

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE  
UBICACIÓN DE VEHÍCULOS Y LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE LA  
INVERSORA LA 21

MANUEL SALVADOR CÁRDENAS HENAO  
cód. 200858796  
manuel.cardenas@correounivalle.edu.co

JOEL ANDRÉS GIRALDO SOTO  
cód. 200859302  
joelandresgs@gmail.com

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE TULUÁ  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
NOVIEMBRE DE 2014

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE  
UBICACIÓN DE VEHÍCULOS Y LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE LA  
INVERSORA LA 21

MANUEL SALVADOR CÁRDENAS HENAO  
cód. 200858796  
manuel.cardenas@correounivalle.edu.co

JOEL ANDRÉS GIRALDO SOTO  
cód. 200859302  
joelandresgs@gmail.com

Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero de Sistemas

Director  
LUIS FERNANDO GÓMEZ  
Ingeniero de Sistemas  
luigomez8@gmail.com

Codirector  
PÁVEL FRANCO MARÍN  
Ingeniero de Sistemas  
pavelfm@gmail.com

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE TULUÁ  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
NOVIEMBRE DE 2014

**Notas de Aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Tuluá, Noviembre del 2014**

## Dedicatoria

Este trabajo de grado va dedicado como primera medida a Dios y a mis padres, quienes son ese gran motor que me impulsa a mejorar todos los días tanto personal como profesionalmente. También va dedicado a aquellos familiares y amigos quienes me han brindado su apoyo incondicional durante este largo proceso.

Manuel Salvador Cárdenas Henao

Dedico este trabajo de grado a mi madre, *DIOSELINA SOTO*. Definitivamente yo si conozco los héroes y ella es uno de ellos; se ha caído una y otra vez, pero siempre se levanta para demostrarme que todo es posible en la vida con la ayuda de Dios.

Joel Andrés Giraldo Soto

## Agradecimientos

Agradezco a Dios, al universo, a los que estuvieron y a los que no, por ser partícipes de este proceso y que finalmente puedan ver cómo este sueño, aunque difícil se hizo realidad.

Agradezco a la Universidad del Valle y a todos los docentes que de una u otra manera con sus conocimientos, ayudaron en mi formación profesional.

Manuel Salvador Cárdenas Henao

Agradezco enormemente a Dios por permitirme tener una familia que me apoyo durante mi formación académica. A mi abuela *Cecilia Restrepo* y a mi madre *Dioselina Soto*, quienes son pilares fundamentales en mi vida y a quienes amo profundamente. Dios todo lo ha hecho posible y a él le debo cuanto se me ha permitido.

Agradezco a la Universidad del Valle sede Tuluá quien a través de sus docentes me formó profesionalmente. De manera especial al profesor *Pável Franco*, quien nos apoyó durante este proceso.

Joel Andrés Giraldo Soto

## CONTENIDO

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.INTRODUCCIÓN.....</b>                                                         | <b>12</b> |
| <b>1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....</b>                                               | <b>12</b> |
| <b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>                                        | <b>13</b> |
| 1.2.1 Descripción del problema.....                                                | 13        |
| 1.2.2 Formulación del problema.....                                                | 15        |
| <b>1.3 OBJETIVOS .....</b>                                                         | <b>15</b> |
| 1.3.1 Objetivo General .....                                                       | 15        |
| 1.3.2 Objetivos Específicos .....                                                  | 15        |
| <b>1.4 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO .....</b>                                          | <b>15</b> |
| <b>2. MARCO REFERENCIAL .....</b>                                                  | <b>17</b> |
| <b>2.1 MARCO CONCEPTUAL.....</b>                                                   | <b>17</b> |
| 2.2.1 Computación Evolutiva.....                                                   | 17        |
| 2.2.2 Tecnologías para la Web .....                                                | 20        |
| 2.2.3 Metodología de Desarrollo .....                                              | 22        |
| <b>2.2 MARCO CONTEXTUAL.....</b>                                                   | <b>23</b> |
| <b>2.3 MARCO DE ANTECEDENTES .....</b>                                             | <b>23</b> |
| <b>3. SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN Y UBICACIÓN DE<br/>VEHÍCULOS.....</b> | <b>25</b> |
| <b>3.1 SERVICIO WEB .....</b>                                                      | <b>28</b> |
| <b>4. ASPECTOS DEL DESARROLLO .....</b>                                            | <b>29</b> |
| <b>4.1 ANÁLISIS.....</b>                                                           | <b>29</b> |
| 4.1.1 Especificación de los Requerimientos .....                                   | 30        |
| 4.1.2 Prototipación Rápida .....                                                   | 31        |
| 4.1.3 Modelo de Casos de Uso.....                                                  | 32        |
| 4.1.4 Modelamiento de la Solución.....                                             | 33        |
| <b>4.1.4.1 Dimensionalidad de los espacios .....</b>                               | <b>33</b> |
| 4.1.4.1.1 Identificación y descripción de los espacios.....                        | 34        |
| 4.1.4.1.2 Dimensión de los espacios.....                                           | 34        |
| <b>4.1.4.2 Restricciones Del Problema.....</b>                                     | <b>38</b> |

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 4.1.4.2.1 Restricciones de Espacios.....          | 38 |
| 4.1.4.2.2 Restricciones de Movilidad.....         | 38 |
| 4.1.4.3 APLICACIÓN DEL ALGORITMO GENÉTICO.....    | 41 |
| 4.1.4.3.1 Representación Cromosómica .....        | 41 |
| 4.1.4.3.2 Estructura del Algoritmo Genético ..... | 43 |
| 4.1.4.3.3 Operadores Genéticos .....              | 45 |
| 4.2 DISEÑO .....                                  | 49 |
| 4.2.1 Descripción de Casos de Uso.....            | 49 |
| 4.2.2 Diagrama de Entidad Relación.....           | 50 |
| 4.2.3 Diagramas de Secuencia .....                | 55 |
| 4.2.4 Diagrama de Clases .....                    | 57 |
| 4.3 DESARROLLO .....                              | 58 |
| 4.4 PRUEBAS .....                                 | 63 |
| 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....           | 69 |
| 5.1 CONCLUSIONES.....                             | 69 |
| 5.2 TRABAJOS FUTUROS .....                        | 72 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                 | 73 |

## ÍNDICE FIGURAS

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1 FUNCIONAMIENTO ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE.....                      | 18 |
| FIGURA 2 AJAX.....                                                          | 20 |
| FIGURA 3 METODOLOGÍA ICONIX .....                                           | 22 |
| FIGURA 4 PANTALLA DE BIENVENIDA DE SIGUV.....                               | 25 |
| FIGURA 5 REPORTE DE INGRESO DE VEHÍCULOS POR TIPO.....                      | 27 |
| FIGURA 6 REPORTE DE ACTIVIDADES DE USUARIO .....                            | 27 |
| FIGURA 7 REPORTE GRÁFICO DE INGRESO DE VEHÍCULOS .....                      | 27 |
| FIGURA 8 REPORTE DE ESPACIOS OCUPADOS POR PARQUEADERO .....                 | 27 |
| FIGURA 9 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES – MÓDULO UBICACIÓN.....                 | 30 |
| FIGURA 10 PROTOTIPO - MÓDULO UBICACIÓN.....                                 | 31 |
| FIGURA 11 PROTOTIPO - MÓDULO UBICACIÓN.....                                 | 31 |
| FIGURA 12 CASOS DE USO – MÓDULO DE UBICACIÓN.....                           | 33 |
| FIGURA 13 CASO DE USO EXTENDIDO – MÓDULO UBICACIÓN.....                     | 33 |
| FIGURA 14 PARQUEADERO CARREFOUR DE LA 70 .....                              | 35 |
| FIGURA 15 PARQUEADERO CARREFOUR DE LA 70 PASO 1.....                        | 36 |
| FIGURA 16 PARQUEADERO CARREFOUR DE LA 70 PASO 2.....                        | 36 |
| FIGURA 17 PARQUEADERO CARREFOUR DE LA 70 PASO 3.....                        | 37 |
| FIGURA 18 ESQUEMATIZACIÓN DISTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS EN UN PARQUEADERO ..... | 39 |
| FIGURA 19 DISTRIBUCIÓN DEL PARQUEADERO EN TIRAS.....                        | 40 |
| FIGURA 20 CROMOSOMA DEL PROBLEMA DE UBICACIÓN INDIVIDUAL .....              | 42 |
| FIGURA 21 EJEMPLO INDIVIDUOS VÁLIDOS PROBLEMA DE UBICACIÓN INDIVIDUAL ..... | 42 |
| FIGURA 22 CROMOSOMA DEL PROBLEMA DE UBICACIÓN TOTAL .....                   | 42 |
| FIGURA 23 EJEMPLO INDIVIDUOS VÁLIDOS PROBLEMA DE UBICACIÓN TOTAL.....       | 43 |
| FIGURA 24 EJEMPLO CRUCE UN PUNTO PARA UBICACIÓN TOTAL.....                  | 46 |
| FIGURA 25 EJEMPLO CRUCE UN PUNTO PARA UBICACIÓN INDIVIDUAL .....            | 46 |
| FIGURA 26 EJEMPLO CRUCE DOS PUNTOS PARA UBICACIÓN TOTAL .....               | 47 |
| FIGURA 27 INCONVENIENTE CRUCE PARA UBICACIÓN TOTAL.....                     | 47 |
| FIGURA 28 EJEMPLO CRUCE CON REPARACIÓN PARA UBICACIÓN TOTAL.....            | 48 |
| FIGURA 29 EJEMPLO MUTACIÓN PARA UBICACIÓN TOTAL.....                        | 48 |
| FIGURA 30 EJEMPLO MUTACIÓN PARA UBICACIÓN INDIVIDUAL .....                  | 48 |
| FIGURA 31 DIAGRAMA ER .....                                                 | 55 |
| FIGURA 32 DIAGRAMA DE SECUENCIA – UBICACIÓN TOTAL .....                     | 56 |
| FIGURA 33 MODELO DEL DOMINIO UBICACIONAG .....                              | 57 |
| FIGURA 34 DIAGRAMA FLUJO PROCESO DE UBICACIÓN DE VEHÍCULOS.....             | 62 |
| FIGURA 35 EVOLUCIÓN POBLACIÓN INDIVIDUOS TAMAÑO 26 .....                    | 66 |
| FIGURA 36 EVOLUCIÓN POBLACIÓN INDIVIDUOS TAMAÑO 95 .....                    | 67 |
| FIGURA 37 EVOLUCIÓN POBLACIÓN INDIVIDUOS TAMAÑO 340.....                    | 67 |
| FIGURA 38 EVOLUCIÓN POBLACIÓN INDIVIDUOS TAMAÑO 992.....                    | 67 |

## ÍNDICE TABLAS

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 1 REPRESENTACIÓN CROMOSÓMICA DE LAS SOLUCIONES .....                                                       | 41 |
| TABLA 2 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN INICIAL .....                                                                     | 44 |
| TABLA 3 PENALIZACIONES DERIVADAS DEL PROCESO DE UBICACIÓN .....                                                  | 45 |
| TABLA 4 OPERADORES DE CRUCE PARA EL PROCESO DE REPRODUCCIÓN .....                                                | 46 |
| TABLA 5 PRUEBA FUNCIONAL CREAR REGISTRO DE ENTRADA. ....                                                         | 65 |
| TABLA 6 MEJORAMIENTO PROMEDIO DE LAS POBLACIONES DESPUÉS DE 10<br>EJECUCIONES PARA EVALUAR LA REPRODUCCIÓN. .... | 65 |
| TABLA 7 MEJORAMIENTO PROMEDIO DE LAS POBLACIONES DESPUÉS DE 10<br>EJECUCIONES PARA EVALUAR EL CRUCE. ....        | 66 |
| TABLA 8 EVOLUCIÓN POBLACIÓN INDIVIDUOS TAMAÑO 26.....                                                            | 66 |
| TABLA 9 EVOLUCIÓN POBLACIÓN INDIVIDUOS TAMAÑO 95.....                                                            | 67 |
| TABLA 10 EVOLUCIÓN POBLACIÓN INDIVIDUOS TAMAÑO 340 .....                                                         | 67 |
| TABLA 11 EVOLUCIÓN POBLACIÓN INDIVIDUOS TAMAÑO 992 .....                                                         | 67 |

## Resumen

El presente trabajo de grado tiene como objetivo, implementar una herramienta que brindará apoyo tanto en el proceso de ubicación de vehículos como en la administración de la información de los mismos y de sus propietarios en La Inversora La 21, mediante un Sistema de Información Web que trabaja en conjunto con un Algoritmo Genético de ubicación. En cumplimiento a este objetivo, se realizó una investigación acerca de las técnicas evolutivas para el aprovechamiento del espacio disponible, de igual forma se realizaron reuniones y entrevistas con especialistas tanto en arquitectura como en el diseño de Algoritmos Genéticos los cuales asesoraron de forma correcta el procedimiento que se debía realizar para alcanzar esta meta. Igualmente es importante destacar el uso de las TIC (Tecnologías de la información y comunicación) como herramientas de apoyo, dando cumplimiento al objetivo del presente trabajo de grado. Por tal motivo se realizó un Sistema de Información, manejando principios de diseño web y por ende asegurando el cumplimiento de principios básicos de navegabilidad, usabilidad y accesibilidad, garantizando que la interacción del usuario con ésta sea lo más agradable posible. Todo el proceso de elaboración de la aplicación se basó siguiendo una metodología de desarrollo ágil apropiada para asegurar todas las entregas en el tiempo establecido.

Palabras clave: Algoritmo genético, técnicas evolutivas, TIC, navegabilidad, usabilidad, accesibilidad.

## **Abstract**

This degree work has as a goal to implement a Web Tool that will support vehicles location process and the management of information for Inversora La 21, by using a Web Information System (WIS) that works together with a Location Genetic Algorithm (GA). In accordance to the goal, evolutionary techniques research was made for available space use, similarly meetings and interviews with specialist both architecture and designing GA which advised correctly the procedure should be performed to achieve this goal. Alike, it's important to emphasize the CIT (Communication and Information Technologies) use as a support tool, complying the degree work's goal. For this reason, an Information System was developed, handling web design rules and recommendations ensuring compliance with basic principles of navigability, usability and accessibility, making the users interaction as easy as possible with it. All the Information System development process was based on following a suitable agile methodology to ensure all deliveries in the set time.

Key words: Genetic Algorithm, evolutionary techniques, CIT, navigability, usability, accessibility.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

En la actualidad una adecuada gestión de la información se ha convertido en una pieza clave para la gestión empresarial, que va desde el simple hecho de registrar un dato a interpretarlo para que se convierta en información. Los sistemas de información han cobrado gran importancia al momento de brindar apoyo a los procesos relacionados con la administración de la información, ya que permiten realizar transacciones rápidamente y es posible configurarlos de acuerdo a la necesidad de cada empresa y aún más importante pueden brindar apoyo a la toma de decisiones sin importar el tamaño de la misma.

Existen empresas dedicadas a la administración de parqueaderos, como es el caso del Consorcio de Servicios Integrados de Tránsito y Transporte de Tuluá Limitada (SITT Tuluá)<sup>1</sup>, Según la LEY No.099 DE 2008<sup>2</sup> éstas cuentan con espacios legalmente constituidos y autorizados para prestar servicio de estacionamiento de vehículos automotores de forma segura, dándole a los propietarios la tranquilidad de regresar y recibirlos en la mismas condiciones en que los dejaron, liquidando una tarifa previamente establecida por las autoridades competentes de acuerdo a las características tanto técnicas, como operativas del establecimiento y al tiempo en minutos que transcurrió desde el momento en que el vehículo ingresó al parqueadero. Para este tipo de servicio existen diversos productos de software en el mercado, que atienden necesidades para parqueaderos de poca capacidad, hasta parqueaderos inteligentes con tecnología de punta. Básicamente estos productos permiten registrar el vehículo, la hora de ingreso y hacer el cálculo de la tarifa al momento de salir del parqueadero, entre otros.

Así, en La Inversora La 21, una empresa dedicada a la administración de parqueaderos en la ciudad de Cali, y que actualmente está vinculada con los organismos de tránsito municipales además de otros organismos para los cuales es de vital importancia contar con la información relacionada de los vehículos, los propietarios y el proceso relacionado con la inmovilización resultado de una infracción de tránsito o un accidente, se hace necesario el control desde el momento en que un vehículo ingresa a las instalaciones, hasta el momento que este sale de allí. Así mismo es importante para que estos organismos puedan determinar el tiempo que un vehículo debe permanecer inmovilizado e incluso determinar

---

<sup>1</sup> Consorcio servicio integrado de tránsito y transporte ltda. SITT Tuluá. [En línea]. [www.sitttulua.com/home/](http://www.sitttulua.com/home/) [Citado en 5de mayo de 2013]

<sup>2</sup> Congreso de Colombia. PROYECTO DE LEY No.099 DE 2008. Bogotá. 2008 [En línea] [www.alonsoacosta.com/pdf/proyecto\\_099.pdf](http://www.alonsoacosta.com/pdf/proyecto_099.pdf) [Citado en 7de febrero de 2013]

en qué momento debe darse por terminado el proceso de inmovilización. Procesos que generan dificultades para La Inversora La 21 debido a que la mayoría de los vehículos que ingresan a sus instalaciones permanecen demasiado tiempo o en el peor de los casos nunca salen de allí.

Por otra parte, gestionar el espacio disponible se ha convertido en un reto importante para prestar un servicio eficaz, sumado a la tarea de administrar la información relacionada con los procesos que ello implica, información no sólo de los vehículos sino también de las personas que son responsables de llevar a cabo estas actividades dentro de La Inversora La 21.

En este trabajo se estructura el desarrollo de un sistema de información para la gestión de la información en La Inversora La 21, así como el desarrollo de una aplicación basada en algoritmos genéticos que pueda mejorar el uso del espacio disponible dentro de las instalaciones para facilitar el proceso de ubicación y la disposición de una mayor cantidad de vehículos sin que esto comprometa la integridad física del vehículo.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Descripción del problema**

La Inversora La 21 es una empresa dedicada a la administración de parqueaderos y a la venta de vehículos usados en la ciudad de Cali, donde actualmente únicamente presta el servicio para los vehículos inmovilizados por parte del Centro de Diagnóstico Automotor del Valle del Cauca (CDAV)<sup>3</sup>, de los organismos Judiciales y de Juzgados. La Inversora La 21 cuenta con siete (7) parqueaderos que se encuentran ubicados en diferentes sitios de la ciudad de forma estratégica para facilitar a los funcionarios de las grúas el traslado de los vehículos.

Pensando en las cifras, anualmente en Cali son inmovilizados cerca de 52.000 vehículos con un promedio mensual de inmovilizaciones de 4.358 vehículos, estadísticas para el año 2012 según la Secretaría de Tránsito Municipal<sup>4</sup>, donde se pueden mencionar motocicletas, automóviles y autobuses. Por lo anterior, es posible concluir que La Inversora La 21 maneja una gran cantidad de registros y es responsable de gestionar rápida y efectivamente información sobre lo mencionado.

---

<sup>3</sup> Centro Diagnóstico Automotor del Valle Ltda. CDAV. [En línea]. [www.diagnosticentrodelvalle.com.co/portal/](http://www.diagnosticentrodelvalle.com.co/portal/) [Citado en 5de febrero de 2013]

<sup>4</sup> Conversación telefónica con Gloria Bonilla, Jefe del Departamento de Sistemas del CDAV. Cali, Marzo 4 de 2013.

Actualmente La Inversora La 21 maneja diferentes registros manuales y a través de archivos Excel, donde se incluye información de los vehículos, propietarios y el motivo de la inmovilización, pues como mecanismo de control, es parte de sus responsabilidades suministrar los registros de entrada de los vehículos a los funcionarios del CDAV, para que se registren en su sistema.

Así, la ausencia de mecanismos que corroboren la información suministrada, le representa a La Inversora La 21 gran pérdida y manejo inadecuado de esta información. Por ejemplo, durante el inventario del año 2012, se presentó un problema relacionado con aproximadamente 2000 vehículos registrados en el sistema del CDAV, que no se encontraban en las instalaciones de La Inversora La 21, otro escenario es donde los vehículos que se encuentran en el parqueadero no se encuentran registrados en el sistema del CDAV<sup>5</sup>.

Los vehículos que ingresan a los parqueaderos deben tener como máximo 10 registros fotográficos, dentro de los cuales es posible destacar vista frontal, vista lateral derecha, vista lateral izquierda, vista trasera y vista de interiores, con las cuales se evidencia el estado en que se encuentran al momento del ingreso. Estos registros son almacenados en diferentes medios de almacenamiento (discos duros externos, memorias USB, CD's y DVD's) y su identificación es el número consecutivo generado automáticamente por la cámara fotográfica, pues La Inversora La 21 no dispone de mecanismos que permitan administrar las fotografías ni relacionarlas con los vehículos a los que pertenecen.

El desconocer la importancia de la información histórica de los registros, ha traído a La Inversora La 21 problemas de diferente índole, dentro de los cuales se puede mencionar el congestionamiento de los parqueaderos debido a diferentes controles repentinos realizados por las autoridades de tránsito, así como el incremento de inmovilizaciones durante las temporadas de festividad (en temporada navideña los accidentes de tránsito aumentan hasta en un 30% en comparación con los meses anteriores, según la Secretaría de Tránsito Municipal<sup>6</sup>) y como resultado de esto, el aumento del personal, horas extra de trabajo y dificultad al momento de ubicar los vehículos (los vehículos son ubicados en cualquier parte dentro de los parqueaderos, generando problemas de hacinamiento), y como consecuencia, por ejemplo, para el año 2012 el inventario duró aproximadamente 30 días<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Conversación personal con Diego Sánchez Ortiz, Representante La Inversora La 21. Cali, Febrero 2 de 2013.

