

# **SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN, VISUALIZACIÓN, MODELAMIENTO Y ANÁLISIS DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN DE ESTACIONAMIENTOS VEHICULARES**

Gabriel A. Bermúdez Quintana <sup>(1)</sup>, Ronald A. Mateo Vélez <sup>(2)</sup>, Boris X. Vintimilla <sup>(3)</sup>

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863, Guayaquil-Ecuador

zisgo26@hotmail.com<sup>(1)</sup>, gameboyqolor@hotmail.com<sup>(2)</sup>, boris.vintimilla@espol.edu.ec<sup>(3)</sup>

## **Resumen**

*El siguiente artículo presenta la implementación de un sistema informático que realiza la recolección de datos obtenidos desde un sistema de reconocimiento de placas, permite la visualización gráfica de indicadores de gestión sobre estacionamientos vehiculares y apoya el análisis de dichos indicadores, que se basan en los datos obtenidos desde un sistema de reconocimiento de placas para estacionamientos vehiculares. El sistema informático recolecta los datos a través del sistema de reconocimiento de placas. La información es procesada y convertida en indicadores de gestión que se presentan de manera gráfica al administrador del estacionamiento. Además estos indicadores sirven de datos de entrada para un proceso de modelamiento matemático que permitirá analizar el comportamiento de los usuarios y así realizar previsiones sobre los recursos necesarios para mantener el servicio de estacionamiento en óptimas condiciones.*

## **Abstract**

*This paper presents the implementation of a computer system that performs data collection from a license plate recognition system, allows the graphical display of performance indicators on vehicle parking lots and supports the analysis of these indicators, based on data obtained from a license plate recognition system for vehicle parking lots. The computer system collects data through the license plate recognition system. The information is processed and converted into management indicators that are graphically presented to the administrator of the parking lot. Furthermore, these indicators serve as input data for mathematical modeling process that will analyze the behavior of users and thus make predictions about the resources needed to maintain the parking service in top condition.*

## 1. Introducción

El sistema presentado tiene la finalidad de que el administrador de un estacionamiento vehicular, pueda visualizar gráficamente indicadores que le ayuden a gestionar el estacionamiento a su cargo. Además tendrá la información requerida para exportar los datos recolectados por el sistema y que puedan ser modelados a través de metodologías para el análisis de series temporales. Así se logra generar modelos matemáticos que permitan pronosticar la conducta de los usuarios y de esta forma tomar medidas proactivas para manejar posibles inconvenientes.

Para que este objetivo se logre se debe realizar la recolección de información sobre los eventos de entrada y salida de un estacionamiento, con esto lograremos acumular y procesar información que será requerida para lograr alimentar a un sistema informático especializado en realizar predicciones de series temporales.

El sistema divide el procesamiento de la información en varias fases claramente definidas:

1. Fase de recolección de eventos de entrada y salida de vehículos.
2. Fase de visualización de indicadores, que representan el comportamiento de los usuarios del estacionamiento.
3. Fase de generación de modelos matemáticos, que permitirán realizar predicciones sobre el comportamiento de los usuarios.
4. Análisis de la información de generada por los modelos matemáticos, que permitirán tomar decisiones basadas en información objetiva.

La primera fase de este proceso es la recolección de información referente a los ingresos y salidas de los vehículos del o los estacionamientos gestionados por el sistema. Se supone que la recolección es realizada automáticamente por un sistema de reconocimiento de placa que le facilita al sistema la información básica sobre los ingresos y salidas de los vehículos. Esta información se almacenará en una base de datos que posteriormente puede ser consultada por el administrador del estacionamiento.

Los datos almacenados en la base de datos nos permiten calcular diversos indicadores de gestión, los cuales se describirán más adelante. Estos indicadores serán visualizados por medio de un sistema que los presentará de forma gráfica. Para la representación de los datos se decidió implementar un sistema tipo web, para fácil acceso de diferentes personas a los datos.

Al tener la información acumulada a través del tiempo, esta puede ser procesada utilizando metodologías que permiten examinar cómo cambian valores de los indicadores a medida que pasan los días o meses. Además con esta misma información se puede utilizar para extrapolar los datos pasados y encontrar valores futuros mediante técnicas especializadas en realizar esta tarea. Esta fase es conocida como la fase de modelamiento y consiste en obtener una fórmula matemática que permita predecir el camino que tomaran los datos en base a la información pasada, ósea la información recolectada previamente por el sistema. Estos nuevos valores, que representan un pronóstico de los futuros datos, deberán ser analizados para poder tomar medidas proactivas en la administración del estacionamiento.

