de la noche cobra mayor importancia durante el día.
Pregunta 17: ¿Cuenta con servicios tecnológicos para el pago del parqueadero de un vehículo?	No hay duda de que está lejos la apropiación del pago de servicios de parqueo por medios tecnológicos, un 76% de los administradores encuestados respondió negativamente a esta pregunta.
Pregunta 18: De ser positiva la respuesta anterior, responda que tipo de servicios tecnológicos posee.	Para aquellos que respondieron afirmativamente sobre el uso de tecnologías para el pago de servicios de parqueo, el 50% manifestó tener máquinas de auto gestión para que los usuarios realicen el pago, seguido de alternativas como el uso de tarjeta electrónica personalizada o tiquetera virtual mensual.
Pregunta 19: ¿El parqueadero que usted administra cuenta con algún tipo de descuentos u ofertas especiales para los clientes en general (ej. Cobro del minuto más económico en horas valles, tarifas especiales por estacionamiento nocturno o convenio con establecimientos comerciales)?	El 78% de los administradores encuestados no posee ningún tipo de descuento u oferta especial para los clientes que estacionan su vehículo en el parqueadero. Se podría buscar la manera de rentabilizar la oferta de nuevos productos y servicios con el fin de atraer más clientes dada la disponibilidad de los usuarios a pagar por ellos.
Pregunta 20: ¿De qué tipo es el descuento/oferta que ofrece?	Al preguntar sobre qué tipo de descuento/oferta ofrece al grupo de administradores que respondieron positivamente, indican en general ofertas de tipo estudiantil y comercial, es decir, hay descuento por ser estudiantes de una determinada universidad o centro educativo o por tener convenios con establecimientos comerciales de la zona alrededor del parqueadero.
Pregunta 21: ¿El parqueadero que usted administra posee algún tipo de póliza?	<ul style="list-style-type: none"> Más de la mitad (62%) de los administradores encuestados paga o posee algún tipo de póliza que ampara daños ocurridos en el parqueadero que administran. Cabe resaltar que el precio de la póliza varía según que se desea asegurar y que aseguradora presté el servicio, además, se puede hacer el pago de la póliza anual, cada 2 años o cada 5 años según la empresa aseguradora.