<sup>6</sup> Accidentalidad Santiago de Cali. Secretaría de Tránsito y Transporte. [En línea]. [www.cali.gov.co/transito/publicaciones.php?id=39589](http://www.cali.gov.co/transito/publicaciones.php?id=39589) [Citado en 5 de abril de 2013]

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Cómo administrar y controlar la información de La Inversora La 21 relacionada con los vehículos que ingresan?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un sistema de información que permita administrar y controlar, la información de La Inversora La 21 relacionada con los vehículos que ingresan.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar una base de datos que permita administrar la información generada en los procesos de ingreso y salida de vehículos en La Inversora La 21.
- Generar reportes sobre el estado de los procesos de entrada y salida de los vehículos, tanto para el personal administrativo de La Inversora La 21, como para los organismos municipales y de tránsito.
- Desarrollar e implementar un algoritmo genético, para ayudar a la toma de decisiones en la optimización de espacio físico del parque automotor de los vehículos que ingresan en la Inversora La 21, como el de reubicar todos los vehículos.
- Diseñar una interfaz gráfica que refleje los resultados del algoritmo genético bajo un enfoque humano-computador.

## **1.4 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO**

Con este apartado se finaliza el Capítulo 1 y se da inicio al Capítulo 2, seguido de los demás capítulos organizados de la siguiente manera:

En el *Capítulo2: Marco Referencial*, se presenta el marco conceptual y los antecedentes sobre herramientas que dan solución a un problema relacionado con el que se propuso para este trabajo de grado, y que fueron desarrollados haciendo uso de los algoritmos genéticos para resolverlos.

En el *Capítulo 3: Sistema de Información para la Gestión y Ubicación de Vehículos (SIGUV)*, se presenta los resultados obtenidos en el proceso de desarrollo.

En el *Capítulo 4: Aspectos del desarrollo*, se muestran las diferentes fases cumplidas en el desarrollo y el proceso de ingeniería de software llevado a cabo para cumplir con los objetivos propuestos. Además se modelan y ejecutan varios escenarios de pruebas para medir la efectividad y pertinencia de la herramienta frente a los objetivos y requerimientos propuestos en el proceso de desarrollo. También se presentan los diferentes aspectos que se tuvieron en cuenta para dar solución al problema planteado, aspectos que permitieron modelar dicha solución de forma adecuada.

Este trabajo finaliza con el *Capítulo 5: Conclusiones y Trabajos futuros*.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.2.1 Computación Evolutiva**

##### **La Teoría de la Evolución [2]**

Los algoritmos evolutivos (AE) parten de las ideas del modelo de evolución natural que fue propuesto por Charles Darwin. De acuerdo con la teoría de Darwin, la evolución de las especies se debe al principio de selección natural, que favorece la supervivencia y multiplicación de aquellas especies que están mejor adaptadas a las condiciones de su entorno. Otro elemento que Darwin señaló como relevante para la evolución son las mutaciones, o pequeñas variaciones que introducen diferencias en las características físicas y tipos de respuesta de los padres y los hijos. El mecanismo que fuerza la actuación de la selección es la producción de descendencia. Mientras hay abundancia de recursos, la población crece exponencialmente. Este proceso lleva a situaciones de escasez de recursos en el entorno, en la que los individuos “mejor adaptados” al medio tienen mayor probabilidad de sobrevivir y de dejar descendencia.

Estas ideas están en la base del diseño de los algoritmos evolutivos. Sin embargo, los algoritmos evolutivos no tratan de ser un reflejo fiel de la evolución biológica. Se debe tener en cuenta que la naturaleza evoluciona a lo largo de millones de años, mientras que para los algoritmos es de interés que estos proporcionen una solución en un tiempo algo más corto.

##### **Algoritmos Genéticos (AG) [2]**

Algoritmos de búsqueda basados en los mecanismos de selección natural y genética natural. Combinan la supervivencia de los más compatibles entre las estructuras de cadenas, con una estructura de información ya aleatorizada, intercambiada para construir un algoritmo de búsqueda con algunas de las capacidades de innovación de la búsqueda humana.

##### **Principales Elementos de un AG [2]**

La ejecución de un Algoritmo Evolutivo (AE) requiere de una serie de parámetros de funcionamiento, como por ejemplo el tamaño de la población con la que va a trabajar, que

definen su comportamiento en promedio. Una vez que el algoritmo dispone de los valores para estos parámetros, comienza generando una población de individuos, cada uno de los cuales es un candidato a ser solución del problema tratado, o permite llegar a la solución a partir de él. A continuación la población de individuos se somete a un bucle de evolución cada uno de cuyos ciclos un proceso de selección, que modifica la composición de la población, eliminando a ciertos individuos y reforzando la presencia de otros, a un proceso de reproducción, que introduce nuevos individuos, y una nueva evaluación, que actualiza los datos de evolución, tales como la adaptación media de la población o la posición del mejor individuo de la población.

### Algoritmo Genético Simple [2]

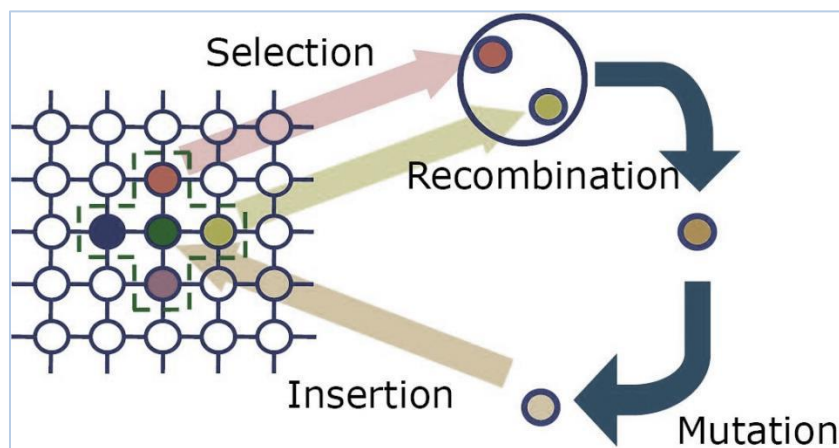


Figura 1 Funcionamiento Algoritmo Genético Simple

### Representación Cromosómica [19]

Los individuos (posibles soluciones del problema), pueden representarse como un conjunto de parámetros (genes), los cuales agrupan una ristra<sup>7</sup> de valores (cromosoma).

Existen distintos tipos de codificaciones de las soluciones: binarias, simbólicas, permutacional, permutacional con repetición y la real.

---

<sup>7</sup> Ristra: es un conjunto de elementos de un mismo origen, unos a continuación de los otros, unidos frecuentemente con una guita o cordel. [En línea]. dic.academic.ru

## **Condiciones de Terminación [2]**

Es necesario especificar las condiciones en las que el algoritmo deja de evolucionar y se presenta la mejor solución encontrada. La condición de terminación más sencilla es alcanzar un determinado número de generaciones de evolución. Otras condiciones, que a veces se utilizan de forma combinada, son alcanzar una solución de una determinada calidad o detectar que la mayor parte de la población ha convergido de una forma similar, creciendo de la suficiente diversidad para que tenga sentido continuar con la evolución.

## **Proceso de Selección de un AG [2]**

La población del algoritmo genético se somete a un proceso de selección que debe tender a favorecer la cantidad de copias de los individuos más adaptados.

## **Proceso de reproducción de un AG [2]**

### **Operador de Cruce**

El operador de cruce combina propiedades de dos individuos de la población anterior para crear nuevos individuos que aparecen en cada nueva generación. Así el algoritmo genético va accediendo a nuevas regiones del espacio de búsqueda.

### **Operador de Mutación**

El operador de mutación crea un nuevo individuo realizando algún tipo de alteración, usualmente pequeña, en un individuo de la población anterior.

En muchos casos la mutación produce individuos con peor adaptación que los individuos originales, ya que la mutación puede romper las posibles correlaciones entre genes que se hayan formado con la evolución de la población. Sin embargo, contribuyen a mantener la diversidad de la población, que es fundamental para el buen funcionamiento del algoritmo.

## 2.2.2 Tecnologías para la Web

### AJAX [3]

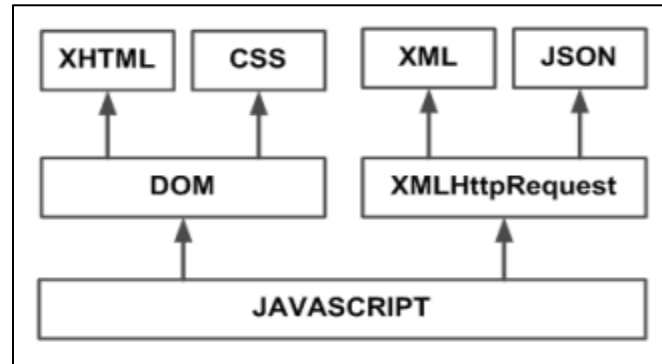


Figura 2 AJax

En realidad, el término AJAX es un acrónimo de Asynchronous JavaScript + XML, que se puede traducir como "JavaScript asíncrono + XML".

El artículo define AJAX de la siguiente forma:

Ajax no es una tecnología en sí mismo. En realidad, se trata de varias tecnologías independientes que se unen de formas nuevas y sorprendentes.

Las tecnologías que forman AJAX son:

- XHTML y CSS, para crear una presentación basada en estándares.
- DOM, para la interacción y manipulación dinámica de la presentación.
- XML, XSLT y JSON, para el intercambio y la manipulación de información.
- XMLHttpRequest, para el intercambio asíncrono de información.

JavaScript, para unir todas las demás tecnologías.

### JAVASCRIPT [4]

Es un lenguaje ligero e interpretado, orientado a objetos con funciones de primera clase, más conocido como el lenguaje de script para páginas web, pero también usado en muchos entornos sin navegador, tales como node.js o Apache CouchDB. JavaScript es un lenguaje orientado a objetos dinámicos; tiene tipos y operadores, objetos básicos y métodos. Su sintaxis viene de los lenguajes Java y C, por lo que muchas de las estructuras de esos lenguajes se aplican también a JavaScript. Una de las principales diferencias es que JavaScript no tiene clases; En cambio, la funcionalidad de clase se consigue mediante prototipos de objetos. La otra diferencia principal es que las funciones son objetos, dando

funciones la capacidad para contener código ejecutable y se pasa alrededor como cualquier otro objeto.

## **JQUERY [5]**

jQuery es una biblioteca rápida, pequeña y rica en funciones JavaScript, que permite realizar cosas como: manipulación, manejo de eventos, animación y Ajax mucho más simple con un API fácil de usar que funciona a través de una variedad de navegadores para documentos HTML. Con una combinación de versatilidad y capacidad de ampliación, jQuery ha cambiado la forma en que millones de personas escriben JavaScript.

## **PHP [6]**

Acrónimo para "Hypertext Preprocessor". (Es un acrónimo recurrente.) PHP es un lenguaje de programación web HTML incrustado. Esto significa que el código PHP se puede insertar en el código HTML de una página Web. Cuando una página PHP se accede, el código PHP se lee o se "analiza" por el servidor de la página donde reside. La salida de las funciones de PHP en la página se devuelven típicamente como código HTML, que puede ser leído por el navegador. Dado que el código PHP se transforma en HTML antes de que se cargue la página, los usuarios no pueden ver el código PHP en una página. Esto hace que las páginas PHP sean lo suficientemente seguras para el acceso a las bases de datos y a otra información segura.

Gran parte de la sintaxis de PHP es tomado de otros lenguajes como C, Java y Perl. Sin embargo, PHP tiene una serie de características únicas y funciones específicas también. El objetivo del lenguaje es permitir a los desarrolladores web escribir páginas generadas dinámicamente con rapidez y facilidad. PHP también es ideal para la creación de sitios web con bases de datos.

## **SERVICIO WEB [7]**

Proporcionan un medio estándar de interoperabilidad entre diferentes aplicaciones de software, ejecutándose sobre una variedad de plataformas y/o Frameworks. Los Servicios Web se caracterizan por su gran interoperabilidad y extensibilidad, así como también de sus descripciones procesables por máquina gracias al uso de XML. Éstos pueden combinarse de una manera imprecisa con el fin de lograr operaciones complejas. Los programas brindan servicios simples donde interactúan con el otro para la entrega sofisticada de servicios de valor añadido.

## TUFÃO WEBSERVICE [8]

Tufão es un Framework Web asíncrono para C++. Tufão es un proyecto de código abierto bajo la licencia LGPL. La documentación, ejemplos y encabezados públicos están bajo la licencia MIT, lo que significa que cualquiera puede contribuir al desarrollo y mejoramiento de Tufão, pudiéndose usar para cualquier proyecto comercial.

### 2.2.3 Metodología de Desarrollo

#### ICONIX [9]

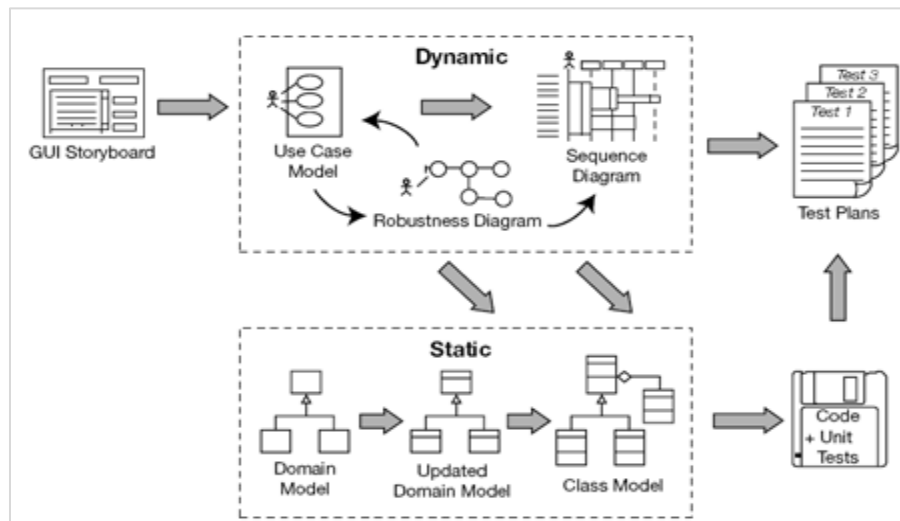


Figura 3 Metodología ICONIX

ICONIX es una metodología de software la cual combina RUP, Programación Extrema (XP) y desarrollo ágil de software. Como RUP, los procesos de ICONIX se basan en los casos recomendados por UML, pero más ligero que RUP. A diferencia de XP y de los acercamientos ágiles, ICONIX provee una documentación con suficientes requerimientos y diseño, pero sin dejar de lado el análisis. Los procesos de ICONIX utilizan únicamente cuatro diagramas basados en UML en cuatro pasos que transforma los casos de uso en código funcional. Los procesos de ICONIX, encajan en el medio de las metodologías RUP y XP si se considera RUP muy grande y XP muy pequeño.

## 2.2 MARCO CONTEXTUAL

El trabajo de grado se desarrolló tomando como referencia el caso de La Inversora La 21. Una entidad que opera en la ciudad de Santiago de Cali, Valle del Cauca y que tiene como finalidad la administración de parqueaderos de tránsito municipal, de organismos judiciales y de juzgados.

Actualmente La Inversora La 21, cuenta con alrededor de 50 personas distribuidas en los diferentes parqueaderos entre los que se encuentran los administradores de patio, los digitadores, los jefes de patio, los auxiliares de patio y las personas encargadas del aseo<sup>5</sup>. En la sección 4.1.3 del capítulo que trata sobre los aspectos del desarrollo se especifican, quienes de ellos hacen parte de los usuarios del sistema y su participación dentro del mismo.

## 2.3 MARCO DE ANTECEDENTES

### COURT-SOFT [10]

Es un producto que ofrece a los clientes beneficios tales como: realizar cálculos en pocos segundos que podrían demorar horas si fueran realizados normalmente, analizar el desperdicio de material, agilizar presupuestos, verificar con rapidez la cantidad del material (telas), necesario para la producción, reducción en los costos de las existencias, ya que la mejor administración y el aprovechamiento de los materiales disponibles facilita la comunicación entre las personas involucradas con la producción y el corte de las piezas, economizando tiempo, reduciendo errores en el corte, el soporte será fácil y rápido, no exige entrenamiento especial y tiene un costo bajo con relación a productos similares.

### Funciones:

- El software señala la cantidad del material necesario para la confección de cierto producto, e informa dependiendo de lo elegido en qué puede ser elegido el sobrante de esta selección.
- Cada vez que se da inicio a la producción de cierto textil el software descuenta del STOCK el material retirado del almacén y ofrece alternativas en la toma de decisiones.

## **HERRAMIENTA COMPUTACIONAL QUE PERMITA LA APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS EN EL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN AUTOMÁTICA DE USOS Y ESPACIOS EN PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE APARTAMENTOS [11].**

El problema de distribución automática de usos y espacios en proyectos arquitectónicos para la construcción de viviendas, apartamentos e inclusive plantas de edificios, se ha tratado de resolver desde hace un buen tiempo. Es por esta razón, que es de interés de este proyecto el desarrollo de un sistema que permita a través de la lógica proporcionada por los algoritmos genéticos, proporcionar diversas soluciones al problema de manera automática, para lo cual se deberá determinar los mecanismos y/o métodos apropiados que puedan ayudar a representarlo de una manera adecuada.

### 3. SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN Y UBICACIÓN DE VEHÍCULOS

En el presente capítulo se propone SIGUV para facilitar la ubicación y administración de vehículos. SIGUV es una herramienta web que combina las funcionalidades de un Algoritmo Genético de ubicación y un sistema de información Web, con la capacidad de comunicarse mediante los Servicios Web.



Figura 4 Pantalla de Bienvenida de SIGUV

La interfaz principal de SIGUV se compone de seis paneles: (1) Módulo de Perfiles donde se visualizan los permisos para los usuarios, (2) Módulo de Usuarios donde se permite crear, modificar, consultar, visualizar y deshabilitar los usuarios del sistema, (3) Módulo de Registro donde se registra la información tanto del vehículo como la del propietario, además de cargar los registros fotográficos para evidenciar el estado de ingreso de dicho vehículo. También se permite registrar la salida y la consulta de los registros vehiculares (4) Módulo de Ubicación permite tanto la ubicación individual como la Ubicación Total de los vehículos dentro de los parqueaderos, además de la consulta de espacios disponibles y la ubicación de un vehículo en particular (5) Módulo de Parqueaderos, donde se ingresan la ubicación y tamaño de las estructuras que puedan afectar en la disposición de los vehículos (Baños, oficinas, bodegas, etc) (6) Módulo de Reportes se generan los reportes estadísticos de los procesos de entrada y salida de vehículos, así como también del control de usuarios (7) Módulo de Inventarios donde se crean los inventarios y se añaden las existencias.

SIGUV realiza el proceso de ubicación vehicular mediante el uso del Algoritmo Genético *UbicaciónAG* el cual se ejecuta por medio de *Tufão Webservice*. Para su ejecución es necesario proporcionarle el identificador del proceso que desea realizar, siendo 0 para el proceso de Ubicación Total y 1 para el de Ubicación Individual. Para el primer caso es necesario enviarle desde el Sistema de información en el Módulo de Ubicación, el identificador del parqueadero. Para el segundo caso, el identificador del parqueadero y la placa del vehículo que se desea ubicar. De esta forma el algoritmo realiza las consultas necesarias sobre el servidor para obtener la información dimensional necesaria y así gestionar la ubicación a partir de las técnicas evolutivas, que en este caso se refiere a la de los algoritmos genéticos. Este algoritmo se compone de 12 clases: (1) MainAG, (2) RepresentacionAG, (3) OperadoresAG, necesarias para codificar los cromosomas, realizar las operaciones genéticas y ejecutar el algoritmo genético. (4) TufaoConnectionHandler, (5) PreparadorDatosAG, que permiten controlar las peticiones http y obtener los datos necesarios para la ejecución. (6) Parqueadero, para representar cada uno de los parqueaderos, haciendo uso de las estructuras (7) ItemRestringido, (8) EspacioCirculacion, (9) EspacioLibre, (10) Vehiculo, que representan los espacios que contiene el parqueadero.

## Reportes del sistema

Un objetivo importante es la generación de reportes sobre el estado de los procesos de entrada y salida de vehículos. SIGUV contiene un módulo de reportes que permite visualizar la información relevante sobre dichos procesos, a través de una lista de opciones sobre la cual el usuario escoge si se desea obtener información de los procesos de entrada y salida, de la ubicación o de los usuarios del sistema. Esta funcionalidad se encuentra activa para usuarios administradores y usuarios digitadores.

Los usuarios además de visualizar la información a través de tablas, también pueden observar gráficos estadísticos sobre el estado de los procesos. Del mismo modo SIGUV ofrece la posibilidad de generar los reportes en formato pdf.