Este artículo presentara la información con la siguiente estructura. En su primera parte se introduce a los objetivos que se tiene al desarrollar este sistema y de las fases se compone el proceso lógico del sistema hasta llegar a la predicción de valores que permitirán tomar decisiones más acertadas. En la segunda parte del articulo se detallan la razón de ser de cada uno de los indicadores desarrollados para el sistema y se explica la utilidad que le puede dar el administrador a cada uno de ellos, además de profundizaren la porción teórica de la fase de modelamiento de los indicadores. Y por último se presentaran los resultados de los modelos obtenidos a través de la información acumulada por el sistema y las inferencias que se pueden realizar de las predicciones presentadas.

## 2. Técnicas y tecnologías utilizadas

El sistema, al ser desarrollado sobre una plataforma web, tenía varias posibles tecnológicas que se podían utilizar como base para el desarrollo de los módulos de recolección de datos y visualización

de información. En el área de visualización gráfica de los indicadores del estacionamiento, se realizó una investigación de las diferentes librerías disponibles y se decidió recurrir a la librería *amCharts* al realizar las comparaciones expuestas a continuación. [1]

**Tabla 1. Tabla de comparación de tecnologías**

	<i>amChart</i>	<i>OFC2</i>	<i>Google Visualization API</i>	<i>Flot</i>	<i>Google Chats API</i>	<i>JFreechart</i>
<b>Generación de imágenes basados en Flash y/o Javascript</b>	Basado en Flash y Javascript	Basado en Flash y Javascript	Basado en Javascript	Basado en Javascript	Basado en imágenes PNG, JPG	Basado en imágenes PNG, JPG
<b>Independiente del lenguaje de programación instalado en el servidor</b>	Independiente de lenguaje, pero tiene API de abstracción bajo plataforma .Net	Independiente del lenguaje	Dependiente de Javascript	Dependiente de Javascript	Independiente del lenguaje	Dependiente de Java
<b>Opciones de gráficos disponibles</b>	10 tipos de gráficos disponibles	9 tipos de gráficos disponibles	12 tipos de gráficos disponibles	4 tipos de gráficos disponibles	10 tipos de gráficos disponibles	10 tipos de gráficos disponibles

En el área del modelamiento de datos, el cual es requerido para extrapolar la información hacia el futuro y conocer el estado futuro del estacionamiento hay 3 técnicas que permite realizar justamente este paso[2]. En primer lugar está el modelamiento a través del Filtro de *Kalman*, también se encuentran técnicas Autorregresivas Integrada de Media Móvil (ARIMA por sus siglas en ingles) y por último el método de Suavizado Exponencial. Se compararon

las metodologías expuestas y se decidió utilizar la técnica del Suavizado Exponencial por los motivos expuestos en el cuadro comparativo que se expone a continuación:

**Tabla 2. Comparación de metodologías**

<b>Metodología</b>	<b>Pros</b>	<b>Contras</b>
<i>ARIMA</i>	Simplicidad de las ecuaciones de los modelos generados.	Para series no estacionarias el componente de diferenciación agrega un mayor grado de complejidad.
<i>Suavizado Exponencial</i>	Permite elegir una técnica especializada en los componentes que sean parte de la serie de tiempo. Esto mejora las estimaciones realizadas.	Mientras más componentes tenga la serie de tiempo, más complejos serán los cálculos necesarios para la estimación
<i>Filtro de Kalman</i>	Es independiente de los cambios estructurales en el modelo.	Se necesita obtener datos constantemente para medir el error y corregir las estimaciones.

## 2. Recolección de datos

Los datos de entrada para la generación de indicadores y la visualización de los mismos deberían ser proporcionados por un sistema de reconocimiento de placas. Para facilitar la integración entre estos sistemas se definió un formato de archivo para el intercambio de datos que utiliza como base un XML. Un ejemplo de dicho XML se presenta a continuación.

En general cada etiqueta <movimiento> contiene los datos de cada ingreso y egreso de vehículos a uno de los estacionamientos que sea gestionado por el sistema. A continuación se detalla el significado de cada etiqueta XML

<id>: identificador único de la entrada/salida del vehículo.