<p>Pregunta 22: ¿Cuánto paga anualmente por la póliza?</p>	<ul style="list-style-type: none"> Al categorizar las respuestas de los administradores que pagan algún tipo de póliza, se tiene que el valor medio ubica el pago en un valor menor a los 30 millones de pesos anualmente. Siendo en promedio 19.2 millones de pesos el valor típico que se pagaría por una póliza para un parqueadero.
<p>Pregunta 23: ¿El parqueadero que usted administra paga impuestos, servicios, nomina, mantenimiento?</p>	<p>Está claro que la totalidad (100%) de los administradores de parqueaderos pagan por conceptos asociados al funcionamiento, ya sea, servicios, nominas, mantenimientos, impuestos, imprevistos, entre otros.</p>
<p>Pregunta 24: ¿Cuánto paga anualmente por concepto de servicios, impuestos, nómina y mantenimiento?</p>	<p>Aunque el 36% de los encuestados manifestó pagar en promedio entre 21 y 30 millones de pesos anualmente por conceptos asociados a la operación del parqueadero, está claro que el valor medio se ubica entre los 31 y 40 millones de pesos. Es decir, teniendo esto como referencia el valor promedio que paga un administrador de parqueadero sería de 35 millones de pesos.</p> <p>Ahora bien, con los análisis realizados hasta aquí podemos realizar otro que nos acerque a cuantificar la rentabilidad de un parqueadero promedio, para ello tomamos como base lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mensualmente en promedio ingresan \$8.214.400 pesos a un parqueadero. (Análisis pregunta 12). 19.2 millones de pesos al año paga un administrador en promedio por conceptos de pólizas. (Análisis pregunta 22). 35 millones de pesos al año paga un administrador en promedio por conceptos asociados a la operación del parqueadero. (Análisis pregunta 24). <p>Con estos datos se realiza las siguientes operaciones; $\\$8.214.400 \times 12 = \\$98.572.800$ ingresan al año por concepto de operación, ahora, $\\$98.572.800 - (\\$19.200.000 + \\$35.000.000) = \\$44.372.800$ pesos sería la utilidad promedio anual. Una utilidad aproximada del 45%. Esto al realizar un análisis más reflexivo puede que sea un poco menor o mayor, pero sin lugar a duda un parqueadero debidamente administrado es un potencial y rentable negocio.</p>
<p>Pregunta 25: ¿Conoce una herramienta tecnológica (aplicación o sitio web) que permita visibilizar y atraer más clientes (conductores) hacia su parqueadero?</p>	<p>El 98% de los administradores encuestados desconoce aplicativos o sitios web que permitan captar un mayor flujo de posibles clientes hacia sus parqueaderos. Tan solo un 2% respondió afirmativamente y hace referencia a aplicaciones no funcionales en el país.</p>
<p>Pregunta 26: ¿Cómo se llama la herramienta tecnológica?</p>	<p>Las aplicaciones referenciadas como de ayuda hacia la obtención de nuevos clientes se llaman SmartParking y DayParking, por medio de la entrevista a los administradores que afirmaron conocerla expresan que no son funcionales en Colombia.</p>
<p>Pregunta 27: ¿Cuanto estaría dispuesto a pagar mensualmente por una herramienta tecnológica (aplicación o sitio web) que permita visibilizar y atraer más clientes (conductores) hacia su parqueadero?</p>	<ul style="list-style-type: none"> Hay que aclarar que durante la toma de la encuesta el administrador podía omitir esta pregunta si no deseaba pagar por alguna herramienta que le permitiera visibilizar y atraer más clientes al parqueadero. De los 50 entrevistados y encuestados tan solo 1 no estaría en disposición de pagar por este tipo de herramientas, ahora bien, de los 49 que optaron por pagar algo, el 48.98% de los encuestados manifestó que pagaría entre los \$20.001 y \$30.000 pesos, es justo en este intervalo donde se ubica el valor medio, lo que indica que un administrador en promedio estaría dispuesto a pagar \$25.208 pesos mensuales por algún tipo de herramienta que le signifique un valor agregado a la operación de su establecimiento.

8.3. Anexo 3

Comprobación teórica y practica de la funcionalidad de una herramienta programada del modelo M/M/s para ser aplicado a la simulación de ocupación de parqueaderos

Para realizar la simulación de la ocupación de un parqueadero según su capacidad (pequeño, mediano o grande), se ha tomado el modelo de colas M/M/s para observar el comportamiento del sistema según la cantidad de carros que pueden arribar al parqueadero, así como la cantidad de cupos (servidores) disponibles y distintas tasas de servicio para la totalidad de cupos del parqueadero.

El modelo M/M/s relaciona los siguientes componentes:

λ = Tasa de llegadas.

μ = Tasa de servicio.

S = Número de servidores.

ρ = Factor de utilización del sistema o intensidad de tráfico.

L = Valor esperado de número de clientes en el sistema.

Lq = Valor esperado de número de clientes en la cola.

W = Tiempo medio de espera en el sistema.

Wq = Tiempo medio de espera en la cola.

P0 = Probabilidad que el sistema este vacío.

Pn = Probabilidad de que n clientes estén en el sistema en estado estacionario.

Pw = Probabilidad de que un nuevo cliente tenga que esperar.

Modelo General

Las formulas utilizadas para el cálculo teórico se relacionan en la Tabla 3 y 4 de la sección 3.4.9 del presente documento.

Ejercicios teóricos del modelo M/M/s

1. Un banco dispone de 3 ventanillas de atención. Los clientes llegan al banco a razón de 1 por minuto. El tiempo de atención por ventanilla es de 2 minutos por persona. Calcule.
 - a. El valor esperado de número de clientes en el sistema.
 - b. El valor esperado de número de clientes en la cola.
 - c. El tiempo medio de espera en el sistema.
 - d. El tiempo medio de espera en la cola.
 - e. La probabilidad que el banco este vacío.
 - f. La probabilidad de que haya 1, 2, 3 y 4 clientes en el banco.