A continuación se muestran algunos de los reportes generados.

| <div>  <div> <b>INVERSORA LA 21</b><br/>           NIT. 94427272-2         </div> <div>           Fecha: 2014/11/22<br/>           Hora: 2:35:45         </div> </div> |               |                                          |        |            |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|--------|------------|------------|
| <b>REPORTE DE INGRESO DE VEHICULOS POR TIPO</b>                                                                                                                                                                                                         |               |                                          |        |            |            |
| Parqueadero : La 21                                                                                                                                                                                                                                     |               | Fecha: Desde 2010-09-09 hasta 2010-09-16 |        |            |            |
| Placa                                                                                                                                                                                                                                                   | Tipo Vehículo | Marca                                    | Modelo | Fecha      | Motivo     |
| AGE502                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Alfa Romeo                               | 1970   | 2010-09-16 | Tránsito   |
| AQI700                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Chevrolet                                | 1966   | 2010-09-15 | Juzgados   |
| ARH130                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | BMW                                      | 1964   | 2010-09-16 | Juzgados   |
| ARN423                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Changhe                                  | 1965   | 2010-09-15 | Tránsito   |
| ATB559                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Citroen                                  | 1966   | 2010-09-15 | Juzgados   |
| ATD186                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | BMW                                      | 1965   | 2010-09-16 | Juzgados   |
| ATE265                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Changhe                                  | 1954   | 2010-09-10 | Judiciales |
| BBL361                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Chery                                    | 2006   | 2010-09-10 | Judiciales |
| BEU251                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Alfa Romeo                               | 1965   | 2010-09-10 | Judiciales |
| BFM319                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Alfa Romeo                               | 1978   | 2010-09-10 | Judiciales |
| BFY775                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Brilliance                               | 1970   | 2010-09-16 | Judiciales |
| BFZ304                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Brilliance                               | 1965   | 2010-09-10 | Tránsito   |
| BGG908                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Audi                                     | 1977   | 2010-09-15 | Juzgados   |
| BGX690                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Alfa Romeo                               | 1980   | 2010-09-10 | Judiciales |
| BIL509                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | BYD                                      | 1966   | 2010-09-15 | Judiciales |
| BJB878                                                                                                                                                                                                                                                  | Automóvil     | Alfa Romeo                               | 1988   | 2010-09-10 | Judiciales |

Figura 5 Reporte de ingreso de vehículos por tipo

| <div>  <div> <b>INVERSORA LA 21</b><br/>           NIT. 94427272-2         </div> <div>           Fecha: 2014/11/22<br/>           Hora: 2:38:45         </div> </div> |          |       |              |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|--------------|-------------------|
| <b>BITÁCORA DEL USUARIO</b>                                                                                                                                                                                                                             |          |       |              |                   |
| Esta tabla contiene en detalle, las actividades realizadas por el usuario                                                                                                                                                                               |          |       |              |                   |
| Fecha                                                                                                                                                                                                                                                   | Hora     | Login | Usuario      | Actividad         |
| 2014-10-15                                                                                                                                                                                                                                              | 1:41:43  | jagam | Joel Giraldo | Inicio de Sesión  |
| 2014-10-15                                                                                                                                                                                                                                              | 2:2:25   | jagam | Joel Giraldo | Registrar entrada |
| 2014-10-16                                                                                                                                                                                                                                              | 18:41:41 | jagam | Joel Giraldo | Inicio de Sesión  |
| 2014-10-17                                                                                                                                                                                                                                              | 2:28:3   | jagam | Joel Giraldo | Cierre de Sesión  |
| 2014-10-17                                                                                                                                                                                                                                              | 2:28:13  | jagam | Joel Giraldo | Inicio de Sesión  |
| 2014-10-17                                                                                                                                                                                                                                              | 8:28:18  | jagam | Joel Giraldo | Inicio de Sesión  |

Figura 6 Reporte de actividades de usuario



Figura 7 Reporte Gráfico de ingreso de vehículos

| <div>  <div> <b>INVERSORA LA 21</b><br/>           NIT. 94427272-2         </div> <div>           Fecha: 2014/11/22<br/>           Hora: 2:42:21         </div> </div> |       |       |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------------|-------------|
| <b>REPORTE DE ESPACIOS OCUPADOS POR PARQUEADERO</b>                                                                                                                                                                                                       |       |       |             |             |
| Parqueadero: La 21                                                                                                                                                                                                                                        |       |       |             |             |
| Descripción                                                                                                                                                                                                                                               | Ancho | Largo | CoordenadaX | CoordenadaY |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 28    | 42    | 84          | 62          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 21    | 28    | 0           | 0           |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 5     | 10    | 21          | 0           |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 7     | 2     | 26          | 0           |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 3     | 7     | 21          | 10          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 1     | 4     | 26          | 2           |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 1     | 3     | 24          | 10          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 2     | 6     | 21          | 17          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 1     | 3     | 21          | 23          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 11    | 15    | 0           | 43          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 3     | 7     | 11          | 43          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 1     | 4     | 14          | 43          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 2     | 3     | 11          | 50          |
| Fuera de Limite                                                                                                                                                                                                                                           | 8     | 10    | 0           | 58          |

Las coordenadas x y y se expresan en metros a lo ancho y largo del parqueadero.

Figura 8 Reporte de espacios ocupados por parqueadero

### 3.1 SERVICIO WEB

Si bien el problema de optimización de los espacios disponibles es en sí, lo más destacado en este trabajo de grado, no se puede dejar de lado la comunicación del Sistema de Información Web con el Algoritmo Genético desarrollado en lenguaje nativo. Debido a estos requisitos especiales, se hizo necesario para SIGUV, establecer la interfaz donde los sistemas interactúen sin la necesidad de utilizar un mecanismo para la activación de dicha interfaz de comunicación únicamente en los momentos en que la ubicación de un vehículo o la reubicación un parqueadero se hiciera necesario.

Es por esto que se optó por *Tufão webservice*, un Framework Web asíncrono para C++, facilitando así, primero, el acoplamiento con el *back-end* (Algoritmo Genético), segundo, el mecanismo de enrutamiento el cual se construye tomando dos clases: La interface *AbstractHttpRequestHandler* y la clase *HttpRequestRouter*, las cuales permiten al usuario la construcción de enrutamientos anidados y el uso de la misma ruta para diferentes combinaciones filtrando el Path y pasándole al controlador la petición, y por último, *Tufão* cuenta con un plugin basado en Servidor de Aplicaciones, el cual brinda la disponibilidad del servicio del Framework las 24 horas del día, haciéndose innecesaria la activación previa del servicio por parte del usuario final.

## 4. ASPECTOS DEL DESARROLLO

En el presente capítulo se expone el proceso de desarrollo de la aplicación y se documenta la misma. Se presentan las diferentes tecnologías utilizadas para la implementación de la herramienta.

El desarrollo realizado en el presente trabajo de grado, se llevó a cabo siguiendo las directrices de la metodología de desarrollo ágil *ICONIX*. Como metodología que sigue el manifiesto ágil, *ICONIX* define reglas para la gestión de las iteraciones en el proceso de desarrollo, estas reglas están definidas como: análisis, diseño, desarrollo y pruebas.

Se eligió la metodología de desarrollo *ICONIX* por las características del proyecto de software y la necesidad de un prototipado constante. Por otro lado, dicha metodología ofrece una documentación suficiente en la fase de análisis y diseño del proyecto, ofreciendo trazabilidad y adaptabilidad para equipos de proyecto poco experimentados y con estilos de trabajo diferente; sigue un enfoque incremental, por lo que es posible modularizar el trabajo con entregas puntuales y funcionales. A pesar de que *ICONIX* presenta desventaja al necesitar información rápida y puntual de los requisitos, el diseño y las estimaciones, el equipo de proyecto tiene claridad en los requisitos de SIGUV.

Una de las ventajas por las que también se escogió *ICONIX* como metodología de desarrollo, es que al permitir la modularización del trabajo, el equipo de desarrollo se puede adaptar a la curva de aprendizaje que representa el algoritmo genético y sus conceptos.

### 4.1 ANÁLISIS

*ICONIX* define para el proceso de análisis una planeación iterativa e incremental, por lo que tiene como artefactos: la especificación de requerimientos, el modelo del dominio, prototipación rápida y el modelo de casos de uso.

Con el propósito de dar claridad al desarrollo y dividir el trabajo entre los desarrolladores, gracias a la modularización que permite *ICONIX*, se plantearon módulos independientes que dieran solución a uno o varios requerimientos y a su vez, para que el desarrollo se diera de forma incremental, se decidió clasificar los módulos de básicos a complejos. A partir de esta clasificación se jerarquizaron los módulos y

se implementaron inicialmente los módulos con requerimientos más simples para soportar las iteraciones con módulos más elaborados.

#### 4.1.1 Especificación de los Requerimientos

Se definió la especificación de requerimientos para establecer el alcance de la aplicación. Con las necesidades determinadas por los requerimientos se delimitó el alcance de la aplicación y se estimó una aproximación clara de las funcionalidades para dar cumplimiento a los objetivos propuestos. En la tabla 1 se muestran los requerimientos funcionales del módulo de ubicación.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                             |                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|  <b>SIGUV</b><br>ISO-9001 Universidad del Valle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                             | <b>Documento:</b> ER-0001    |
| <b>Especificación de Requisitos Funcionales del Cliente</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                             | <b>Página:</b> 8 de 12       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                             | <b>Fecha:</b>                |
| <b>Analistas Responsables:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                             | Manuel Salvador Cárdenas     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                             | Joel Andrés Giraldo          |
| <b>5. Módulo de Ubicación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             | <b>Requisitos Asociados:</b> |
| <b>Requisitos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                          | <b>Categoría</b>             |
| R5.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda calcular la ubicación de los vehículos a ingresar.                           |                              |
| R5.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda reubicar la totalidad de los vehículos dispuestos en un parqueadero.         |                              |
| R5.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda visualizar la ubicación de un vehículo a partir de la placa de éste.         |                              |
| R5.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda visualizar los espacios disponibles para ubicar vehículos en un parqueadero. |                              |
| R5.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda mostrar en forma gráfica la posible ubicación de los vehículos a ingresar.   |                              |
| <b>Restricciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>La elección de los vehículos a ubicar se realiza mediante un combo box.</li> <li>El cálculo para la ubicación de cualquier vehículo se realiza mediante el algoritmo genético.</li> <li>El cálculo para la reubicación de parqueaderos se realiza mediante el algoritmo genético.</li> <li>El sistema debe almacenar los cálculos del algoritmo genético en la Base de Datos previamente establecida.</li> </ul> |                                                                                                                                                                                             |                              |

Figura 9 Requerimientos funcionales – Módulo Ubicación

El documento completo de especificación de requerimientos está contenido en el archivo anexo a este documento llamado Anexo C.

#### 4.1.2 Prototipación Rápida

El diseño de prototipos es una técnica popular utilizada para desarrollar modelos a escala de un producto o sus componentes. Para SIGUV se utilizó el prototipo de diseño, el cual tiene como finalidad simular el diseño del sistema de información en su versión final, centrándose en la forma y el funcionamiento deseado.

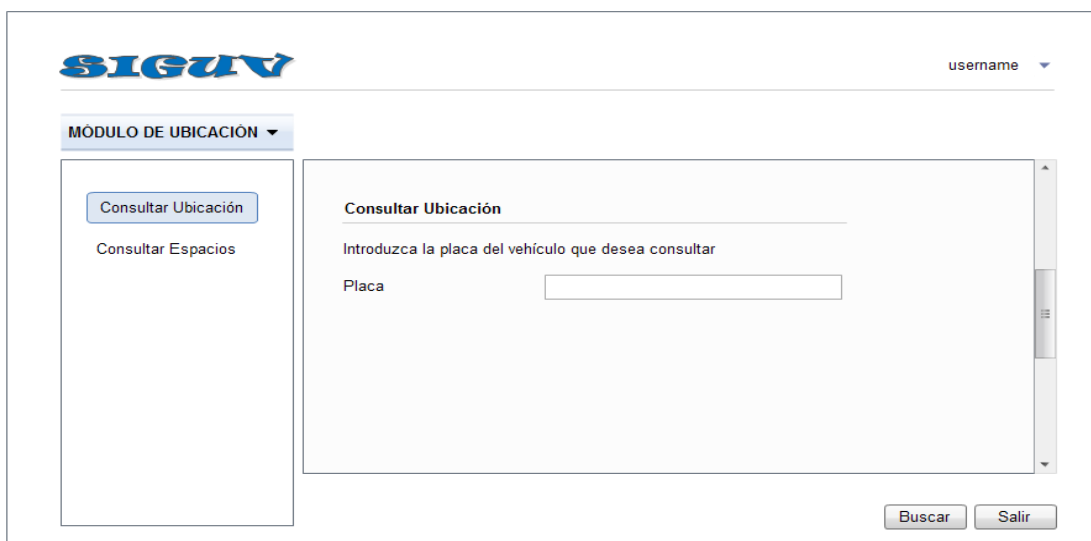


Figura 10 Prototipo - Módulo Ubicación

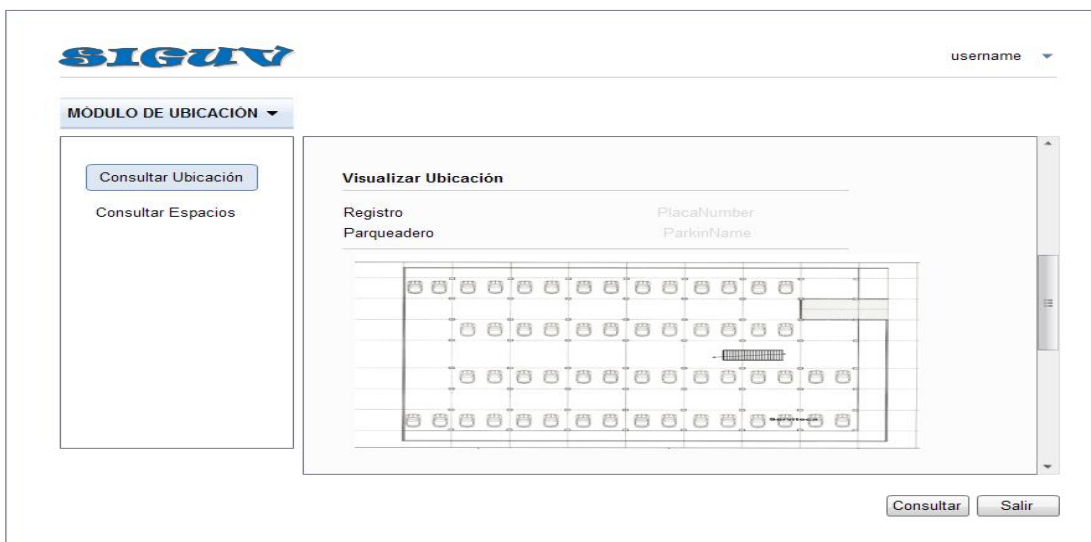


Figura 11 Prototipo - Módulo Ubicación

El documento completo de especificación de requerimientos está contenido en el archivo anexo a este documento llamado Anexo G.

#### 4.1.3 Modelo de Casos de Uso

Los usuarios del sistema se especifican a continuación, así como el perfil asociado y su interacción con las diferentes funcionalidades que el sistema ofrece.

**Usuario Administrador:** Persona encargada de planear estratégicamente el trabajo que se realiza en los parqueaderos, así como controlar el trabajo realizado por los empleados que laboran en los parqueaderos.

Los usuarios con el perfil *Administrador* tendrán todos los privilegios del sistema y podrán interactuar con él, llevando a cabo tareas de: administración de perfiles, creación y administración de usuarios, registro de entrada y salida de vehículos, así como de ubicación. Del mismo modo podrán generar reportes del sistema y hacer inventarios.

**Usuario Digitador:** Persona encargada de digitalizar y actualizar la información de las inmovilizaciones, así como atender a los usuarios y generar los respectivos inventarios de inmovilización.

Los usuarios con el perfil *Digitador* son los usuarios más comunes del sistema y tienen en parte los mismos privilegios que los usuarios con perfil administrador, salvo que los de perfil *Digitador* no podrán administrar perfiles de usuario.

**Usuario Jefe de Patio:** Persona encargada de dirigir el trabajo realizado por los auxiliares de patio al interior del parqueadero. Un Auxiliar de Patio es la persona encargada de recibir y entregar los vehículos automotores inmovilizados además de disponerlos manualmente en el parqueadero.

El usuario con el perfil *Jefe de Patio* tendrá privilegios limitados, que se traduce a poder visualizar los diferentes espacios dentro de un parqueadero y la ubicación de vehículos.

Al haberse definido los usuarios del sistema, se presenta el modelo de caso de uso para el módulo de ubicación, cuyo diagrama comprende los actores, el sistema y sus acciones, examinando así las necesidades funcionales para cada actor.

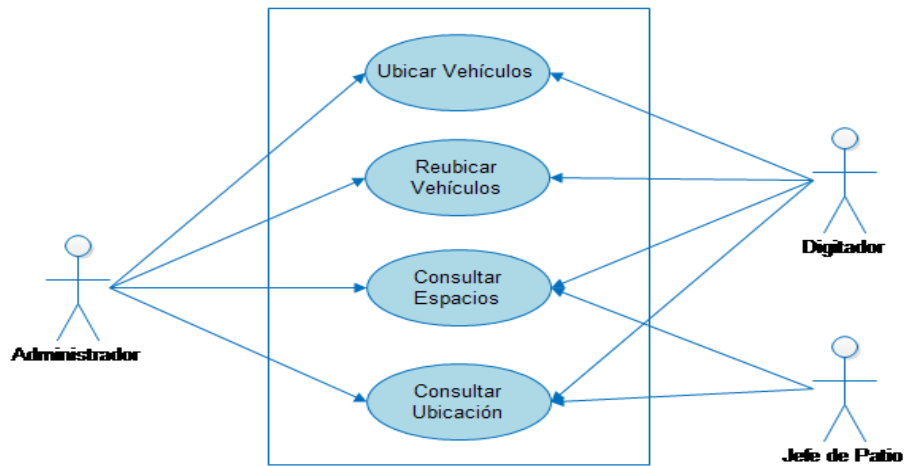


Figura 12 Casos de Uso – Módulo de Ubicación

Para entender realmente cuales son las necesidades funcionales de cada actor, se hizo necesario realizar el diagrama extendido. Para el módulo de ubicación, el diagrama extendido se presenta a continuación:

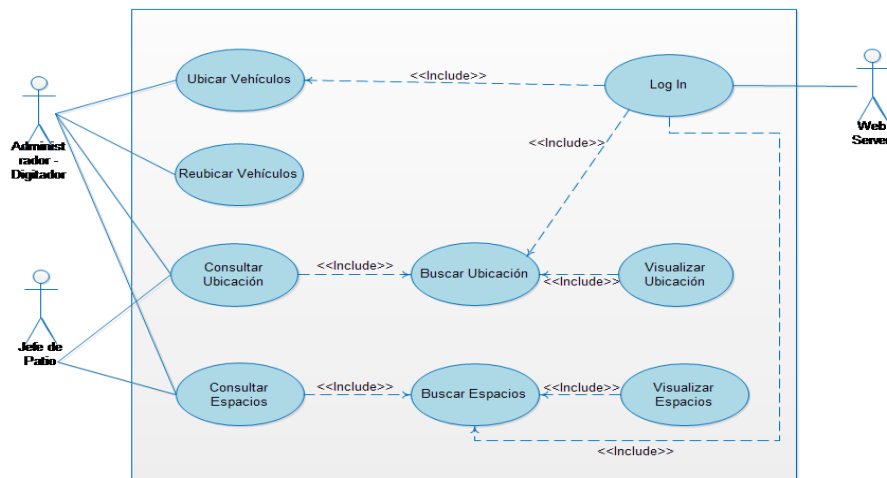


Figura 13 Caso de Uso Extendido – Módulo Ubicación

El documento completo de los modelos de casos de uso está contenido en el archivo anexo a este documento llamado Anexo F.

#### 4.1.4 Modelamiento de la Solución

##### 4.1.4.1 Dimensionalidad de los espacios

#### 4.1.4.1.1 Identificación y descripción de los espacios

Los espacios, son los lugares que se distribuyen sobre el parqueadero y que tienen como finalidad contener o servir para estacionar algo. Cada espacio está destinado a un fin específico y cuenta con dimensiones propias de largo y ancho.

A continuación se definen los espacios de acuerdo a lo que para el caso de este trabajo de grado se refiere:

**Parqueadero:** Es el área total sobre el que se destinan las demás áreas definidas en esta sección.

**Espacio Vehicular:** Área destinada al estacionamiento de un vehículo.

**Espacio Restringido:** Área que ocupa un espacio destinado a alguna actividad específica dentro del parqueadero; entendiéndose por espacio restringido a un baño, oficina, bodega o cualquier otro espacio tangible y que no puede ser ocupado por un objeto. Un espacio restringido puede referirse también a las áreas que conforman la irregularidad del terreno o lo delimitan y que de igual manera no se pueden ocupar por algún objeto.

**Espacio de Movilidad:** Área destinada a la circulación de vehículos, objetos o personas al interior de un parqueadero, las mismas que sirven para dar ingreso y salida a los automotores.

**Espacio Libre:** Área que ocupa un lugar en el parqueadero, pero que aún no se ha dispuesto para ubicar algo. Estas áreas pueden disponerse para los vehículos o espacios de movilidad.

#### 4.1.4.1.2 Dimensión de los espacios

Para establecer la dimensionalidad de los espacios previamente definidos para este trabajo de grado, se hizo necesario que cada uno de ellos se trabajara como un espacio rectangular con el fin de poder realizar un tratamiento más adecuado y que la solución se modelara de una mejor manera.

#### Parqueaderos y Espacios Restringidos

Para tratar los terrenos irregulares que presentan los parqueaderos de La Inversora La 21, se obtuvieron los mapas de GoogleMaps [12]. Estos se guardaron como archivos de imagen y posteriormente fueron editados en AutoCAD 2014 [13], aplicando lo que a continuación se describe:

Para este caso, se tomó la imagen original que se guardó del Parqueadero Carrefour de la 70.



Figura 14 Parqueadero Carrefour de la 70

Paso1. Se traza el contorno que delimita el parqueadero. Este contorno se traza formando un área rectangular, debido a que para este trabajo de grado se usaron espacios con forma rectangular.



Figura 15 Parqueadero Carrefour de la 70 Paso 1

Paso2. En seguida, se traza una cuadrícula que cubra el área del parqueadero.