<fecha>: día en que se realizó la entrada/salida del vehículo.

<hora>: hora del día en formato hh:mm en que se realizó la entrada/salida.

<tipo\_evento>: permite saber si el carro ingreso (I) o salió (S) del estacionamiento.

<parqueadero>: es el identificador del estacionamiento donde se produce la entrada/salida del vehículo.

<placa>: es la placa que debe ser reconocida por el sistema de reconocimiento de placas.

```

- <movimiento>
  <id>188</id>
  <fecha>09-10-2010</fecha>
  <hora>13:20</hora>
  <tipo_evento>I</tipo_evento>
  <parqueadero>1</parqueadero>
  <placa>ABC-720</placa>
</movimiento>
- <movimiento>
  <id>189</id>
  <fecha>09-10-2010</fecha>
  <hora>13:31</hora>
  <tipo_evento>S</tipo_evento>
  <parqueadero>1</parqueadero>
  <placa>ABC-184</placa>
</movimiento>
- <movimiento>
  <id>190</id>
  <fecha>09-10-2010</fecha>
  <hora>13:49</hora>
  <tipo_evento>S</tipo_evento>
  <parqueadero>1</parqueadero>
  <placa>ABC-720</placa>
</movimiento>

```

En el lapso que duró el desarrollo de la tesis, la integración no fue llevada a cabo. Por lo tanto se desarrolló un módulo adicional que permite generar los archivos XML con la información necesitada por nuestro sistema. De esta forma se pudo probar el sistema de visualización y la generación de proyecciones.

### 3. Predicción de indicadores

El administrador puede conocer el comportamiento de los usuarios de su parqueo de una forma empírica y tomar decisiones subjetivas en cuanto a los recursos necesarios para el correcto funcionamiento del servicio. Los indicadores de gestión permiten al administrador tener conocimiento objetivo del estado del estacionamiento ya que transforma los datos recolectados por el sistema en información útil, con valores claros y precisos. Los indicadores, al ser valores cuantitativos, representarían el comportamiento que los usuarios del estacionamiento le dan a lo largo del día al

estacionamiento, por lo tanto aportan al administrador con información necesaria para organizar al personal de manera eficiente. Además esta información al ser analizada a lo largo del tiempo permite estar al tanto de la conducta de los usuarios, por ejemplo un indicador analizado con respecto al tiempo puede mantener sus valores o por el contrario tener una actuación estacional, o sea cíclica; también se podrá analizar si conlleva alguna tendencia hacia el alta o la baja.

Para este proyecto se han diseñado varios indicadores con la finalidad de apoyar en la gestión del estacionamiento operado por el sistema. A continuación se explicarán que significa cada uno de ellos, la manera de cómo calculan los valores presentado y que se información útil se puede extraer de cada uno de ellos para dar a explicar por qué se eligió la lista a exponer.

El primer indicador es el porcentaje de uso de parqueo, este indicador nos muestra que porcentaje de puestos están siendo ocupados. Esto quiere decir que si el parqueo tiene diez puestos ocupados y cincuenta puestos en total el porcentaje de uso es de un 20%. Tomando esta medida cada hora a lo largo del día, por varios días, nos indicara en que horas el estacionamiento tiene espacios libres y que horas el estacionamiento llega a su límite en cuanto al uso.

El flujo de entrada y salida son dos indicadores que nos permiten conocer la cantidad de vehículos que ingresan y egresan del estacionamiento cada hora del día. Al igual que el indicador anterior al revisar los valores que toman cada hora se reconocerá cuales son las horas en que se producen la mayor cantidad de ingresos y egresos. Esta información es útil ya que nos puede dar una idea de las horas pico, o sea, las horas en que mayor congestión vehicular se da, por el movimiento de vehículos. En el caso de que el estacionamiento de servicio de “*valet parking*” este indicador ayudara a encontrar las horas en que se necesita una mayor cantidad de personal para aparcar los vehículos.