Solución

$$\lambda = 60 \text{ clientes/hora}$$

$$\mu = \frac{60}{2} = 30 \text{ clientes/hora}$$

$$S = 3 \text{ ventanillas}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{S \cdot \mu} = \frac{60}{3(30)} = 0,67 < 1$$

- a. $L = 2.89$ clientes
- b. $L_q = 0.89$ clientes
- c. $W = 0.049$ horas = 2.94 minutos
- d. $W_q = 0.015$ horas = 0.9 minutos
- e. $P_0 = 0.11 \Rightarrow 11\%$
- f. $P_1 = 0.22, P_2 = 0.22, P_3 = 0.15, P_4 = 0.10$

2. Considere una línea de espera con dos canales de atención, con llegadas de Poisson y tiempos de servicio exponencial. La tasa media de llegadas es de 14 unidades por hora, y la tasa media de servicio es de 10 unidades por hora para cada canal.
- a. ¿Cuál es la probabilidad de que no haya unidades en el sistema?
 - b. ¿Cuál es la cantidad de unidades promedio en el sistema?
 - c. ¿Cuál es el tiempo promedio que espera una unidad por servicio?
 - d. ¿Cuál es el tiempo promedio que una unidad está en el sistema?
 - e. ¿Cuál es la probabilidad de tener que esperar por servicio?

Solución

$$\lambda = 14 \text{ unidades por hora}$$

$$\mu = 10 \text{ unidades por hora}$$

$$S = 2 \text{ canales de atención}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{S \cdot \mu} = \frac{14}{2(10)} = 0,7 < 1$$

$$a. P_0 = \frac{1}{\frac{(14/10)^0}{0!} + \frac{(14/10)^1}{1!} + \frac{(14/10)^2}{2! \cdot (1-0.7)}} = 0.1764 \approx 17.64\%$$

$$b. L_q = \frac{(14/10)^2 \cdot 0.1764 \cdot 0.7}{2! \cdot (1-0.7)^2} = 1.345 \text{ unidades}$$

$$c. w_q = \frac{1.345}{14} = 0.096 \text{ horas (5.76 minutos)}$$

$$d. W = 0.096 + \frac{1}{10} = 0.196 \text{ horas (11.76 minutos)}$$

$$e. P_w = \left(\frac{14}{10}\right)^2 \cdot \frac{0.1764}{2! \cdot (1-0.7)} = 0.5762 \approx 57.62\%$$

Solución de ejercicios teóricos del modelo M/M/s con la herramienta programada en Java

La herramienta en particular está adaptada para simular ocupación de parqueaderos, por tal razón aparecen vehículos por hora, y en la tasa de servicio, en minutos promedio que un espacio de parqueo está ocupado. Ahora bien, al adaptar estos datos el programa calculo.

Ejercicio 1

Un solo Parqueadero

Parámetros de la Simulación

Tipo de parqueadero

- Pequeño (Capacidad de 3 vehículos) 1
- Mediano (Capacidad de 42 vehículos)
- Grande (Capacidad de 90 vehículos)

Tipo de Simulación

- m/m/s 2
- .. / .. / ..

Tasa de Llegada, de Servicio y n => Pn

- λ 60 Vehículos x Hora
- μ 2 Min. prom. esp. ocupado
- n 4 Vehículos en el Sistema

S. Todo m/m/s S. Manual

Resultados de la Simulación

0/3

L= 0.0
Lq= 0.0
W= 0.0
Wq= 0.0
Ro= 0.0
Pw= 0.0

P0 = 0.0 => 0%
P1 = 0.0 => 0%
P2 = 0.0 => 0%
...
...
...
...
Pn = 0.0 => 0%

Convenciones

L: Valor esperado de número de vehículos en el sistema.
Lq: Valor esperado de número de vehículos en la cola.
W: Tiempo medio de espera en el sistema.
Wq: Tiempo medio de espera en la cola.
Ro: Factor de utilización del sistema (intensidad de tráfico).
Pn: Probabilidad de que n vehículos estén en el sistema.
Pw: Probabilidad de que un nuevo vehículo tenga que esperar.