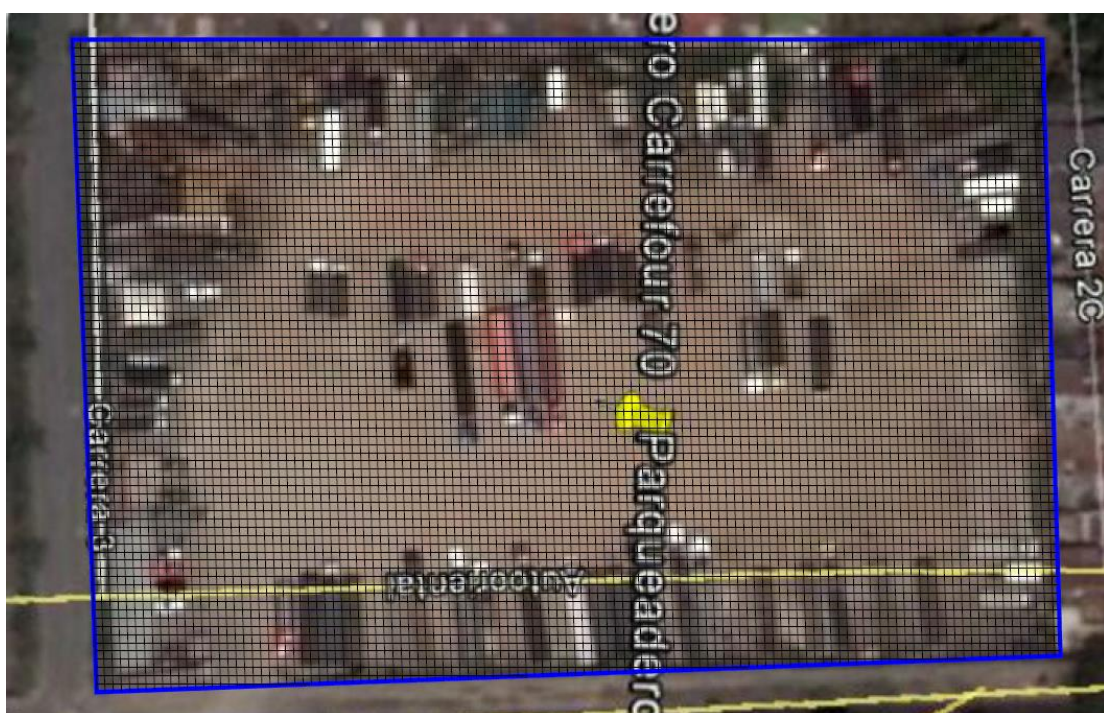


Figura 16 Parqueadero Carrefour de la 70 Paso 2

Para determinar la distancia que separa cada cuadrícula, se tuvo en cuenta la longitud mínima útil para ubicar un vehículo<sup>8</sup>; en este caso la que puede ser ocupada por una motocicleta, que es de 75 centímetros de ancho. Por lo que se definió 1 metro como distancia mínima (teniendo en cuenta que se proporciona una holgura a cada ubicación que permite desplazar el vehículo sin producir daños a otros), y por consiguiente a los lados de cada cuadro en la cuadrícula se le asigna la misma proporción.

Paso3. Con ayuda de las herramientas de sombreado que ofrece AutoCAD, se cubren las áreas que no hacen parte del parqueadero, así mismo como aquellas áreas que se consideran restringidas.

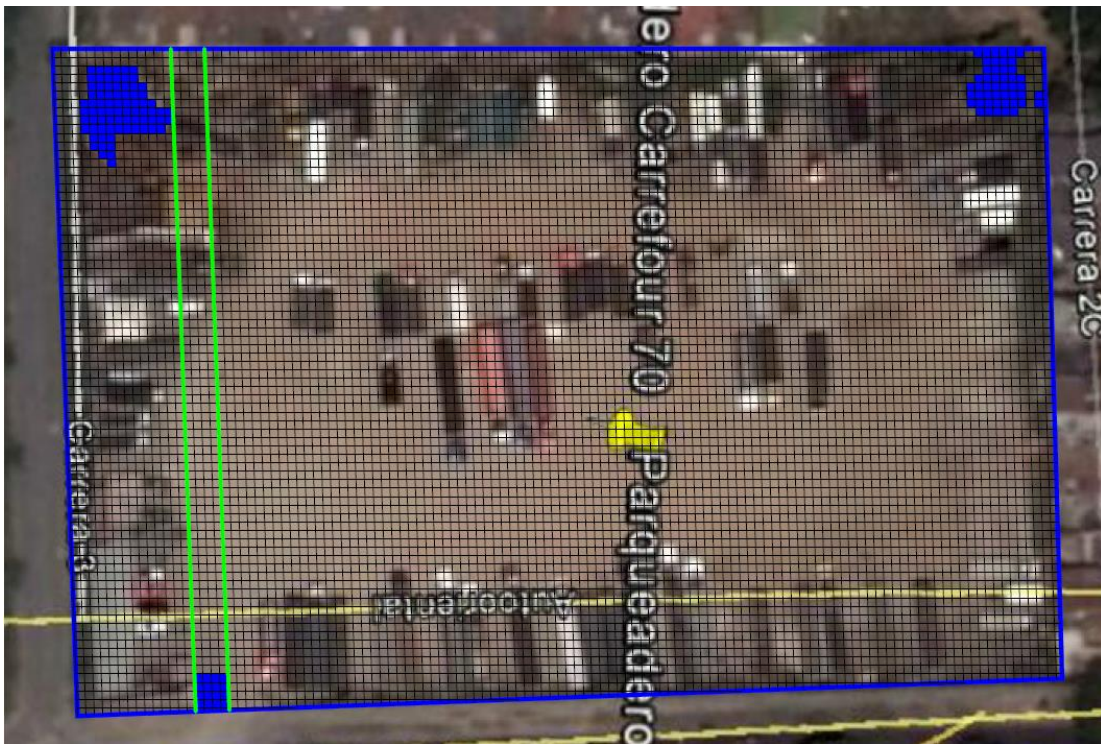


Figura 17 Parqueadero Carrefour de la 70 Paso 3

Paso4. Se definen las coordenadas, el alto y ancho de cada una de las áreas del paso anterior y se almacenan como parte de los datos que son esenciales para que la aplicación funcione.

Los diseños de los demás parqueaderos se encuentran incluidos a detalle en el archivo anexo a este documento llamado Anexo J.

---

<sup>8</sup> Para la dimensión de los vehículos, se tuvo en cuenta las dimensiones que se encuentran establecidas en el capítulo Automóviles del libro Arte de proyectar en arquitectura de Neufert [14].

## **Espacio Vehicular**

Es importante destacar que para el presente trabajo de grado se utilizaron sólo dimensiones enteras, lo que se acopla a los requerimientos del problema, dado que se necesita proporcionar una holgura a las dimensiones de estos espacios que permitan ubicar los vehículos sin problemas y sin que causen daños a otros vehículos. De esta manera, si la dimensión de un vehículo es de 0.75 metros la dimensión del espacio vehicular es de 1 metro.

La tabla con la dimensión de los vehículos se encuentran incluidas en el archivo anexo a este documento llamado Anexo K.

### **4.1.4.2 Restricciones Del Problema**

En el problema de ubicación de vehículos, se encontraron algunos problemas adicionales a los de ubicación, y a los que fue necesario tratar adecuadamente para dar solución al problema central. Para ello se definieron las diferentes restricciones a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el proceso de ubicación de vehículos, unas relacionadas con los espacios ya establecidos sobre el parqueadero y otras con la movilidad al interior de los mismos.

#### **4.1.4.2.1 Restricciones de Espacios**

##### **Ítems restringidos**

Los ítems restringidos hacen referencia a los espacios restringidos que se encuentran ubicados dentro de un parqueadero y que fueron definidos al inicio de este capítulo. Esto con el fin de acercar la solución al problema real.

#### **4.1.4.2.2 Restricciones de Movilidad**

Una variable muy importante a tener en cuenta a la hora ubicar los vehículos en los parqueaderos, es la de movilidad. Se debe asegurar que tanto el ingreso como la salida de los vehículos puedan llevarse a cabo sin dificultades, así mismo que sea posible para los funcionarios realizar actividades propias de su labor dentro de los

parqueaderos, como lo son: las inspecciones y el inventario. A continuación se precisan detalles de las restricciones de movilidad del problema:

### Vía de acceso en el parqueadero

Para garantizar que sea posible tener acceso a los espacios a lo largo de cada parqueadero, se define para cada uno de ellos, *una configuración en espina de pescado* [15]. A la cual el nombre se le atribuye por su parecido con el esqueleto de un pescado, en donde todas las espinas (tiras) están conectadas con la vértebra central.

### Vías de circulación entre tiras

Es necesario hacer posible que los vehículos cuenten con un espacio apropiado que les permita salir del sitio donde se encuentran ubicados y movilizarse hasta la vía central (espina de pescado), para que de esta manera pueda movilizarse por el parqueadero y acceder o salir de él. Cada espacio que se destine para esta finalidad, se definirá de acuerdo a los radios de giro especificados en el capítulo de vehículos del libro de Neufert [14].

### Estrategia de distribución en el parqueadero

Para llevar a cabo el proceso de distribución de los vehículos en el parqueadero, siendo el caso de *Ubicación Total*, éstos se ubican de manera que la distribución se inicia desde el fondo del parqueadero, hacia la entrada del mismo. Como lo muestra la siguiente figura.

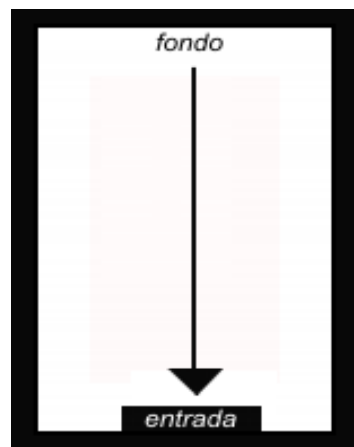


Figura 18 Esquematzación distribución de vehículos en un parqueadero

Para este trabajo de grado, el esquema de distribución de vehículos en los parqueaderos, toma como referencia el introducido por Baker [16] Bottom Left heuristics. El cual ordena los objetos de acuerdo a su área. Los objetos son ubicados luego sobre las coordenadas posibles inferiores a la izquierda, pero para el caso de estudio, los vehículos no se ordenan de acuerdo a su área sino al orden en que van ingresando al parqueadero, además de situarlos en la parte superior izquierda.

## Tiras

La configuración para la disposición de los vehículos se hace formando un ángulo de  $90^\circ$  con la superficie base de ubicación. Esta disposición se eligió teniendo en cuenta que permite aplicar el esquema de los algoritmos de nivel [17] utilizados para resolver del problema del Strip Packing Problem 2D propuesto por Baker en [14], y que consiste en empaquetar pequeñas piezas que se asumen son rectangulares, sin sobreponerlas sobre las tiras rectangulares abiertas, con un ancho definido y una altura infinita. De esta manera es posible dividir el terreno en tiras (niveles), donde su altura la define la altura del rectángulo (vehículo) más alto dispuesto en un nivel (tira) anterior.

En el momento en que se finaliza una tira y antes de comenzar una nueva, se verifica la dimensión de giro que requiere el vehículo de mayor longitud situado en la tira que acaba de finalizar, de esta manera, se logra situar una tira vacía justo debajo de la tira que se finaliza y encima de la tira que se va a crear, la misma que servirá de espacio de circulación para los vehículos.

A continuación se visualiza dicho proceso.

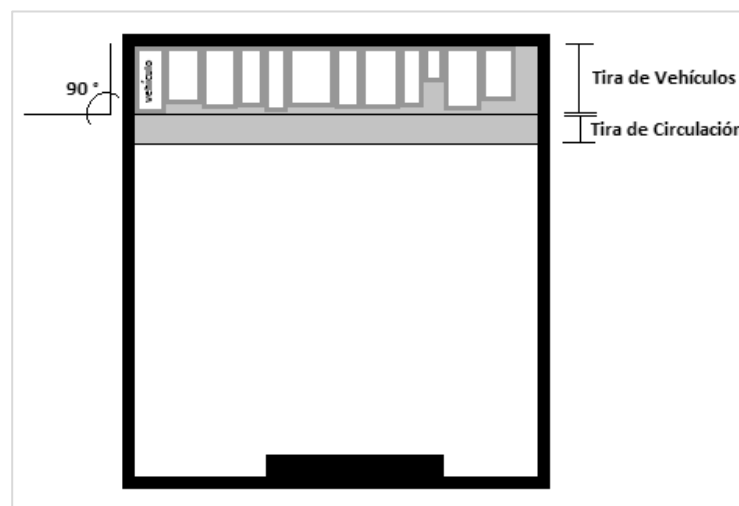


Figura 19 Distribución del parqueadero en tiras

#### 4.1.4.3 APLICACIÓN DEL ALGORITMO GENÉTICO

Para este trabajo de grado se abordaron dos situaciones relacionadas con la ubicación de vehículos a las cuales se les buscaba dar solución a partir de algoritmos genéticos.

La primera, la más común y que se experimenta a diario en La Inversora La 21. Determinar la ubicación donde se debe disponer uno a uno los vehículos que ingresan; para este caso se debe determinar la ubicación adecuada para un solo vehículo.

La segunda, cuando en determinado momento se requiera trasladar los vehículos que están al interior de un parqueadero hacia otro parqueadero de mayor tamaño o cuando se requiera reubicar dichos vehículos en el mismo parqueadero. En otras palabras, se necesita asignar nueva ubicación a cada uno de los vehículos que ya se encuentran ubicados; para este caso se debe determinar la ubicación adecuada para la totalidad de los vehículos que están dentro de un parqueadero.

De ahora en adelante en el documento. Al modelamiento de la solución de la primera situación se le llamará *ubicación individual* y al de la segunda situación *ubicación total*.

##### 4.1.4.3.1 Representación Cromosómica

| Caso                 | Representación Cromosómica                  | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación Individual | Codificación Binaria                        | A cada espacio disponible para ubicar un vehículo, se le asigna un número entero que representa el identificador en la lista de espacios disponibles, donde el mínimo valor que puede tomar en índice es 0 y máximo valor es el tamaño de la lista menos 1.                                  |
| Ubicación Total      | Codificación por Permutaciones <sup>9</sup> | A cada vehículo se le asigna un número entero y la disposición de los números en la lista representa el orden en que se van ubicando dentro del parqueadero, donde el tamaño de la lista viene dado por el número de vehículos a ubicar. Cada individuo representa una posible distribución. |

Tabla 1 Representación Cromosómica de las Soluciones

---

<sup>9</sup> El motivo por el cual se escogió la representación en codificación por permutaciones para el caso de ubicación total, es porque el orden de ingreso de los vehículos afecta la solución. Así mismo, no puede haber vehículos repetidos en la lista, lo que quiere decir que un vehículo no puede ingresar dos veces al parqueadero en una única distribución.

### Ejemplo Representación Cromosómica para la Ubicación Individual

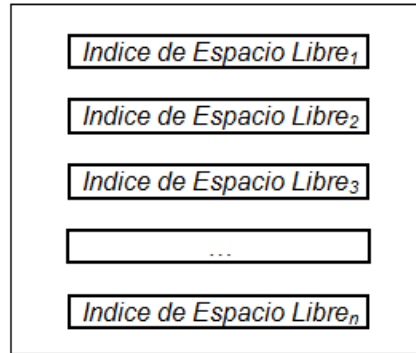


Figura 20 Cromosoma del Problema de Ubicación Individual

Por ejemplo. Si existen 4 espacios disponibles, algunos individuos válidos se muestran a continuación:

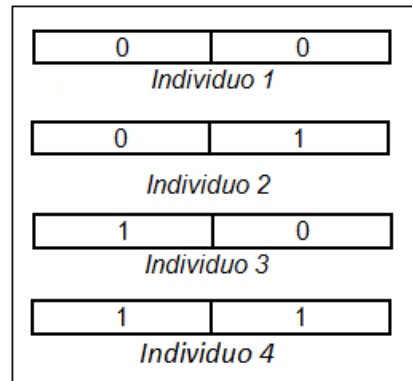


Figura 21 Ejemplo individuos válidos Problema de Ubicación Individual

El primer individuo hace referencia al índice de espacio 1, el segundo individuo al índice de espacio 2, el tercer individuo al índice de espacio 3 y el último individuo al índice de espacio 4. Para definir el número de bits necesarios para representar dichos individuos, se debe tener en cuenta que:

$$\text{Número de Bits} = (\log_2 N)$$

Donde N representa el tamaño de la lista de espacios disponibles.

### Ejemplo Representación Cromosómica para la Ubicación Total

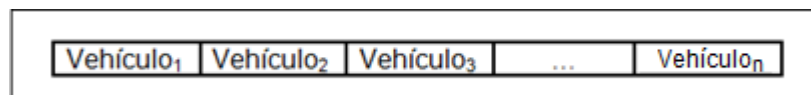


Figura 22 Cromosoma del Problema de Ubicación Total

Por ejemplo. Si se necesita reubicar 4 vehículos en un parqueadero, algunos individuos válidos se muestran a continuación:

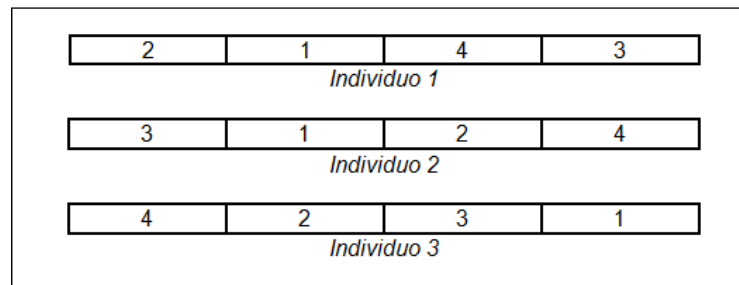


Figura 23 Ejemplo individuos válidos problema de Ubicación Total

#### 4.1.4.3.2 Estructura del Algoritmo Genético

##### Parámetros del AG

- **Porcentaje de Cruce**

El porcentaje de cruce es del 60%, lo que quiere decir que los individuos nuevos serán creados mediante el cruce de los padres de la generación previa, así mismo algunos de ellos serán como los padres y sólo serán alterados por la mutación si el caso lo requiere.

- **Porcentaje de Mutación**

El porcentaje de mutación es del 2%.

- **Número de Generaciones**

El número máximo de generaciones es de 500. Para los casos en que la cantidad de vehículos no supere los 100, la población evolucionará un total de 100 generaciones.

- **Población Inicial**

Los individuos que conforman la población inicial se crean aleatoriamente. El tamaño de la población varía dependiendo de lo siguiente:

| Caso                 | Tamaño población                               | Ejemplo |
|----------------------|------------------------------------------------|---------|
| Ubicación Individual | <i>Tamaño de la Población = 100 Individuos</i> |         |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación<br>Total | <p>Si la cantidad de vehículos a reubicar es menor a cinco (<math>&lt; 5</math>), el tamaño de la población será:<br/> <i>Tamaño de la Población = N!</i></p> <p>Si es mayor o igual que cinco (<math>\geq 5</math>), entonces el tamaño de la población será fijo. Y tendrá tamaño de cien (100) individuos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Cantidad a reubicar = 4</i><br/> <i>Tamaño de la Población = 4!</i><br/> <i>Tamaño de la Población = 24</i></li> <li>• <i>Cantidad a reubicar = 11</i><br/> <i>Tamaño de la Población = 100</i></li> </ul> |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Tabla 2 Tamaño de la Población Inicial

### Condición de Parada

Para el algoritmo de *Ubicación Total*, se establecieron las siguientes condiciones de parada:

La primera, cuando se haya iterado 500 veces el algoritmo, ya que con esto se le permite evolucionar y explorar una cantidad adecuada de soluciones. La segunda, cuando se haya alcanzado un porcentaje de desperdicio considerablemente pequeño, establecido inicialmente con base al promedio de los resultados obtenidos, tras iterar varias veces el algoritmo. El porcentaje de desperdicio se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Desperdicio} = \left( \frac{\text{AreaDesperdicio}}{\text{AreaTotal}} * 100 \right)$$

Para el algoritmo de *Ubicación Individual*, se establece que la condición de parada es el error mínimo del porcentaje de desperdicio.

$$\text{MIN \%Desperdicio} = \text{MIN} \left( \frac{\text{AreaDesperdicio}}{\text{AreaTotalEspaciosLibres}} * 100 \right)$$

En consecuencia, si los resultados son iguales o cercanos a cero “0”, éstos son ideales.

### Penalizaciones

En la siguiente tabla se detallan las penalizaciones que son usadas para determinar la calidad de las soluciones.

| Caso                 | Penalizaciones                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación Individual | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penalización por colisión.</li> <li>• Penalización por distancia en borde.</li> <li>• Penalización por desperdicio en tiras.</li> </ul>                                                                              |
| Ubicación Total      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desperdicio de ancho, con posibilidad de generar un nuevo espacio útil para ubicar un vehículo.</li> <li>• Penalización por desperdicio de alto.</li> <li>• Combinación de las penalizaciones anteriores.</li> </ul> |

Tabla 3 Penalizaciones derivadas del proceso de ubicación

Las penalizaciones de ambos casos se encuentran detalladas en el archivo anexo a este documento llamado Anexo K.

#### 4.1.4.3.3 Operadores Genéticos

##### Selección

Se utilizó la selección por ruleta especificada en el Anexo H. De esta manera se eligen los individuos de la población que aportan a la nueva generación de individuos.

##### Reproducción

Los individuos que se escogen en la selección se someten al cruce con el fin de producir la nueva generación. Para escoger los individuos padre y madre de cada cruce se implementaron tres estrategias.