El tiempo promedio de uso de parqueo nos da una idea de cuánto tiempo en los usuarios dejan aparcados sus vehículos dentro del estacionamiento. Toma la hora de entrada del vehículo y cuenta los minutos hasta que el vehículo abandona el

estacionamiento y estos valores los promedia por cada salida realizada dentro de cada hora del día. Con esta información se puede saber si los usuarios dejan sus carros por largos periodos de tiempo, por ejemplo usuarios que tienen sus trabajos cerca del estacionamiento, o por el contrario simplemente lo dejan para realizar trámites rápidos en las cercanías.

Un indicador diseñado específicamente para medir la eficiencia del sistema de reconocimiento de placas es el porcentaje de placas no reconocidas, además del indicador de porcentaje de placas no existentes que revela que tan probable es que un estacionamiento tenga la visita de vehículos sin placas. Estos indicadores se miden al contar los carros cuyas placas no han sido reconocidas y los carros que no posean placas. Los dos valores son divididos para la cantidad de movimientos de ingresos o egresos realizados por los usuarios. Al promediar esta información de forma trimestral, mensual y hasta semanal se puede conocer si los valores del indicador se mantienen o si tienen alguna tendencia.

El porcentaje de usuarios nuevos nos da una estimación de la cantidad de vehículos que ingresan por primera vez al estacionamiento. El cálculo se realiza dividiendo la cantidad de placas que se reconocen como nuevas para todas las placas que han ingresado en el tiempo de vida que lleva el sistema. Este indicador mensual nos expresará que tan usual es que nuestros usuarios regresen al estacionamiento, en caso de que este tenga una tendencia a la baja o por el contrario que el tipo de usuario que tenemos es de los que solo utiliza el estacionamiento una vez.

Por último el indicador de movimientos únicos por usuarios refleja, de forma parecida al indicador de

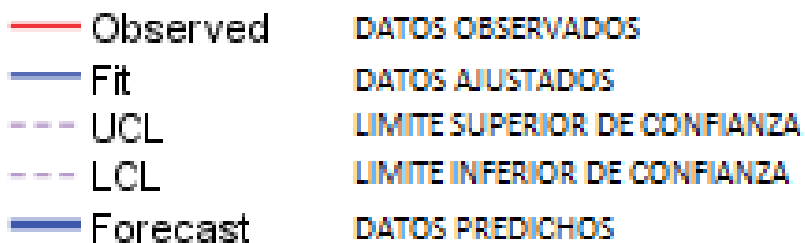
flujo de entrada y salida, la cantidad de vehículos que ingresan o egresan del estacionamiento. Cabe recalcar que este caso solamente cuenta un movimiento por día, sin importar que el vehículo haya entrado o salido varias veces del estacionamiento esa misma fecha. Si los valores de este indicador se aproximan a los valores de los indicadores de flujo de entrada y salida, quiere decir que es usual que los vehículos solo realicen una visita diaria al estacionamiento.

#### **4. Predicción de indicadores de gestión**

Los indicadores antes expuestos son series de tiempo, ya que son observaciones realizadas en determinados momentos del tiempo espaciados de forma uniforme. Se utilizó el sistema estadístico SPSS 17 para realizar las predicciones de todos los indicadores utilizando como base los datos generados durante el desarrollo de la tesis. Con los datos generados de dos años consecutivos, la metodología del Suavizado Exponencial nos permitió proyectar

Los valores de los indicadores por un año completo. La leyenda que se muestra a continuación nos permite entender de mejor forma los gráficos resultantes de las proyecciones realizadas a través del sistema SPSS. De esta forma podemos ver que la línea roja representan los valores observados, la línea delgada azul representa los valores del ajuste, las líneas moradas punteadas los límites superiores e inferiores de confianza y la línea azul gruesa los valores predichos.

**Figura 1. Representación de colores**

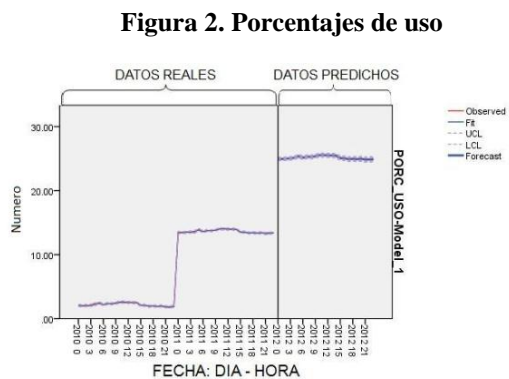


A continuación se muestran los resultados de las proyecciones que se realizaron utilizando el modulo de Suavizado Exponencial del sistema estadístico SPSS. Para lograr que utilizar este modulo estadístico, se extrajeron la información de las series de tiempo de cada indicador y se cargaron al software SPSS. Se utilizó el módulo de “forecasting” del sistema y se selecciono como metodología de proyección la técnica del Suavizado Exponencial.