Figura 1. Configurando los parámetros para el ejercicio 1

Donde:

1. Cantidad de servidores.
2. Modelo m/m/s
3. Parámetros.

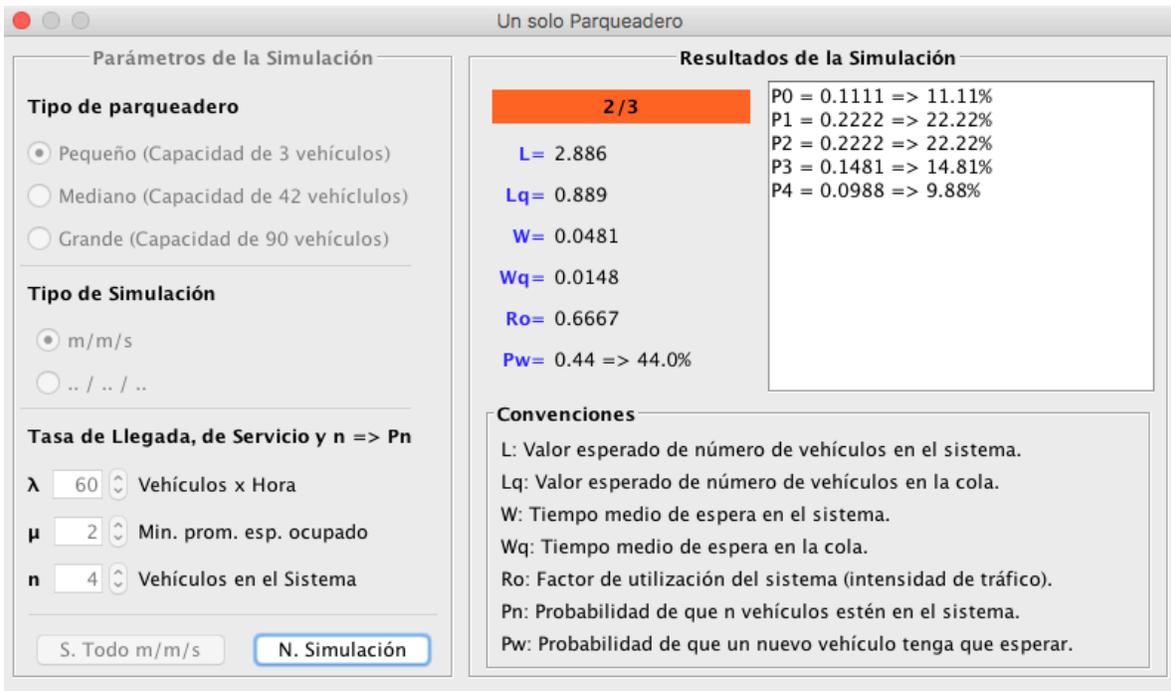


Figura 2. Resultado de la simulación para el ejercicio 1

Como se puede observar los valores tanto teóricos como los que arrojo el programa son muy parecidos, tan solo por algunos valores aproximados en el ejercicio teórico.

Ejercicio 2

Se realiza el mismo proceso que para el ejercicio 1, para este caso en el valor de tasa de servicio se realiza la conversión de unidades por hora a unidades por minuto, $\mu = 10$ unidades por hora $\approx 60/10 = 6$ unidades por minuto.