En la primera estrategia, los padres son elegidos al azar de la lista de la población seleccionada, lo que quiere decir que tanto los mejores como los peores tienen la misma posibilidad de ser padres de los individuos de la siguiente generación. La segunda es una estrategia en la cual, de la población seleccionada los mejores individuos son cruzados con el individuo más cercano a su puntaje, lo que quiere decir que el individuo número 1 se cruza con el número 2, hasta que el individuo (n-1) se cruza con el individuo n. En la tercera, los mejores individuos de la población seleccionada, son cruzados con el individuo menos cercano a su puntaje (el peor), lo que quiere decir que el individuo número 1 se cruza con el número n, el individuo 2 con el número (n-1) y así sucesivamente hasta cubrir toda la población.

## Operador de Cruce

En la tabla se mencionan los operadores de cruce implementados para cada caso. En el capítulo de pruebas se determina el operador de cruce que finalmente se usó en cada uno de ellos.

| Caso                 | Penalizaciones                                                                                                                   |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación Individual | Cruce de un punto.                                                                                                               |
| Ubicación Total      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cruce de un punto con reparación.</li> <li>Cruce de dos puntos con reparación.</li> </ul> |

Tabla 4 Operadores de cruce para el proceso de reproducción

Las figuras 24 y 25 muestran ejemplos de cruce de un punto para cada caso.

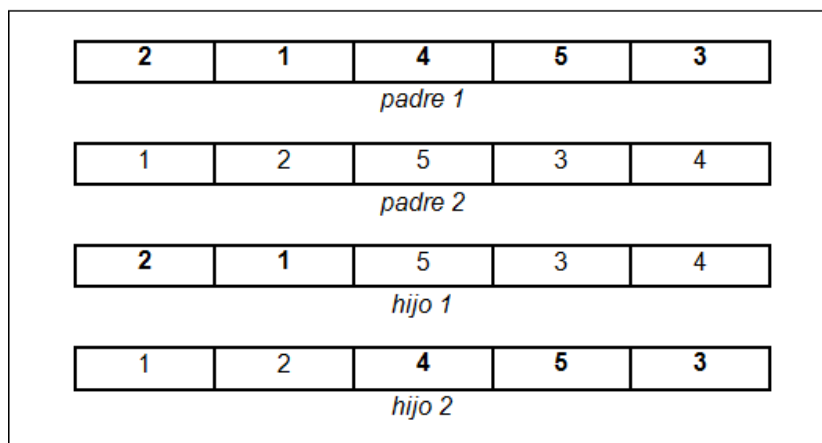


Figura 24 Ejemplo cruce un punto para Ubicación Total

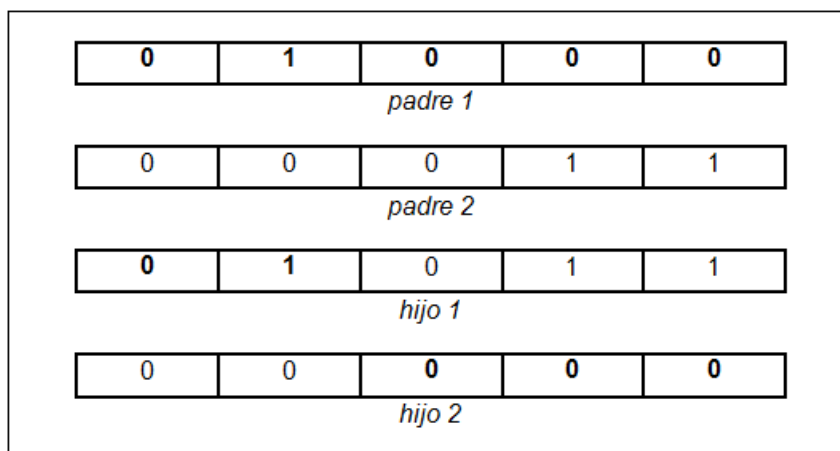


Figura 25 Ejemplo cruce un punto para Ubicación Individual

En la figura 26 se ejemplifica el cruce de dos puntos para el caso de Ubicación Total.

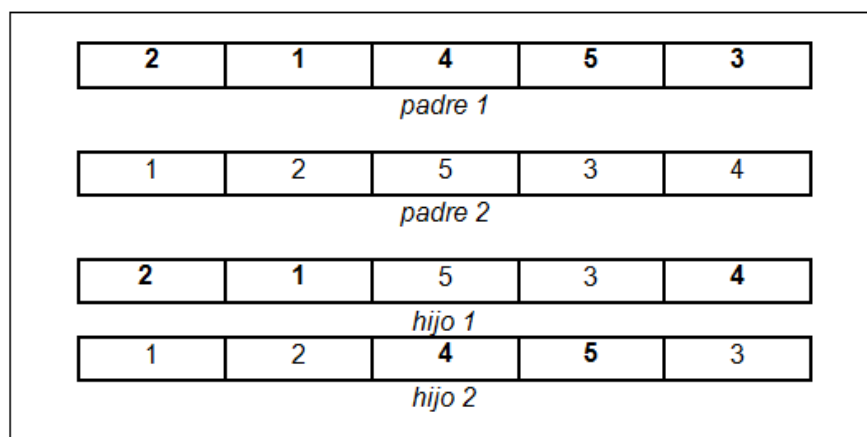


Figura 26 Ejemplo cruce dos puntos para Ubicación Total

### Cruce con Reparación

Al aplicar el operador de cruce para el caso de *Ubicación Total*, puede ocurrir que uno de los símbolos de la lista que representa un vehículo se repita como en el siguiente caso:

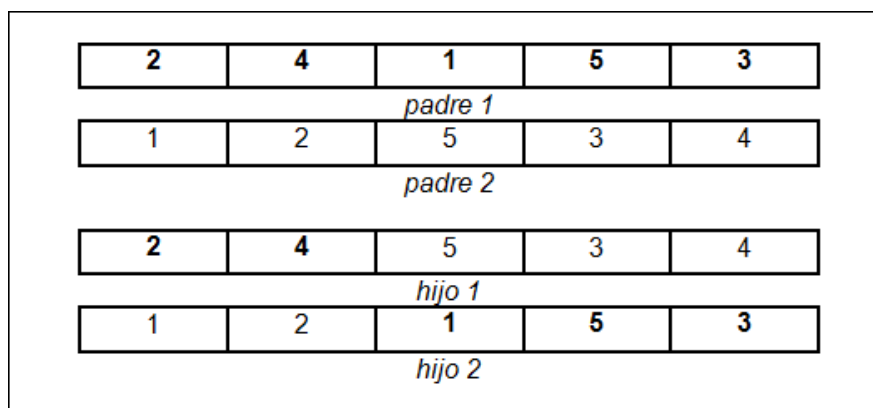


Figura 27 Inconveniente cruce para Ubicación Total

Por lo que los hijos no son válidos. Una opción para corregir este problema, es aplicar una operación con el cruce denominada *reparación*. En la *reparación*, el símbolo que se repite en la parte heredada del padre 1, es reemplazada por algún símbolo de la parte que no es heredada del padre 2.

De esta manera, para el ejemplo anterior se aplicaría la operación de reparación y un posible resultado sería:



Figura 28 Ejemplo cruce con reparación para Ubicación Total

## Operador de Mutación

| Caso                 | Tipo de mutación      | Descripción                                                                                                    |
|----------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación Individual | Cambio de bit         | Se elige un bit en el cromosoma y se cambia su valor, ya sea de cero a uno o viceversa.                        |
| Ubicación Total      | Intercambio recíproco | Se seleccionan aleatoriamente dos símbolos (vehículos) y luego se intercambian sus posiciones en el cromosoma. |

Las figuras 29 y 30 ilustran un ejemplo para cada caso.

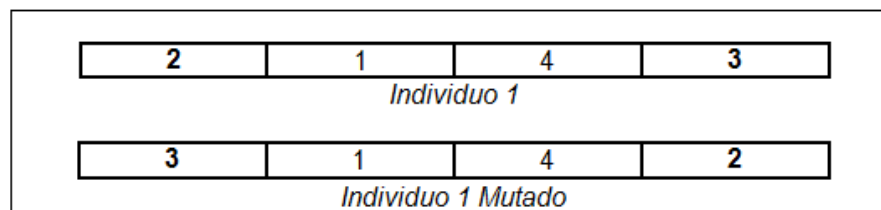


Figura 29 Ejemplo mutación para Ubicación Total

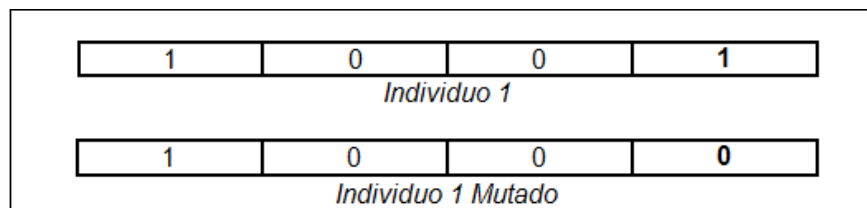


Figura 30 Ejemplo mutación para Ubicación Individual

## 4.2 DISEÑO

### 4.2.1 Descripción de Casos de Uso

A continuación se presenta el flujo principal de acciones. Conteniendo los flujos alternativos y de excepción para el registro de entrada de vehículos.

|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                      | SIGUV<br>ISO-9001 Universidad del Valle                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Documento: ER-0001       |
| Caso de Uso Extendido – Módulo Registro de Vehículos                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Página: 1 de 5           |
|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fecha:                   |
| Analistas Responsables:                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Manuel Salvador Cárdenas |
|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Joel Andrés Giraldo      |
| Caso de uso                                                                                                                           | Registro de Entrada                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |
| Actores                                                                                                                               | Administrador – Digitador                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |
| Propósito                                                                                                                             | Este caso de uso permite realizar el registro de un vehículo al momento de ingresar al parqueadero.                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |
| Resumen                                                                                                                               | Este caso de uso inicia, cuando el administrador – digitador haya ingresado al sistema y seleccione “Módulo de Registro”, posteriormente debe dirigirse a la opción “Registro de Entrada” para usar el sistema. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |
| Tipo                                                                                                                                  | Primario y Esencial                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |
| Referencias Cruzadas                                                                                                                  | R 4.1, R 4.2, R 4.3, R 5.3, R 5.4                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |
| Curso normal de los eventos                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |
| Acción de los Actores                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                 | Respuesta del Sistema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |
| 1. El administrador – digitador selecciona el “Módulo de Registro.”                                                                   |                                                                                                                                                                                                                 | 2. El sistema procesa la petición.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                          |
|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                 | 3. El sistema muestra las opciones “Registro de Entrada”, “Registro de Salida” y “Consultar Registro.”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                          |
| 4. El administrador – digitador ingresa a la opción “Registro de Entrada.”                                                            |                                                                                                                                                                                                                 | 5. El sistema procesa la petición.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                          |
|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                 | 6. El sistema muestra los campos: Nombre del parqueadero, fecha de ingreso, motivo de ingreso, nombre del propietario, primer apellido, segundo apellido, tipo de identificación, número de identificación, dirección, teléfono, tipo de vehículo, tipo de carrocería, marca del vehículo, color del vehículo, modelo del vehículo, placa, número de motor, número del chasis, una opción para adjuntar los registros fotográficos, una opción para cargarlos y una opción para registrar la información. |                          |
| 7. El administrador – digitador diligencia los campos, selecciona el tipo de vehículo, el tipo de carrocería, la marca, el color, los |                                                                                                                                                                                                                 | 8. El sistema procesa la petición.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                          |

|                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| registros fotográficos, los cuales procede a cargar y a finalizar el registro                                                                                                                                          |                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                        | 9. El sistema almacena la información del vehículo y muestra éxito al almacenar. |
| <b>Curso alterno de los eventos</b>                                                                                                                                                                                    |                                                                                  |
| <b>LINEA 7:</b> Si el administrador al momento de almacenar la información del registro, omite al menos un campo, el sistema emite un mensaje de error para que el administrador – digitador lo diligencie nuevamente. |                                                                                  |
| <b>LINEA 7.</b> Si el administrador no carga los registros fotográficos de los vehículos, el sistema emite un mensaje de error para que el administrador – digitador cargue al menos un registro fotográfico.          |                                                                                  |
| <b>LINEA 7.</b> Si el administrador excede el límite de la cantidad de registros fotográficos, el sistema emite un mensaje de error para que el administrador – digitador ajuste la cantidad de registros a almacenar. |                                                                                  |
| <b>LINEA 7.</b> Si el administrador excede el tamaño de los registros fotográficos, el sistema emite un mensaje de error.                                                                                              |                                                                                  |

Tabla 1 Caso de Uso – Módulo de Registro

El documento completo de la descripción de casos de uso está contenido en el archivo anexo a este documento llamado Anexo A.

#### 4.2.2 Diagrama de Entidad Relación

El adecuado diseño de la base de datos fue fundamental. Hacer que el Sistema de Información pueda interactuar con la base de datos, llevar a cabo las transacciones y operaciones para que los usuarios puedan hacer uso de la información hace que se cumplan los objetivos propuestos inicialmente.

Para SIGUV se hizo necesario diseñar la base de datos, para de esta manera poder administrar los datos que se generan en La Inversora La 21 producto de los procesos de entrada y salida de vehículos que ocurren a diario y que con el tiempo han generado un volumen considerable, que no sólo era necesario almacenar de forma segura y organizada, sino también permitir recuperar de manera rápida cuando se necesitase, modificar cuando fuera necesario y relacionar de manera precisa para que se convirtiera en información valiosa para la empresa.

#### Finalidad de la base de datos de SIGUV

La base de datos de SIGUV contiene:

- La información de los propietarios de los vehículos que son inmovilizados y dispuestos en los parqueaderos. Esta información es útil para el proceso de salida

de vehículos, pues permite relacionar al vehículo con su dueño al momento de la entrega; también para los organismos de tránsito poder tramitar las respectivas sanciones y comparendos a que dan lugar cuando este es el motivo de ingreso. Para los organismos judiciales es vital en los procesos que derivan de la accidentalidad u otras causas de inmovilización de los vehículos.

- La información de los vehículos. Información relacionada con las características propias de cada uno. Esta información es útil para los procesos de entrada y ubicación de vehículos, pues ayuda a identificar los automotores, determinar si es posible disponerlos en determinado parqueadero y además es esencial para gestionar el sitio adecuado para hacerlo. La base de datos también contiene fotografías de los vehículos que es importante para evidenciar la correcta entrega de los automotores en el proceso de salida, así mismo sirve como evidencia para los organismos judiciales adelantar los procesos internos que derivan de la inmovilización.
- La información de los usuarios. Información que permite administrar adecuadamente el sistema, proporcionar los permisos a cada tipo de usuario y controlar su actividad en SIGUV.
- Información de los parqueaderos (Coordenadas cartesianas de la ubicación de los vehículos. Espacios Restringidos, espacios vacíos, vías de acceso y movilidad). Esta información es fundamental para el proceso de entrada, ubicación y salida de vehículos, es necesaria en casi que todos los procesos pues a partir de ella se aprueba el ingreso de un vehículo a un parqueadero, seguido de gestionar la ubicación adecuada disponerlo y finalmente en el proceso de salida para determinar dónde se encuentra ubicado y cuál ruta seguir para darle salida del patio.

El algoritmo genético utiliza la información de los parqueaderos y de los vehículos almacenada en la base de datos para calcular las coordenadas cartesianas de los vehículos y así apoyar el proceso de ubicación de vehículos.

Toda la información de la base de datos sirve para generar los distintos reportes del sistema.

## **Almacenamiento y obtención de Información**

Los datos serán escritos por los usuarios administradores y digitadores de SIGUV a través de los formularios dispuestos para ello. La información podrá ser accedida en su totalidad por los usuarios administradores y digitadores y parcialmente por los usuarios jefes de patio. Los permisos de modificación y obtención a través de los reportes, se especifican en los privilegios que se asignan a los usuarios dependiendo de su tipo.

El algoritmo genético tendrá acceso a la información de los vehículos, los parqueaderos y los espacios. Así mismo podrá modificarla cuando sea necesario.

Indirectamente los Organismos Municipales y de Tránsito obtendrán la información a través de los resultados que deben evidenciar los funcionarios de La Inversora La 21 ante sus dependencias.

A continuación se muestra el diagrama entidad relación de SIGUV, descrito en tres partes debido a su tamaño.





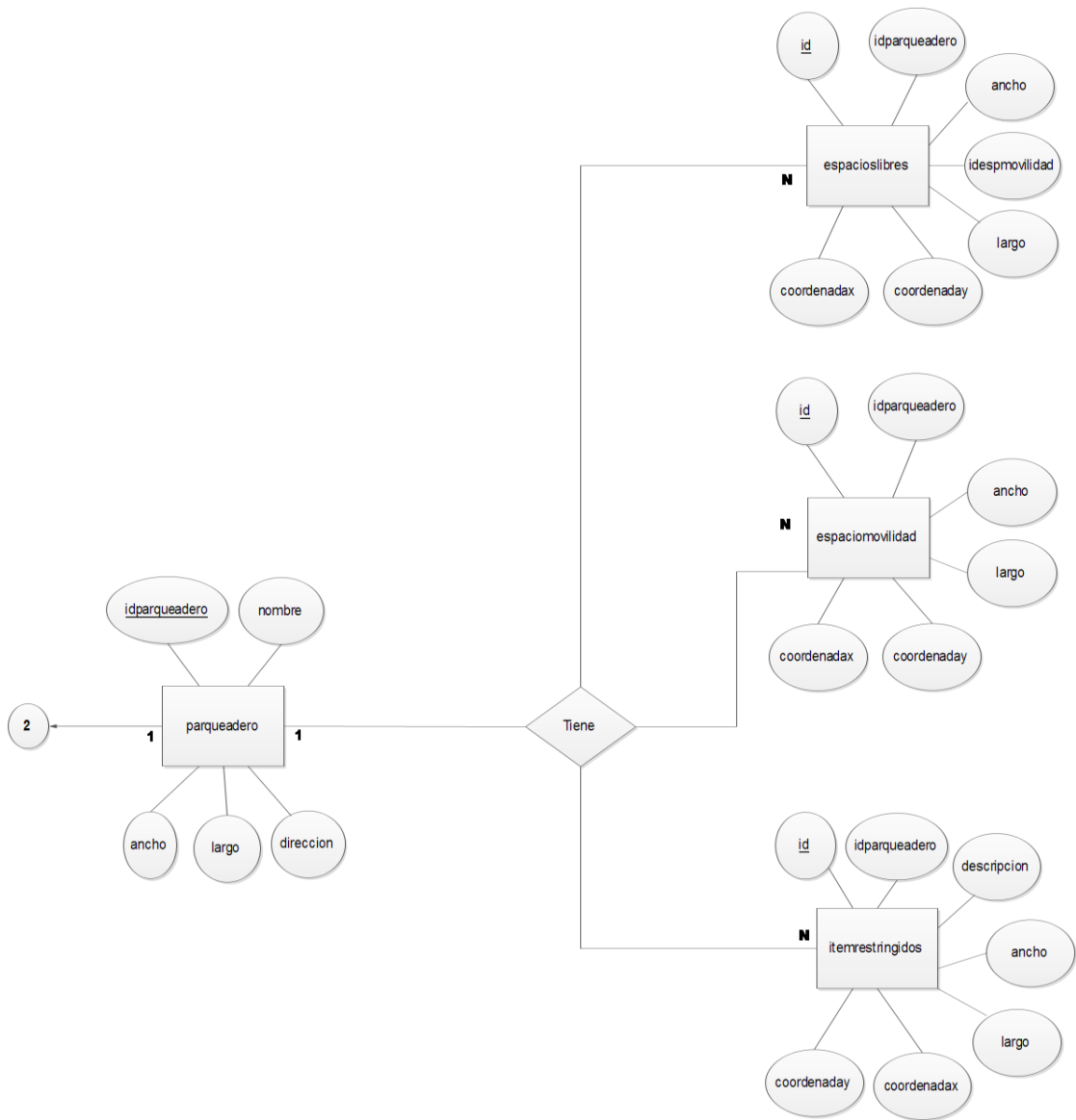


Figura 31 Diagrama ER

#### 4.2.3 Diagramas de Secuencia

A continuación se muestra el diagrama de secuencia para la ubicación total de los vehículos. Con ello se quiere mostrar las interacciones entre objetos, ya que éste es el núcleo de nuestro modelo dinámico y muestra todos los cursos alternos que pueden tomar nuestros casos de usos.

El documento completo de diagramas de secuencia está contenido en el archivo anexo a este documento llamado Anexo B.

Diagrama de Secuencia - Reubicar Vehículos

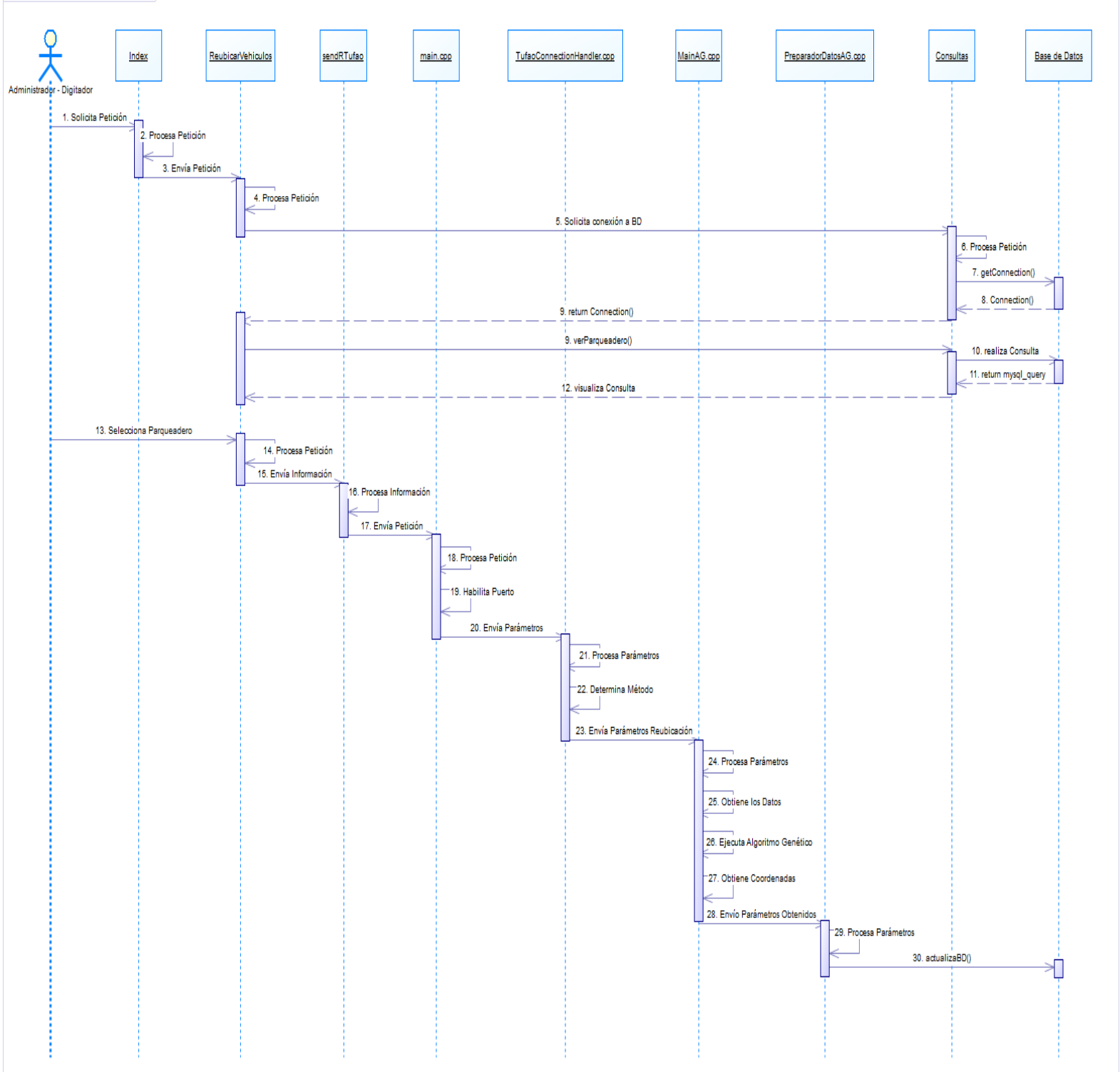


Figura 32 Diagrama de Secuencia – Ubicación Total

#### 4.2.4 Diagrama de Clases del Dominio

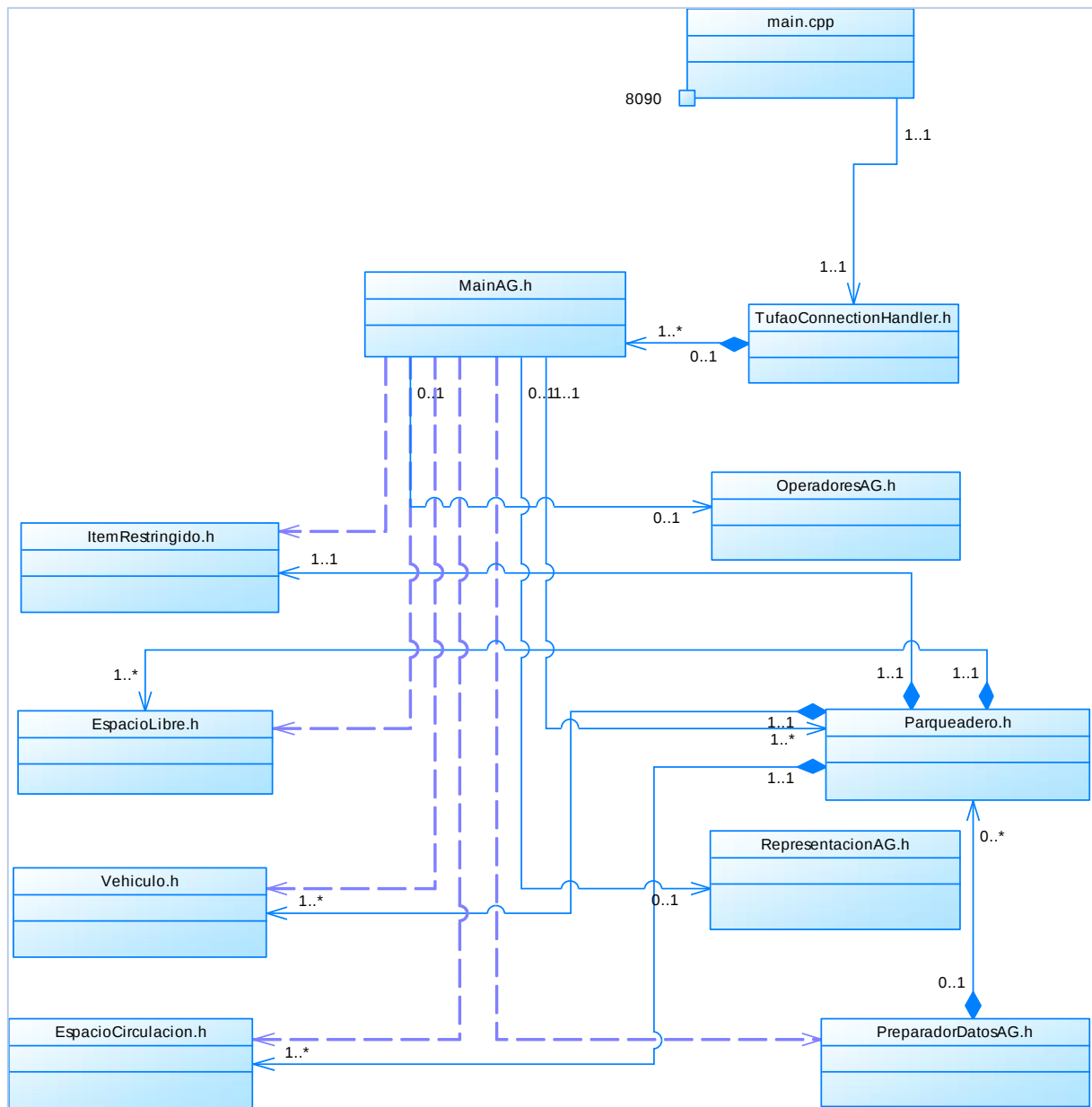


Figura 33 Modelo del Dominio UbicacionAG

### 4.3 DESARROLLO

Durante el desarrollo de SIGUV, se llevaron a cabo las distintas etapas que propone la metodología de desarrollo *ICONIX*. Análisis, Diseño, Desarrollo y Pruebas. Permitiendo obtener, estructurar y modelar la información necesaria para construir la herramienta que ayuda a administrar la información de La Inversora La 21 y en el proceso de ubicación.

Se llevó a cabo la etapa de análisis que permitió determinar con precisión los requerimientos del sistema a través de entrevistas con el cliente y con empleados de La Inversora La 21 que conocen a fondo los procesos que allí se llevan a cabo. A partir de la información, se realizó el modelamiento de los casos de uso y se obtuvieron los primeros prototipos del sistema. Así mismo, se realizó todo el análisis correspondiente a la solución del problema de Ubicación de Vehículos a partir de las técnicas evolutivas de los algoritmos genéticos, determinando la codificación de los cromosomas, los operadores genéticos, los parámetros y la estructura del algoritmo genético.

En la etapa de diseño se analizaron las posibles alternativas de implementación para el Sistema, por lo que se determinó que la administración de la información se realizaría a través de un Sistema de Información Web y el Algoritmo Genético que brindaría apoyo al proceso de ubicación de vehículos en un lenguaje nativo, debido a que éstos tienden a ser más rápidos que otros lenguajes compilados en tiempo de ejecución, además de sacar el mejor provecho al rendimiento del hardware. Durante esta etapa se modelaron, el diseño de la base de datos, la descripción de los casos de uso, los diagramas de clases y los diagramas de secuencia que describen el comportamiento del sistema.

Durante la etapa de implementación del sistema, se eligieron las herramientas y tecnologías necesarias para la construcción del mismo. De esta manera:

Para el **Sistema de Información Web** se utilizaron las siguientes tecnologías Web: Ajax, JavaScript, jQuery y PHP.

El complemento de jQuery *Datatables*, se utilizó para brindar una mejor presentación a las tablas de datos y permitir una administración más simple de la información. Como parte esencial del estilo del Sistema, el usuario siempre contará con un calendario a la vista. Para esto, se usó *Fullcalendar* y *Datepicker*, donde este último se utilizó en mayor medida para los campos de fecha en los formularios de registro. Para el diseño de las interfaces y los estilos, se utilizó *Bootstrap*, el cual fue modificado para las necesidades propias de SIGUV.

Siguiendo la directriz del diseño de SIGUV, la librería *liveValidation*, se utilizó para la validación de los campos de los formularios de registro, la cual fue de gran ayuda para evitar los malos manejos de los formularios del sistema por los usuarios. Continuando con los diseños de los registros y en especial para el de Entrada de Vehículos, la implementación del Gestor fotográfico se realizó mediante el uso de los complementos *Plupload.html5* y *Plupload.queve.list*, permitiendo así la carga y administración efectiva de los registros fotográficos.

FPDF es una librería que se utilizó para el diseño y generación de los reportes requeridos en La Inversora La 21, brindando la opción de descarga bajo formato PDF. Como complemento a FPDF, se utilizó en los reportes JpGraph, esto con el fin de personalizar aún más los reportes creando gráficos estadísticos, entre los que se utilizaron: Diagramas de torta y de barras.

Como mecanismo para la recuperación de contraseñas, se utilizó la librería PHPMailer, la cual es una librería de protocolos SMTP para el envío de correos electrónicos en los que se incluyó la contraseña del usuario.

Si bien el alma de los archivos del Sistema de Información Web, están desarrollados en PHP, el envío de los formularios no se realizó bajo el enfoque del método tradicional POST, sino que se utilizó la versión de Ajax para jQuery, *jQueryAjax*, el cual permite un envío asíncrono de los datos del formulario de una manera más transparente para el usuario.

Finalmente, otras de las librerías utilizadas en el desarrollo del Sistema de Información Web para mostrar gráficamente la ubicación de los parqueaderos y gestionar la búsqueda de espacios al interior de los mismos fue KinetiC. Esta librería JavaScript permite crear los lienzos (canvas) requeridos, personalizarlos y en ellos, mostrar los datos obtenidos de los parqueaderos.

Durante la implementación y el uso de estas herramientas, se presentaron inconvenientes que debieron ser tratados adecuadamente para conseguir los resultados y objetivos propuestos inicialmente para el sistema de información web. Estos inconvenientes se enuncian a continuación y se explica la manera en que se les dio tratamiento.

Los primeros inconvenientes se presentaron debido a la curva de aprendizaje relacionada con el manejo e integración de las tecnologías mencionadas anteriormente. Como segunda instancia, se presentaron problemas con el controlador de los registros fotográficos, el cual no permitía cargar un registro fotográfico con el mismo nombre, ya que este no contaba con un mecanismo que permitiera crear un nombre temporal y así generar diferentes nombres temporales para cada registro fotográfico. Este inconveniente se solucionó mediante la implementación del

controlador `upload.php`, el cual borra el nombre de los archivos por motivos de seguridad, asegurándose de que el nuevo nombre temporal sea único y posteriormente almacenar el registro fotográfico en el directorio especificado en el controlador.

Así mismo, fue un inconveniente el hecho de enviar correos electrónicos desde el sistema de información, ya que la configuración de los puertos SMTP de la librería PHPMailer entraban en conflicto con los puertos y configuración del servidor utilizado, denegándoles a los correos su envío.

Un inconveniente que se presentó y que afectó la manera en que se implementó el sistema, fue el hecho de necesitar un mecanismo que permitiera el envío de datos desde el Sistema de Información Web a la aplicación de lenguaje nativo que hiciera posible la ejecución del algoritmo genético allí implementado. Para resolverlo, se decidió que la aplicación en código nativo, debería obtener la información que necesitaba directamente desde la base de datos, esta decisión se tomó pensando en el desempeño del sistema de información, así mismo por la autonomía de las aplicaciones sobre la información que procesan, también teniendo en cuenta que la comunicación de las aplicaciones requiere de un tratamiento adecuado, ya que poseen arquitecturas diferentes.

Ahora, para el **Algoritmo Genético de Ubicación**, se eligió como lenguaje de programación C++, debido a su potencia y robustez. Así mismo, se eligió QtCreator IDE como entorno de desarrollo, primero, porque el equipo de desarrollo tiene experiencia en el uso de dicho, segundo, debido a que QtCreator es un potente entorno de desarrollo integrado multiplataforma que combina edición, depuración, gestión de proyectos, localización y herramientas de compilación. Tercero, como valor añadido, todas las herramientas de Qt son gratuitas y está permitido usarlas para crear proyectos comerciales. Otras de las ventajas de Qt, es su amplia disponibilidad de documentación Online, así como de diferentes librerías que permiten la conexión con sistemas web.

Durante la implementación del Algoritmo Genético y el uso de esta herramienta, se presentaron inconvenientes que debieron ser tratados adecuadamente para conseguir los resultados y objetivos. Estos inconvenientes se enuncian a continuación y se explica la manera en que se les dio tratamiento.

La curva de aprendizaje en cuanto a la compilación y configuración de las librerías para Qt, como es el caso de QtSql, donde los archivos DLLs necesarios para su conexión con el servidor no eran generados correctamente y si lograban ser generados, éstos no eran reconocidos por dicha clase, denegándole la conexión con la Base de datos del servidor. Este error de conexión a la Base de Datos, se solucionó al momento de instalar *mysql-connector-odbc-3.51.30-win32* garantizando así, la integridad de los datos pero sacrificando un poco la velocidad de consulta, más no su

rendimiento. Para la compilación de los módulos de Tufão Web Service para distribuciones GNU/Linux, el proceso no es tan complicado si se compara con Windows, debido a que se debe construir sobre Qt y éste a su vez debe estar configurado apropiadamente para hacerlo. Así mismo, es necesario contar con CMake y MinGW instalados y configurados, ya que en Qt es posible usarlos pero como tal estas distribuciones no hacen parte del IDE. En la búsqueda extensa por entender la correcta instalación y uso de ésta librería, se remitió al archivo CMakeList, el cual es el encargado de crear los plugins para la configuración correcta, donde paso a paso se compilaron los diferentes Path de los archivos necesarios para la construcción del proyecto, además de presentarse la necesidad de utilizar un MinGW diferente al instalado por defecto para Qt, adicionándole características necesarias para la puesta en marcha del Servicio Web.

Otros de los problemas, está relacionado con el manejo de punteros. Debido a la inexperiencia de los desarrolladores y la pérdida de costumbre con el manejo de este tipo de variables, trajo consigo retrasos en el tiempo de implementación. Como problema adicional, se encuentra el manejo de memoria. Al no contar C++ con un Garbage Collector, el equipo desarrollador es el encargado de cargar y liberar de memoria las librerías. Por lo que se incurrió en un manejo inadecuado de la memoria.

La versión de QtCreator utilizada para el desarrollo de este proyecto de grado fue la 4.8.6, pero inicialmente se trabajó con la versión 4.7, debido a que su rendimiento era mucho más aceptable pero su entorno obsoleto. Así mismo, se evidenció en gran medida, que las instalaciones de QtCreator pueden verse afectadas por los recursos limitados de hardware, lo que hace que se haga necesario la reinstalación del entorno.

Un reto importante a la hora de codificar los Algoritmos Genéticos, se relaciona con la curva de aprendizaje respecto a la utilización de técnicas evolutivas, puesto que de una buena codificación, depende la calidad de las soluciones. Ésta variable, afectó en el tiempo de entrega de versiones funcionales, debido a que el modelamiento inicial del Algoritmo Genético no se acercaba a la solución del problema propuesto.

Finalmente se codificaron dos algoritmos genéticos para la ubicación de vehículos.

El primero, para el caso de *Ubicación Total*. Que se refiere a la necesidad de ubicar todos los vehículos que se encuentran al interior de un parqueadero, por lo que es necesario encontrar la distribución que ayude a un mejor aprovechamiento del espacio, teniendo en cuenta la dimensionalidad de los vehículos y cumpliendo con las restricciones de movilidad. Para este caso el algoritmo hace uso de los métodos, *distribuirPoblacion()* para distribuir los vehículos y de *ubicarConRestriccion()* para ubicar a cada uno de ellos, así mismo como de las técnicas evolutivas de los algoritmos genéticos anteriormente descritas.

Por otro lado un algoritmo genético para el caso de *Ubicación Individual*. En este caso, el algoritmo genético que se codificó es *adaptativo*, porque cuando se haga una petición en la que se requiera ubicar individualmente, el algoritmo verificará la cantidad de espacios disponibles para ubicar en el parqueadero y determinará si usar las técnicas evolutivas para encontrar una solución, o si por el contrario evaluar todas las posibilidades para determinar cual es la más adecuada para ubicar el vehículo que se requiere. La razón por la que se codificó de esta manera el algoritmo genético que ayuda a ubicar individualmente, es porque cuando la cantidad de espacios disponibles para ubicar es pequeña, el costo de evaluar todas las posibilidades es considerablemente pequeño en términos de tiempo de respuesta, comparado con el que toma hacerlo aplicando las técnicas evolutivas. Pero si por el contrario, se tiene una cantidad demasiado grande de espacios disponibles para ubicar, como sucede en los problemas combinatorios, las técnicas evolutivas pueden proporcionar una respuesta más rápida y de calidad aceptable.

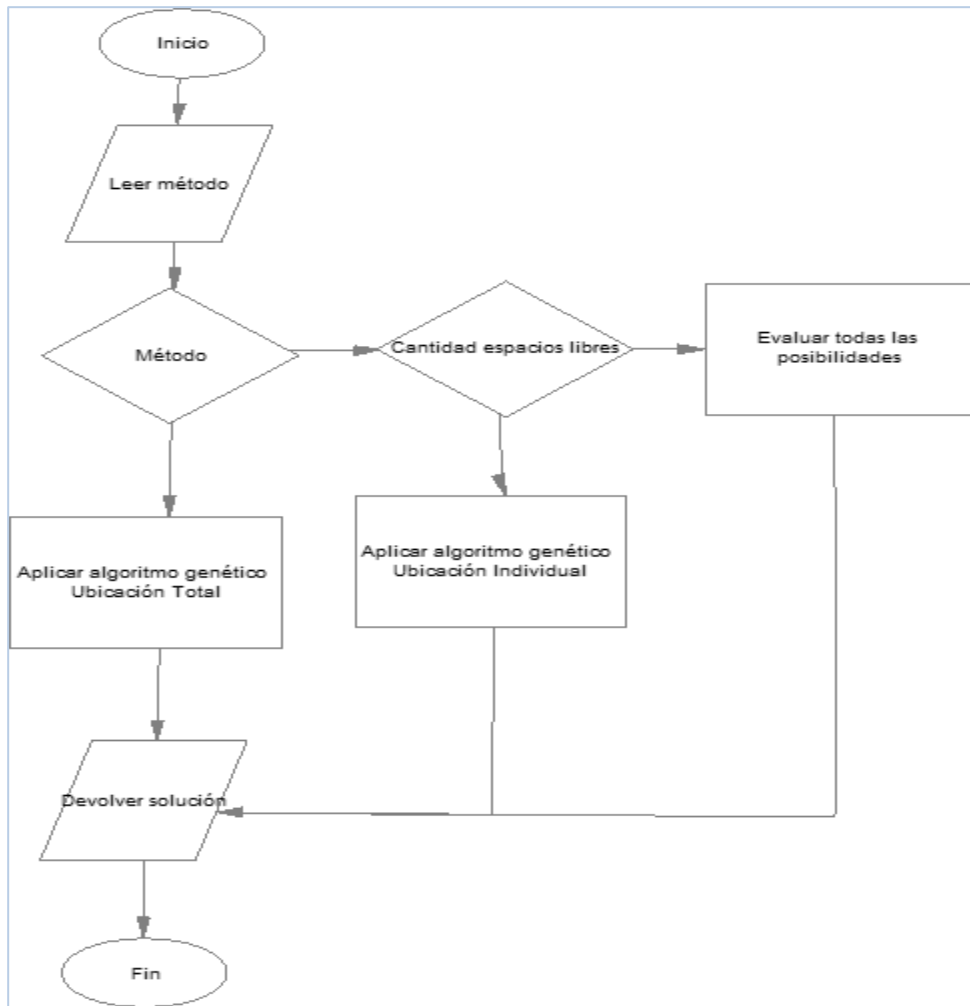


Figura 34 Diagrama flujo proceso de ubicación de vehículos

En caso de que se haga uso del algoritmo genético, éste utilizará los métodos `usarPoblacion()` para disponer los espacios y `ubicarVehiculo()` para disponer el vehículo sobre los mismos, así como también de las técnicas evolutivas de los algoritmos genéticos anteriormente descritas. Si en su lugar decide evaluar todas las posibilidades de ubicación que existen para el caso, el algoritmo hará uso del método *`ejecutarTodas()`* ayudándose de los métodos descritos anteriormente pero sin tener en cuenta las técnicas evolutivas.

#### **4.4 PRUEBAS**

Se presentan a continuación algunas de las pruebas para las funciones más importantes de la aplicación Web.