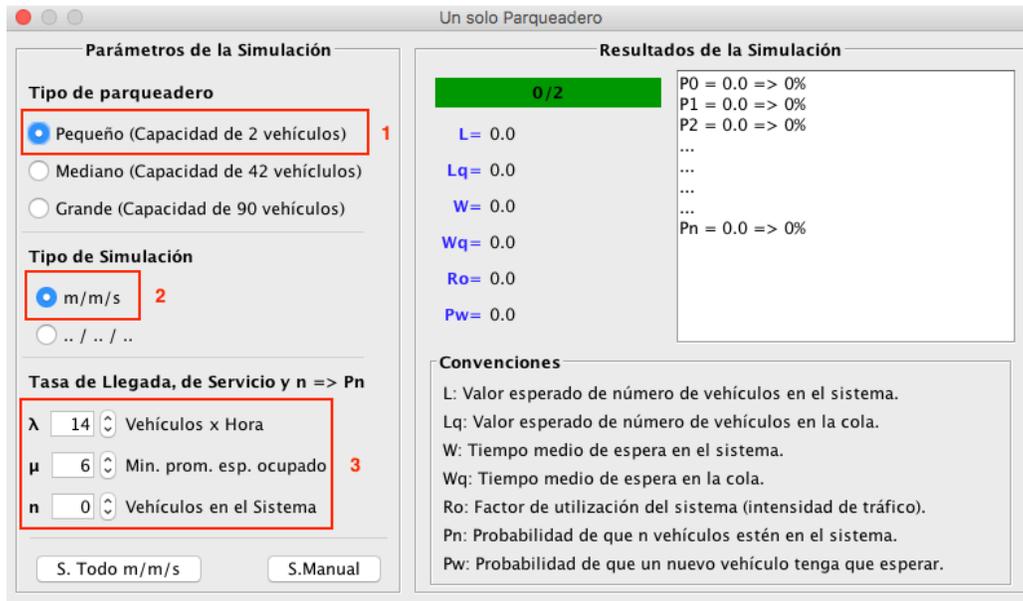


Figura 3. Configurando los parámetros para el ejercicio 2

Donde:

1. Cantidad de servidores.
2. Modelo m/m/s
3. Parámetros.

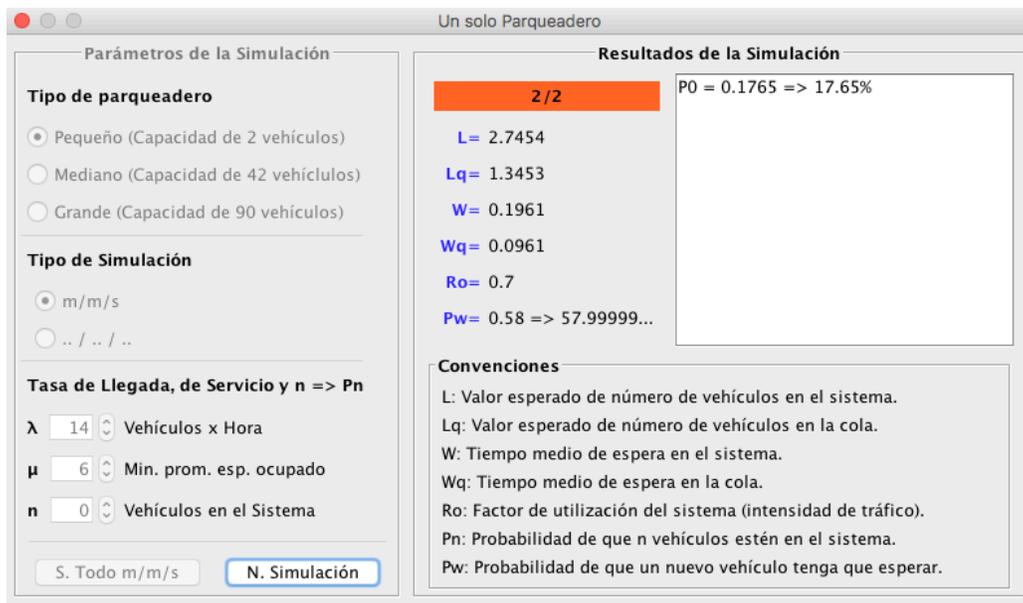


Figura 4. Resultado de la simulación para el ejercicio 2

Como se puede observar, los valores tanto teóricos como los que arrojó el programa son muy parecidos, tan solo por algunos valores demás aproximados en el ejercicio teórico.

Solución de ejercicio teórico del modelo M/M/s con MATLAB (SimEvents)

Con ayuda de Simulink de Matlab y de la herramienta de desarrollo SimEvents se procede ahora a simular uno de los ejercicios teóricos del modelo M/M/s con el fin de comprobar el funcionamiento de este.

Ejercicio 1

Para que el modelo pudiera ser analizado en estado estacionario se ha tomado un Tiempo de simulación = $60 \text{ minutos} \cdot 1 \text{ Hora} \cdot 24 \text{ Horas} \cdot 1 \text{ día} \cdot 7 \text{ días} = 10080 \text{ minutos}$, esto corresponde a 7 días de funcionamiento del banco.