A continuación se muestra la prueba funcional para crear un registro de entrada.

|                                                                                                                                                 |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------|------------|--------------------|----------|-------------------------|-------|------------------|----------|-------------------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------|------------|----------------------|-----------|--------------|-------------------|-----------|---------------------|-------|--------|-------|--------|------|---------|------|--------|---------|------------------|-----------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------|
|                                                                | SIGUV<br>ISO-9001 Universidad del Valle |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Documento:</b> ER-0001              |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
|                                                                                                                                                 | <b>Aplicación Módulo: Registro</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Página:</b> 1 de 5<br><b>Fecha:</b> |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Nombre: Crear Registro de Entrada</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Asignar un solo número de la secuencia a cada cuadro</li> </ul> |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Analistas Responsables:</b>                                                                                                                  |                                         | Manuel Salvador Cárdenas<br>Joel Andrés Giraldo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b>                                                                                                                 |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Identificador</b>                                                                                                                            |                                         | <b>Título</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>2</b>                                                                                                                                        |                                         | Crear Registro de Entrada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Caso de Uso</b>                                                                                                                              |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Objetivo</b>                                                                                                                                 |                                         | Probar que el caso de uso funcione correctamente y realice lo que debería hacer.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Tipo de Prueba</b>                                                                                                                           |                                         | Pruebas del sistema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Software Requerido</b>                                                                                                                       |                                         | Programa en ejecución                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Personal Requerido</b>                                                                                                                       |                                         | Equipo de desarrollo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Datos de Prueba</b>                                                                                                                          |                                         | <table border="1"> <tr> <td>Nombre del parqueadero:</td> <td>La 21 Norte</td> </tr> <tr> <td>Fecha de ingreso:</td> <td>10/07/2014</td> </tr> <tr> <td>Motivo de ingreso:</td> <td>Juzgados</td> </tr> <tr> <td>Nombre del propietario:</td> <td>Oscar</td> </tr> <tr> <td>Primer Apellido:</td> <td>Ceballos</td> </tr> <tr> <td>Segundo Apellido:</td> <td>Argote</td> </tr> <tr> <td>Tipo identificación:</td> <td>Cédula de ciudadanía</td> </tr> <tr> <td>Número identificación:</td> <td>1'116.782.210</td> </tr> <tr> <td>Dirección:</td> <td>Calle 16a # 25 – 200</td> </tr> <tr> <td>Teléfono:</td> <td>310 653 7821</td> </tr> <tr> <td>Tipo de vehículo:</td> <td>Automóvil</td> </tr> <tr> <td>Tipo de carrocería:</td> <td>Sedan</td> </tr> <tr> <td>Marca:</td> <td>Mazda</td> </tr> <tr> <td>Color:</td> <td>Gris</td> </tr> <tr> <td>Modelo:</td> <td>2013</td> </tr> <tr> <td>Placa:</td> <td>ABC 432</td> </tr> <tr> <td>Número de motor:</td> <td>093HJDLKUH48975</td> </tr> <tr> <td>Número de Chasis:</td> <td>UYGF23U4Y54OI</td> </tr> <tr> <td>Registro fotográfico:</td> <td>p193ml823e1kph8oj7qli3891u4.jpg</td> </tr> </table> |                                        | Nombre del parqueadero: | La 21 Norte | Fecha de ingreso: | 10/07/2014 | Motivo de ingreso: | Juzgados | Nombre del propietario: | Oscar | Primer Apellido: | Ceballos | Segundo Apellido: | Argote | Tipo identificación: | Cédula de ciudadanía | Número identificación: | 1'116.782.210 | Dirección: | Calle 16a # 25 – 200 | Teléfono: | 310 653 7821 | Tipo de vehículo: | Automóvil | Tipo de carrocería: | Sedan | Marca: | Mazda | Color: | Gris | Modelo: | 2013 | Placa: | ABC 432 | Número de motor: | 093HJDLKUH48975 | Número de Chasis: | UYGF23U4Y54OI | Registro fotográfico: | p193ml823e1kph8oj7qli3891u4.jpg |
| Nombre del parqueadero:                                                                                                                         | La 21 Norte                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Fecha de ingreso:                                                                                                                               | 10/07/2014                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Motivo de ingreso:                                                                                                                              | Juzgados                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Nombre del propietario:                                                                                                                         | Oscar                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Primer Apellido:                                                                                                                                | Ceballos                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Segundo Apellido:                                                                                                                               | Argote                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Tipo identificación:                                                                                                                            | Cédula de ciudadanía                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Número identificación:                                                                                                                          | 1'116.782.210                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Dirección:                                                                                                                                      | Calle 16a # 25 – 200                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Teléfono:                                                                                                                                       | 310 653 7821                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Tipo de vehículo:                                                                                                                               | Automóvil                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Tipo de carrocería:                                                                                                                             | Sedan                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Marca:                                                                                                                                          | Mazda                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Color:                                                                                                                                          | Gris                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Modelo:                                                                                                                                         | 2013                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Placa:                                                                                                                                          | ABC 432                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Número de motor:                                                                                                                                | 093HJDLKUH48975                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Número de Chasis:                                                                                                                               | UYGF23U4Y54OI                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| Registro fotográfico:                                                                                                                           | p193ml823e1kph8oj7qli3891u4.jpg         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |
| <b>Procedimiento de Prueba</b>                                                                                                                  |                                         | Paso 1: Ingresar a la aplicación<br>Paso 2: Dirigirse a la sección Registro<br>Paso 3: Ingresar a Registro de Entrada<br>Paso 4: Diligenciar los datos del propietario<br>Paso 5: Diligenciar los datos del vehículo<br>Paso 6: Adjuntar los archivos fotográficos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                        |                         |             |                   |            |                    |          |                         |       |                  |          |                   |        |                      |                      |                        |               |            |                      |           |              |                   |           |                     |       |        |       |        |      |         |      |        |         |                  |                 |                   |               |                       |                                 |

|                           |                                             |
|---------------------------|---------------------------------------------|
|                           | Paso 7: Crear el Registro                   |
| <b>Resultado Esperado</b> | El Registro ha sido almacenado exitosamente |
| <b>Resultado Obtenido</b> | Prueba Exitosa SI(X) NO( )                  |

Tabla 5 Prueba funcional Crear registro de entrada.

Las demás pruebas funcionales de SIGUV, se encuentran incluidas en el archivo anexo a este documento llamado Anexo L.

## Estrategia de reproducción

Para determinar cuál estrategia de reproducción usar en el momento en que se ejecute el algoritmo genético. Se probaron diferentes poblaciones, en las que se incluyeron poblaciones con individuos de tamaño pequeño y otros más grandes. A cada población se le aplicó el algoritmo genético un total de 10 veces, se obtuvieron los resultados y se promediaron los porcentajes de mejoramiento de las poblaciones para cada ejecución:

Las opciones posibles de reproducción que se evaluaron fueron las mencionadas en el capítulo 4.1.4.3. Teniendo en cuenta que la selección se llevó a cabo por medio del método de ruleta en todos los casos.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

| Reproducción     |                            |                           |                     |
|------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|
| <i>Aleatoria</i> | <i>Mejores con Mejores</i> | <i>Mejores con Peores</i> | <i>Elegida</i>      |
| 26 Individuos    |                            |                           |                     |
| 2,29%            | 0,35%                      | 0%                        | Aleatoria           |
| 95 Individuos    |                            |                           |                     |
| 4,47%            | 5,37%                      | 2,30%                     | Mejores con Mejores |
| 340 Individuos   |                            |                           |                     |
| 6,40%            | 5,23%                      | 3,10%                     | Aleatoria           |
| 992 Individuos   |                            |                           |                     |
| 0,59%            | 0,55%                      | 0,10%                     | Aleatoria           |

Tabla 6 Mejoramiento promedio de las poblaciones después de 10 ejecuciones para evaluar la reproducción.

De los resultados anteriores, se puede evidenciar que para las diferentes poblaciones, la mayoría de las veces la estrategia de padres aleatorios tiene mejor porcentaje promedio de mejoramiento, por lo que se estableció esta como la estrategia que se usa al momento de ejecutar el algoritmo.

Así mismo como se implementaron tanto el cruce de un punto como el de dos puntos, se realizó el mismo proceso para escoger cual usar, teniendo en cuenta que esta vez ya que ya se eligió la forma de reproducción.

Los resultados se muestran a continuación.

| Cruce con Reproducción Aleatoria |                  |                  |
|----------------------------------|------------------|------------------|
| Cruce 1 Punto                    | Cruce dos Puntos | Elegida          |
| 26 Individuos                    |                  |                  |
| 0,497%                           | 0,83%            | Cruce dos Puntos |
| 95 Individuos                    |                  |                  |
| 3,23%                            | 5,47%            | Cruce dos Puntos |
| 340 Individuos                   |                  |                  |
| 5,45%                            | 6,27%            | Cruce dos Puntos |
| 992 Individuos                   |                  |                  |
| 0,05%                            | 0,54%            | Cruce dos Puntos |

Tabla 7 Mejoramiento promedio de las poblaciones después de 10 ejecuciones para evaluar el cruce.

De los resultados anteriores, se puede evidenciar que para las diferentes poblaciones, la mayoría de las el cruce de dos puntos tiene mejor porcentaje promedio de mejoramiento, por lo que se estableció este como cruce que se usa al momento de reproducir las poblaciones.

### Evolución de la Población con individuos de diferente tamaño durante 100 generaciones

A continuación se muestra el resultado de ejecutar el algoritmo genético durante cien generaciones. En cada instancia la población es de cien individuos y cada uno de ellos tiene tamaño fijo según el caso.

#### Individuos de Tamaño 26

| Generación | Mejor | Promedio | Peor  |
|------------|-------|----------|-------|
| 1          | 95400 | 92300    | 89200 |
| 3          | 96000 | 93427    | 92200 |
| 4          | 96200 | 93856    | 92600 |
| 21         | 96600 | 96080    | 95400 |
| 100        | 96600 | 96080    | 95400 |

Tabla 8 Evolución población  
Individuos tamaño 26

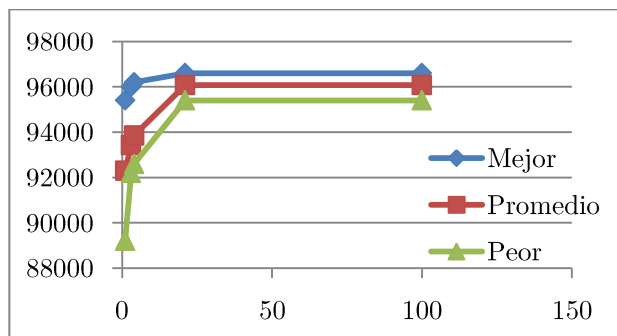


Figura 35 Evolución población  
Individuos tamaño 26

### Población de Individuos de Tamaño 95

| Generación | Mejor | Promedio | Peor  |
|------------|-------|----------|-------|
| 1          | 59800 | 55524    | 52000 |
| 3          | 60800 | 56954    | 55400 |
| 4          | 61400 | 57228    | 55200 |
| 21         | 62200 | 57902    | 55800 |
| 24         | 62200 | 62088    | 61400 |
| 45         | 62800 | 62416    | 62400 |
| 100        | 62800 | 62416    | 62400 |

Tabla 9 Evolución población  
Individuos tamaño 95

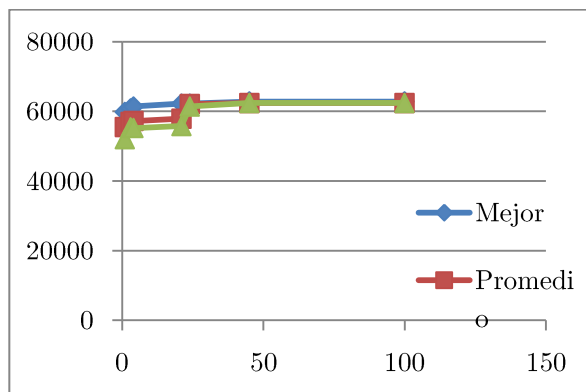


Figura 36 Evolución población  
Individuos tamaño 95

### Población de Individuos de Tamaño 340

| Generación | Mejor  | Promedio | Peor   |
|------------|--------|----------|--------|
| 1          | 130300 | 123257   | 119000 |
| 5          | 130500 | 125448   | 123600 |
| 8          | 137600 | 126615   | 124600 |
| 10         | 138800 | 127274   | 125200 |
| 20         | 139600 | 133979   | 129400 |
| 23         | 139800 | 136264   | 124400 |
| 39         | 140200 | 139392   | 139200 |
| 100        | 140200 | 139392   | 139200 |

Tabla 10 Evolución población  
Individuos tamaño 340

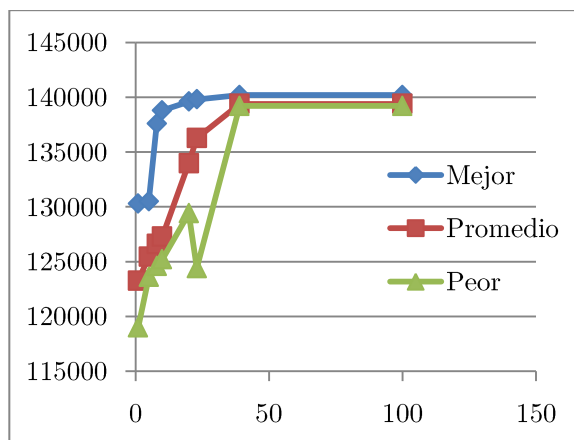


Figura 37 Evolución población  
Individuos tamaño 340

### Población de Individuos de Tamaño 992

|     | Mejor  | Promedio | Peor   |
|-----|--------|----------|--------|
| 1   | 879400 | 875286   | 870400 |
| 4   | 880000 | 877200   | 875800 |
| 10  | 880200 | 879098   | 878600 |
| 11  | 881000 | 879334   | 878800 |
| 100 | 881000 | 879334   | 878800 |

Tabla 11 Evolución población  
Individuos tamaño 992

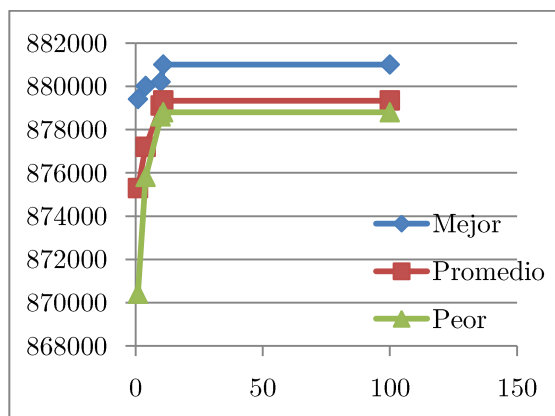


Figura 38 Evolución población  
Individuos tamaño 992

En base a los gráficos anteriores, se puede concluir que las poblaciones mejoran su puntuación a través de las generaciones con porcentajes más grandes o más pequeños de mejoramiento de acuerdo al tamaño de los individuos. Así mismo se puede ver que el algoritmo llega a una instancia en la que el puntaje de la población se va estabilizando y este converge a un mismo punto.

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

### 5.1 CONCLUSIONES

El planteamiento de este trabajo, trajo consigo muchos propósitos y objetivos que necesitaban de una estrategia bien definida para su cumplimiento. Esta a su vez, requirió de la adecuada implementación tanto del Algoritmo Genético como del Sistema de Información.

A continuación se enuncian una a una las conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados:

- Diseñar una base de datos que permita administrar la información generada en los procesos de ingreso y salida de vehículos en La Inversora La 21.

Para el presente trabajo de grado, diseñar la base de datos para La Inversora La 21 fue fundamental, ya que se logró centralizar y relacionar la información derivada de los procesos de entrada y salida de vehículos en los diferentes parqueaderos, además de permitir el trabajo en conjunto tanto del Sistema de Información Web como del Algoritmo Genético.

- Generar reportes sobre el estado de los procesos de entrada y salida de los vehículos, tanto para el personal administrativo de La Inversora La 21, como para los organismos municipales y de tránsito.

La generación de reportes para una empresa es de vital importancia ya que estos incrementan la transparencia sobre sus valores, principios y desempeño en lo que respecta al desarrollo sostenible. Esto no es ajeno para La Inversora La 21. A pesar de que el sistema no se implantó. El proceso de aceptación se llevó a cabo con su representante y algunos empleados; En principio, la versión beta de la aplicación, no cumplió con lo esperado por los futuros usuarios de SIGUV, evidenciando la inexistencia de información que necesitaba ser incluida en los reportes previamente generados, además de la confusión generada por la forma en que se presentaba la información, la cual era difícil de interpretar. En la versión final del sistema, se corrigieron dichos problemas por lo que se le dio aceptación.

Se logra evidenciar, que la idea de los reportes generó una gran expectativa y aceptación entre los futuros usuarios que a diario deberían interactuar con el sistema cuando este sea implantado. La información necesaria para presentar ante los organismos municipales y de tránsito ahora podrá ser clasificada y generada más rápidamente, y mostrada de mejor manera ante dichos organismos. La disponibilidad o no de espacios en el lote que se usa para la ubicación, es de vital importancia, pues ayuda a determinar a las directivas la viabilidad de permitir ingresar más vehículos y el poder hacer un aproximado de que cantidad eventualmente podría disponerse aún, con ayuda de los gráficos que muestran la frecuencia de entrada por parqueadero. Algo que cabe mencionar es que las bitácoras de usuario recibieron una gran aceptación, pues en La Inversora La 21 argumentaron que éstas servirán para controlar el problema de las inconsistencias y errores en la digitación que a menudo se presentan y que antes era casi imposible determinar su responsabilidad.

- Desarrollar e implementar un algoritmo genético, para ayudar a la toma de decisiones en la optimización de espacio físico del parque automotor de los vehículos que ingresan en la Inversora La 21, como el de reubicar todos los vehículos.

Los Algoritmos Genéticos combinan la supervivencia de los individuos más compatibles entre las estructuras de cadenas, con una estructura de información ya aleatorizada intercambiada para construir un algoritmo de búsqueda que permita encontrar soluciones con buena función de aptitud. Las distribuciones de vehículos que favorecen el aprovechamiento del espacio disponible en los parqueaderos y generan un área de desperdicio menor, permanecen más tiempo a través de las generaciones del algoritmo o en su defecto sus características siguen prevaleciendo en los hijos que se generan a través de los cruces, aportando a la consecución de una buena solución.

Al ejecutar el algoritmo genético en ambientes de prueba similares a los de producción y con datos reales, los resultados obtenidos en cada instancia de ejecución, presentan un puntaje alto y por tanto representan su mejor solución. Algunas de estas soluciones no reflejan a simple vista la mejor forma de ubicación pero teniendo en cuenta que la cantidad de posibles soluciones depende del tamaño de la entrada al problema (cantidad de vehículos), y que es relativamente grande si se piensa en la cantidad de vehículos que se deben disponer cuando se intenta realizar el proceso de Ubicación Total. Es ahí cuando se puede decir que las soluciones son buenas pues han sido el producto de un proceso bien estructurado. Aunque es posible que incorporando otras técnicas que para este trabajo de grado no se tuvieron en cuenta se logren mejorar aún más.

Con base a las pruebas realizadas y los resultados obtenidos, se puede destacar lo siguiente:

- En la mayoría de los casos, el algoritmo genético encuentra una solución aceptable traducida en una buena distribución de espacios, con una probabilidad proporcional al tamaño de la población.
  - En un problema de distribución de espacios con pocos individuos, un número de 50 generaciones aumenta las probabilidades de encontrar un mejor valor para la aptitud, pues el número de combinaciones posibles es menor.
- Diseñar una interfaz gráfica que refleje los resultados del algoritmo genético bajo un enfoque humano-computador.

Establecer un canal de comunicación entre una aplicación web y una aplicación de escritorio es complejo, más aún si la desarrollada en el back-end está escrita en un lenguaje nativo. Es por esto que se optó por un Framework Web asíncrono para C++ llamado Tufão, el cual trajo muchos inconvenientes a la hora de la instalación y configuración, ya que dicho Framework está optimizado para distribuciones GNU/Linux, por lo que la conexión de los sistemas se vio afectada hasta las últimas instancias del desarrollo. Por otro lado, Tufão cuenta con una guía de instalación no muy clara para las versiones 0.x y 1.x, por lo que no se estaba seguro de su correcto funcionamiento. La constante de tiempo para el estudio y entendimiento de las APIs para configurar esta librería se vio afectada, ya que no existen muchos ejemplos para el uso de la misma como consecuencia de su reciente release.

Algunos de los plugins desarrollados para Qt tienen una gran desventaja y es la configuración con alto nivel de dificultad para novatos, por lo que la conexión al servidor del Algoritmo Genético de ubicación, en sus inicios también se vio comprometida. Ya que los archivos DLLs necesarios para su conexión, no eran generados correctamente y si lograban ser generados, éstos no eran reconocidos por la clase QSql.

El tener un Algoritmo Genético encargado del proceso de ubicación de los vehículos entrantes a los diferentes parqueaderos, no era de gran ayuda si estos no podían visualizar la ubicación de dichos a través del Sistema de Información Web. Gracias a la sincronización del canal de comunicación existente entre las aplicaciones y la base de datos, se implementó un applet utilizando la librería KinetiC, la cual permitió reflejar en el Sistema de Información Web los resultados obtenidos por el Algoritmo Genético de una forma más agradable y simple.