Modelo

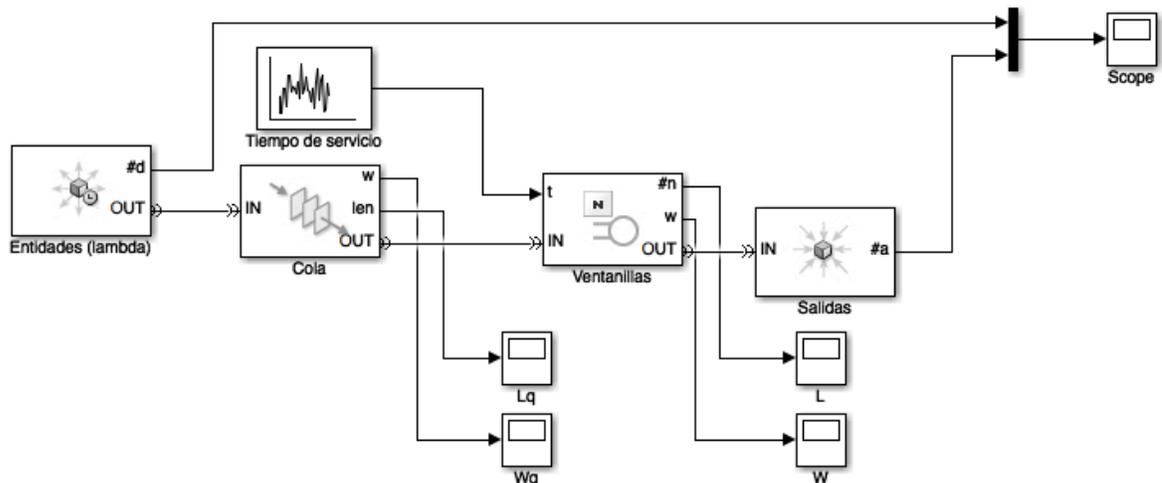


Figura 5. Modelo funcional del ejercicio 1

Parámetros

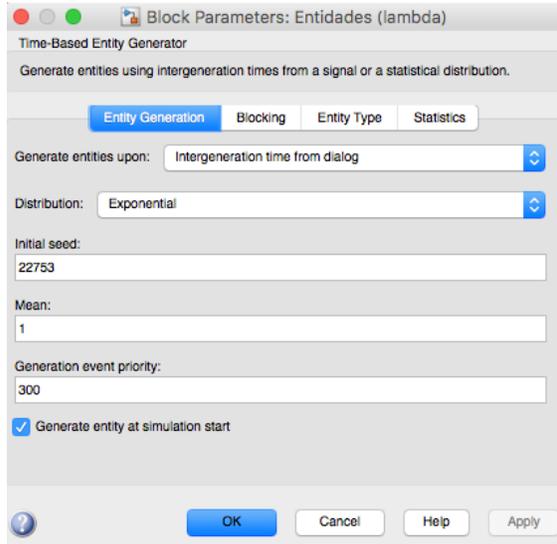


Figura 6. Cantidad de entidades (λ) por minuto

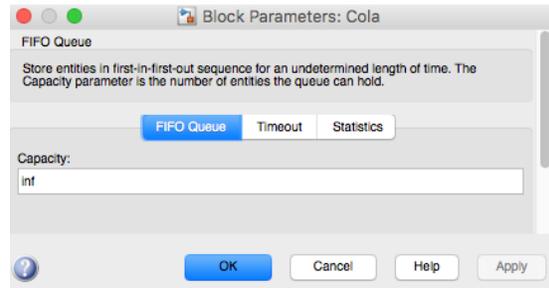


Figura 7. Tipo de cola FIFO y capacidad

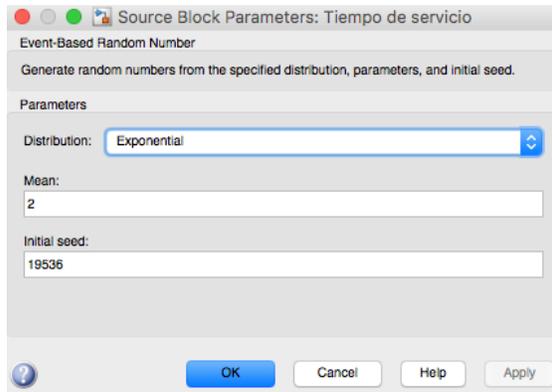


Figura 8. Configuración del tiempo de servicio (μ) por minuto

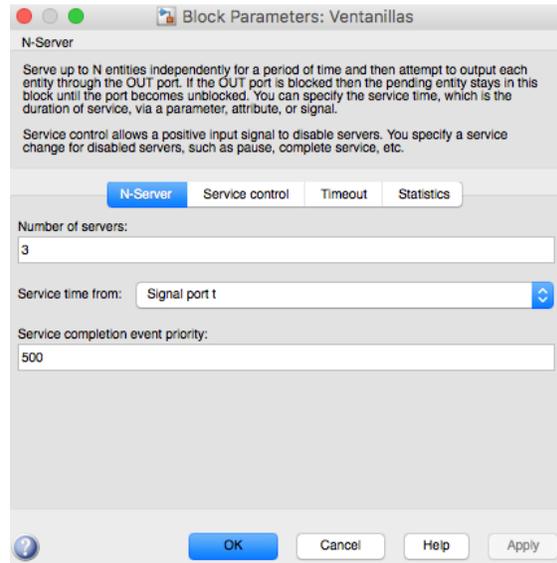


Figura 9. Cantidad de ventanillas

Resultados

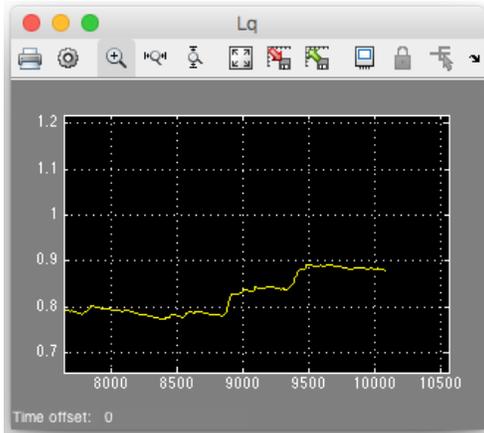


Figura 10. Valor simulado de L_q muy cercano a los 0.89 clientes teóricos

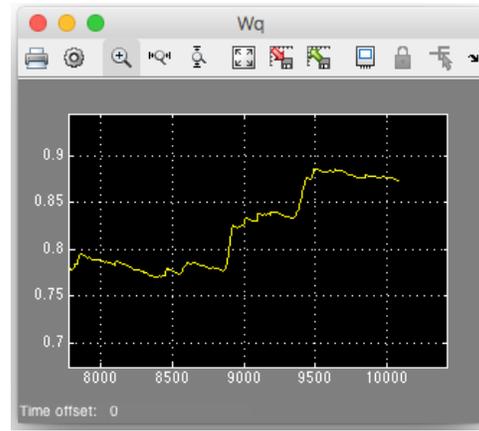


Figura 11. Valor simulado de W_q muy cercano a los 0.9 minutos teóricos

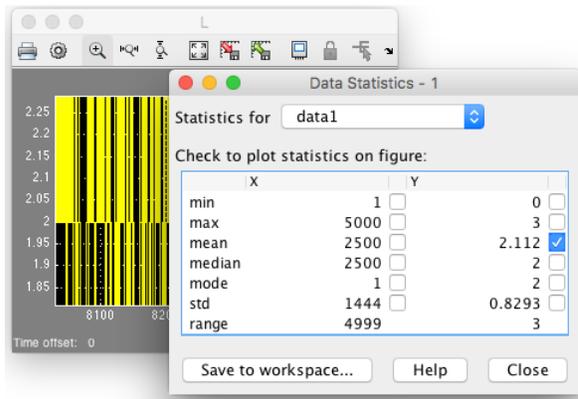


Figura 12. Valor simulado de $L = 2.112$ clientes cercano al valor teórico

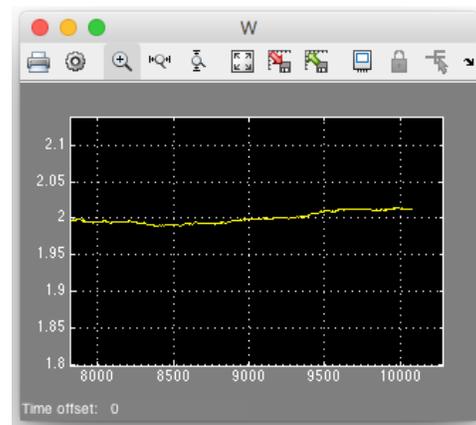


Figura 13. Valor simulado de $W = 2$ minutos cercano al valor teórico