## 5.2 TRABAJOS FUTUROS

- Investigar e implementar una heurística que permita determinar cuál es la mejor configuración para la disposición de los vehículos. Entre las posibles disposiciones se encuentran: paralela, oblicua, o con un ángulo de inclinación.
- Implementar una aplicación móvil que interactúe con el Sistema de Información Web y permita realizar el inventario desde el sitio mismo donde están ubicados los vehículos, de tal forma que se obtenga la información precisa y que si por alguna razón se presentan inconsistencias en la información almacenada en el registro del vehículo, sea posible ser verificada rápidamente y de esta manera hacer la respectiva corrección en el sistema.
- Desarrollar un mecanismo que permita modelar los parqueaderos a partir de una imagen, lo que podría requerir de procesamiento digital de imágenes, otra área de aplicación de la Ingeniería de Sistemas y que sería de suma importancia, ya que para este trabajo de grado se hizo necesario usar herramientas externas de uso privativo para su modelado. El mecanismo debería permitir, obtener las coordenadas de los ítems restringidos a partir de la imagen, permitir definir la vértebra central que atraviesa el parqueadero, determinando de alguna manera el sitio adecuado para ubicarla.
- Incorporar en el algoritmo genético la forma de incluir en el cromosoma que se codifica, las tiras que contienen vehículos como intrones, y las tiras de circulación como exones. Para de alguna forma aprovechar la relación que guardan con los genes y las regiones que ocupan dentro de las distribuciones de Ubicación.
- Mejorar el entorno gráfico del applet que muestra la localización de vehículos en el parqueadero. Un acercamiento real a las formas de los espacios.
- Implantación del sistema bajo un ambiente real.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Goldberg. David. (1989,01,01). Genetics Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison Wesley.
- [2] Araujo, Lourdes y Cervigón, Carlos. Algoritmos Genéticos. Algoritmos evolutivos: un enfoque práctico, Alfaomega Grupo Editor, México, 2009, 329.
- [3] LIBROS WEB. Capítulo1. Introducción a Ajax. [En línea]. <librosweb.es/ajax/capitulo\_1.html>
- [4] MDN Mozilla Developer Network. A re-introduction to JavaScript (JS tutorial). [En línea]. “Traducido del inglés” <developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/A\_re-introduction\_to\_JavaScript > [citado en 14 de julio de 2014]
- [5] JQuery write less, do more. [En línea]. <jquery.com/> [citado en 13 de julio de 2014]
- [6] TechTerms.com. PHP. [En línea]. “Traducido del inglés” <www.techterms.com/definition/php > [citado en 13 de julio de 2014]
- [7] W3C. Web Services Activity Statement. [En línea]. “Traducido del inglés” <librosweb.es/ajax/capitulo\_1.html> [citado en 5 de agosto de 2014]
- [8] GitHub. Tufao. [En línea]. “Traducido del inglés” <github.com/vinipsmaker/tufao> [citado en 12 de mayo de 2014]
- [9] ICONIX Process. Definition. [En línea]. “Traducido del ingles” <iconixprocess.com/iconix-process> [consultado en 06 de noviembre de 2013]
- [10] M. Moreno Trujillo, “Utilización de un algoritmo genético para representar el Strip Packing Problem (Problema de Empaquetamiento de Piezas) para la industria textil”. Trabajo de Grado de pregrado, Facultad de Ingenierías, Unidad Central del Valle, Tuluá, V, 2008.
- [11] J. H. Castro Loaiza, “Desarrollo de una herramienta computacional que permita la aplicación de algoritmos genéticos en el proceso de distribución automática de usos y espacios en proyectos arquitectónicos para la construcción de

- apartamentos”. Trabajo de Grado de pregrado, Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad del Valle sede Tuluá, Tuluá, V, 2012.
- [12]Google Maps. [en línea]. <[www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)> [citado en 24 de mayo de 2014]
- [13]Autocad. Descripción.[en línea]. <[www.autodesk.es/products/autocad/overview](http://www.autodesk.es/products/autocad/overview)> [citado en 12 de julio de 2014]
- [14]Neufert, Ernest y Beneitez-Heinrich, Lola. Aparcamientos, Garajes, Estaciones de Servicio. Arte de proyectar en arquitectura: fundamentos, normas, prescripciones sobre recintos, edificios, exigencias de programa y relaciones espaciales, dimensiones de edificios, locales, estancias, instalaciones y utensilios con el ser humano como medida y objetivo, Editorial Gustavo Gili, España 2006, 672.
- [15]Jiménez Carabalí, Víctor Javier, Manotas Duque, Diego Fernando, Villota García, Rosana Marisol. CONFIGURACIÓN DE PASILLOS EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN BASADA EN MODELOS NO TRADICIONALES: MODELO ESPINA DE PESCADO. Enero - Junio 2013. Vol. 9, no, pp. 214-225. [en línea]. <<http://www.redalyc.org/pdf/2654/265428385014.pdf>> [citado en 23 de Agosto de 2014]
- [16]Baker, B. S., Coffman, E.G. Rivest, R. L.: orthogonal packing in two dimensions. SIAM Journal on computing 9, 846-855(1985)
- [17]Toegepaste Wiskunde. Departement Wiskundige Wetenskappe. 2D Strip Packing Problem (SPP) [en línea]. <[dip.sun.ac.za/~vuuren/repositories/levelpaper/spp%5B1%5D.htm](http://dip.sun.ac.za/~vuuren/repositories/levelpaper/spp%5B1%5D.htm)> [citado en 01 de agosto de 2014]
- [18]G. Gerón. Piñón. (No date), *Los sistemas de información en el arranque del negocio*. [Online].
- [19]O'Brien, J. Aloysius, Sistemas de información gerencial. - 7 ed. Ed. McGraw-Hill Interamericana: México, 2006.
- [20]M. Pescador Rojas, “Un algoritmo memético para optimización de espacios restringidos”. Tesis de Maestría, Departamento de Computación, Unidad Zacatenco, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México, 2010.

- [21]J. H. Hollands, “Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence”. Ed. Bradford Books, 1992.
- [22]G. Ochoa. (No date), Introducción a la Computación Evolutiva y la Morfogénesis Artificial.
- [23]P. Spicker, S. Alvarez Leguizamón y D. Gordon. *hH, hacinamiento*. [Online]. Disponible en:  
bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/clacso/crop/glosario/h.pdf
- [24]“¿Qué es Información?”.(Octubre 2008). Ivan Thompson. [Online].Disponible en:  
www.promonegocios.net/mercadotecnia/que-es-informacion.html
- [25]R. A. Steinhilber, “Utilización de Algoritmos Genéticos en Sistemas Inteligentes Autónomos”. Tesis de Grado de pregrado, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales, Licenciatura en Sistemas de Información, Universidad Nacional de Misiones, 2009.
- [26]P. M. Institute, “Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOOK)” Ed. Project Management Institute, 2009.
- [27]M. Monforte, “Sistemas de información para la dirección”. Ed. Pirámide: Madrid, 1994.
- [28]D. P. Moreno Palacio, “El problema de movilidad en campus universitarios. Caso aplicado”. Tesis de maestría, Facultad Nacional de Minas Escuela de Ingeniería Civil, Magíster en Ingeniería - Infraestructura y Sistemas de Transporte, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Medellín, 2008.
- [29]J. A. Senn, “Análisis y Diseño de Sistemas de Información”. Ed. McGRAW-HILL: Madrid, 1992.
- [30]Elena Pérez. Guía para los recién llegados a los algoritmos genéticos. (2010). [en línea].  
www.insisoc.org/elena/Elena%20Perez%20Vazquez\_archivos/files\_newcomers/newcomers-spanish.pdf

## ANEXOS

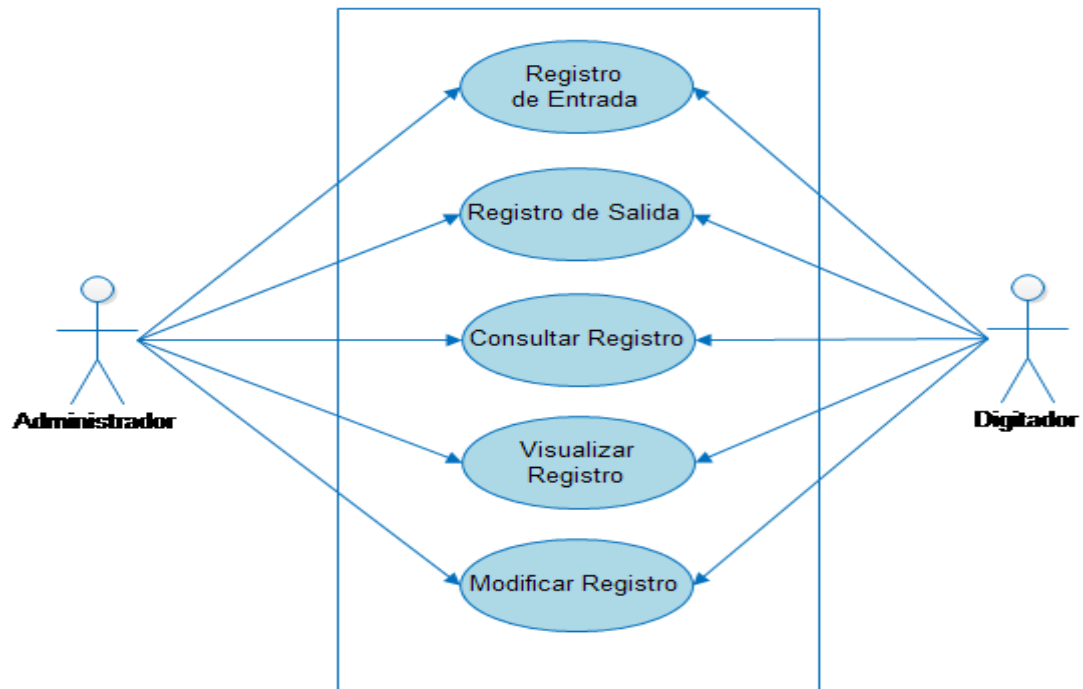
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|  | SIGUV<br>ISO-9001 Universidad del Valle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Documento:</b> ER-0001    |
| <b>Especificación de Requisitos Funcionales del Cliente</b>                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Página:</b> 5 de 12       |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Fecha:</b>                |
| <b>Analistas Responsables:</b>                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Manuel Salvador Cárdenas     |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Joel Andrés Giraldo          |
| <b>4. Módulo de Registro</b>                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Requisitos Asociados:</b> |
| <b>Requisitos</b>                                                                 | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Categoría</b>             |
| <b>R4.1</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el usuario pueda crear el registro de entrada de un vehículo, teniendo en cuenta los campos: Nombre del parqueadero, fecha de ingreso, motivo de ingreso, nombre del propietario, primer apellido, segundo apellido, tipo de identificación, número de identificación, dirección, teléfono, tipo de vehículo, tipo de carrocería, marca del vehículo, color del vehículo, modelo del vehículo, placa, número de motor y número del chasis. |                              |
| <b>R4.2</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el usuario pueda utilizar la totalidad de las funciones del Sub Módulo Registro Fotográfico al momento de registrar la entrada de un vehículo.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                              |
| <b>R4.3</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el usuario pueda utilizar las funciones de los requisitos 5.1, 5.2 y 5.4 del módulo de Ubicación de Vehículos al momento de registrar la entrada de un vehículo.                                                                                                                                                                                                                                                                           |                              |
| <b>R4.4</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el usuario pueda registrar la salida de un vehículo verificando la información del propietario, la tarjeta de propiedad del vehículo y la cancelación de la totalidad de la infracción de tránsito, generando la autorización para retirar el automotor de las instalaciones.                                                                                                                                                              |                              |
| <b>R4.5</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el usuario pueda modificar el registro de entrada de un vehículo, teniendo en cuenta los siguientes campos: dirección, teléfono, número de chasis, número del motor y nombre del parqueadero.                                                                                                                                                                                                                                              |                              |
| <b>R4.6</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el usuario administrador pueda modificar el registro de entrada de un vehículo, teniendo en cuenta los siguientes campos: Tipo de identificación, número de identificación, dirección, teléfono, placa, número de chasis, número del motor y nombre del parqueadero.                                                                                                                                                                       |                              |
| <b>R4.7</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda listar registros de vehículos existentes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                              |
| <b>R4.8</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda consultar un registro de vehículo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                              |
| <b>R4.9</b>                                                                       | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda visualizar un registro de vehículo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>R4.10</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda modificar un registro de vehículo, teniendo en cuenta los siguientes campos: Nombre del parqueadero, tipo de vehículo, modelo del vehículo, marca del vehículo, placa, número de motor, número del chasis, nombre del propietario, apellidos, dirección y teléfono. |  |
| <b>R4.11</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda modificar un registro de vehículo, teniendo en cuenta la funcionalidad del requisito 4.2.2 del sub módulo Registro Fotográfico.                                                                                                                                     |  |
| <b>R4.12</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | El sistema en el módulo de registro de vehículos, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda modificar un registro de vehículo, teniendo en cuenta la funcionalidad de los requisitos 5.1, 5.3 y 5.4 del módulo de Ubicación de Vehículos.                                                                                                                       |  |
| <b>4. 2 Sub Módulo de Registro Fotográfico</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| <b>R4.2.1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | El sub módulo registro fotográfico deberá permitirle al usuario adjuntar registros fotográficos relacionados con el proceso de entrada de vehículos al parqueadero.                                                                                                                                                                                                                     |  |
| <b>R4.2.2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | El sub módulo registro fotográfico deberá permitirle al usuario adjuntar novedades; entendiéndose por novedades: Nuevos registros fotográficos y descripciones en un álbum previamente creado.                                                                                                                                                                                          |  |
| <b>Restricciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• La elección del tipo de vehículo se hará mediante un combo box generando un despliegue en tiempo real de los atributos de un vehículo en específico.</li> <li>• La elección del tipo de carrocería se hará mediante un combo box.</li> <li>• Para adjuntar los registros fotográfico se podrá realizar mediante Drag and Drop y mediante la selección de los archivos.</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |

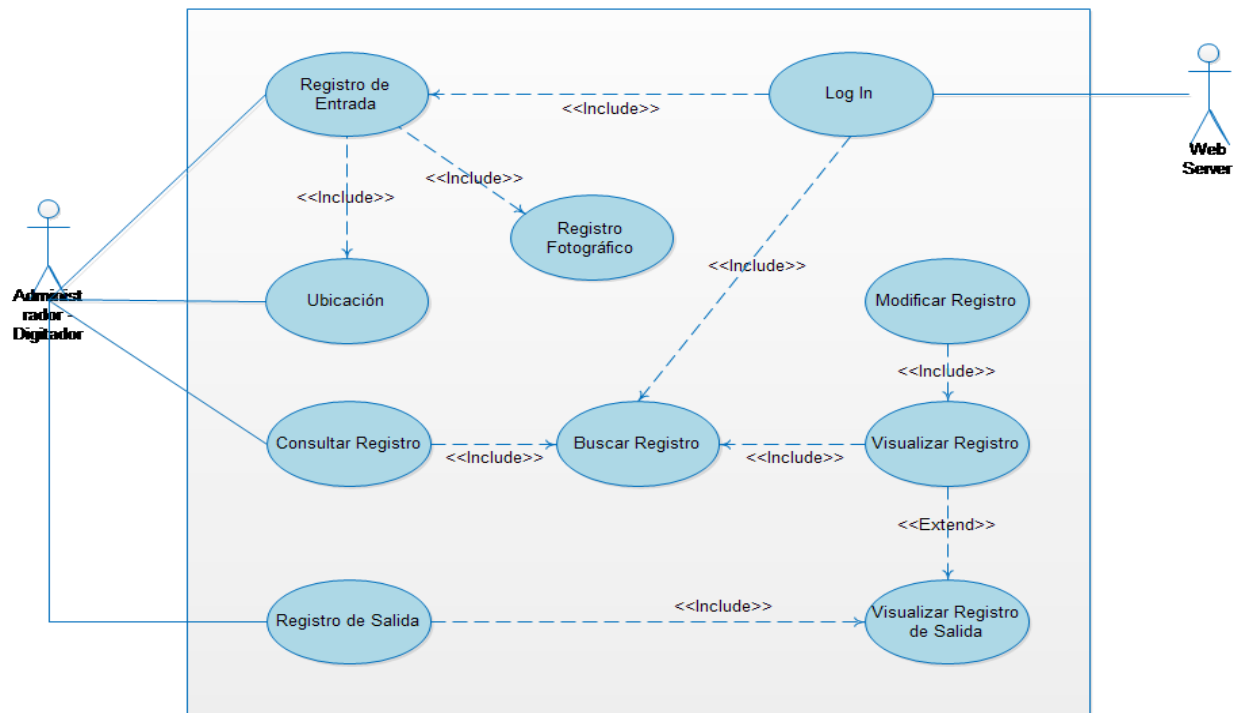
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                             |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>SIGUV</b><br>ISO-9001 Universidad del Valle                                                                                                                                              | <b>Documento:</b> ER-0001    |
| <b>Especificación de Requisitos Funcionales del Cliente</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                             | <b>Página:</b> 8 de 12       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                             | <b>Fecha:</b>                |
| <b>Analistas Responsables:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                             | Manuel Salvador Cárdenas     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                             | Joel Andrés Giraldo          |
| <b>5. Módulo de Ubicación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                             | <b>Requisitos Asociados:</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                             |                              |
| <b>Requisitos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                          | <b>Categoría</b>             |
| <b>R5.1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda calcular la ubicación de los vehículos a ingresar.                           |                              |
| <b>R5.2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda reubicar la totalidad de los vehículos dispuestos en un parqueadero.         |                              |
| <b>R5.3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda visualizar la ubicación de un vehículo a partir de la placa de éste.         |                              |
| <b>R5.4</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda visualizar los espacios disponibles para ubicar vehículos en un parqueadero. |                              |
| <b>R5.5</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | El sistema en el módulo de ubicación de vehículos, deberá ofrecer al usuario una opción mediante la cual pueda mostrar en forma gráfica la posible ubicación de los vehículos a ingresar.   |                              |
| <b>Restricciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                             |                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• La elección de los vehículos a ubicar se realiza mediante un combo box.</li> <li>• El cálculo para la ubicación de cualquier vehículo se realiza mediante el algoritmo genético.</li> <li>• El cálculo para la reubicación de parqueaderos se realiza mediante el algoritmo genético.</li> <li>• El sistema debe almacenar los cálculos del algoritmo genético en la Base de Datos previamente establecida.</li> </ul> |                                                                                                                                                                                             |                              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                                                                                                                              | <b>SIGUV</b><br>ISO-9001 Universidad del Valle                                                                                                                                                    | <b>Documento:</b> ER-0001    |
| <b>Especificación de Requisitos Funcionales del Cliente</b>                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                   | <b>Página:</b> 9 de 12       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   | <b>Fecha:</b>                |
| <b>Analistas Responsables:</b>                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                   | Manuel Salvador Cárdenas     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                   | Joel Andrés Giraldo          |
| <b>6. Módulo de Reportes</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                   | <b>Requisitos Asociados:</b> |
| <b>Requisitos</b>                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                | <b>Categoría</b>             |
| <b>R6.1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda generar reportes a partir de los vehículos que ingresaron al parqueadero.                  |                              |
| <b>R6.2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda generar reportes a partir de los vehículos que salieron del parqueadero.                   |                              |
| <b>R6.3</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda generar reportes a partir de los vehículos que se encuentran en un parqueadero específico. |                              |
| <b>R6.4</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda generar reportes a partir de un tipo de vehículo.                                          |                              |
| <b>R6.5</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda generar reportes clasificados por fecha.                                                   |                              |
| <b>R6.6</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda generar reportes a partir del motivo de ingreso de los vehículos.                          |                              |
| <b>R6.7</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda consultar los accesos de usuarios al sistema.                                              |                              |
| <b>R6.8</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador o digitador pueda generar reportes a partir de un inventario.                                    |                              |
| <b>R6.9</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | El sistema en el módulo de reportes, deberá ofrecer una opción mediante la cual el administrador pueda exportar los reportes generados.                                                           |                              |
| <b>Restricciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                   |                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• La elección del tipo de reporte se realiza mediante un combo box.</li> <li>• La generación del reporte, se realiza mediante el formato PDF.</li> <li>• Para el intervalo de las fechas se utiliza la función DatePicker.</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                   |                              |

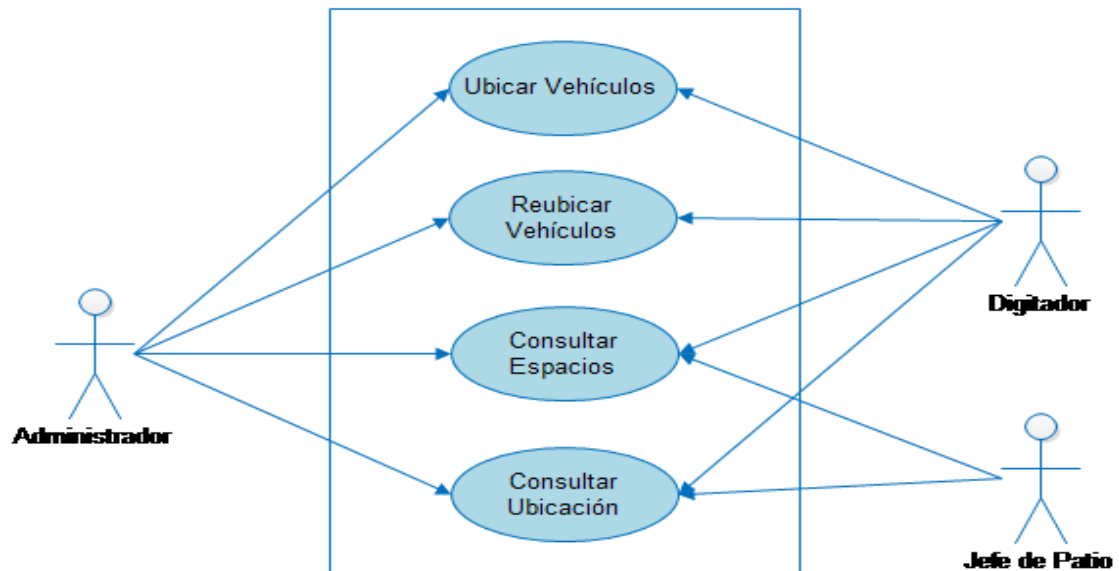
## Módulo de Registro - Casos de Uso



## Módulo de Registro - Casos de Uso Extendidos



## Módulo de Ubicación - Casos de Uso



## Módulo de Ubicación - Casos de Uso Extendidos