Los indicadores de flujo de entrada y flujo de salida nos indican que tan frecuentes son las entradas y salidas de los vehículos a diferentes horas del día. En ambos gráficos se puede observar que hay ciertos picos a horas específicas lo que nos permitiría deducir que necesitamos personal en las áreas de entrada y salida del estacionamiento justamente a esas horas.

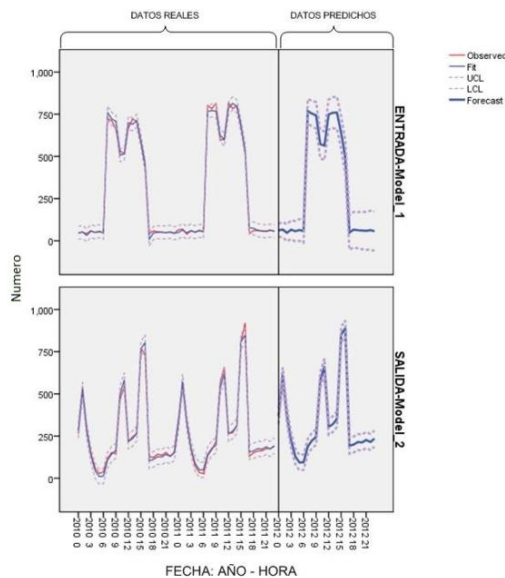
#### 4.1 Porcentaje de uso

El indicador de porcentaje de uso nos permite prever el crecimiento que tendrá el estacionamiento en cuanto a la cantidad de estacionamientos utilizados. Al ver la gráfica se puede notar que hay un crecimiento anual del 10% y que este indicador se mantiene en el mismo valor por todo el año.



#### 4.2 Flujo de entrada y salida

**Figura 3. Flujo de entrada y salida**

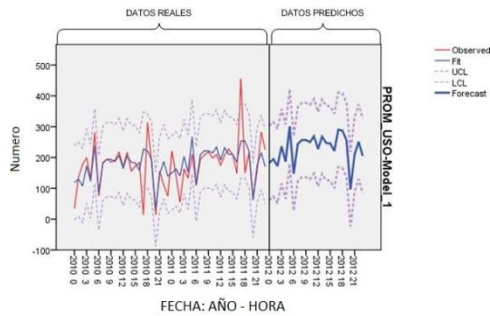


#### 4.3 Tiempo promedio de uso del parqueo

El modelamiento del tiempo promedio de uso nos permite reconocer si los usuarios están utilizando los servicios de parqueo por cortos periodos de tiempo, o sea que son personas que llegan, realizan alguna tarea cerca del estacionamiento y después se retiran. O por

el contrario son personas que usan el estacionamiento por la mayoría del día. De la gráfica podemos desprender que el promedio de uso es de 200 minutos, los usuarios son personas que realizan trámites puntuales en el área.

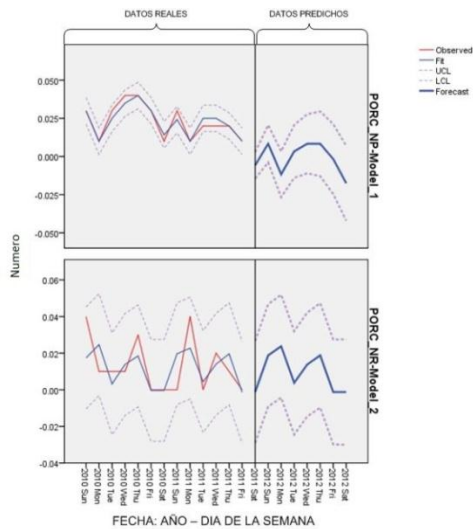
**Figura 4. Tiempo promedio de uso**



#### 4.4 Porcentaje de placas no reconocidas y no existentes

El indicador de placas no reconocidas nos da indicios sobre la efectividad del sistema de reconocimiento de placas y el indicador de placas no existentes nos proporciona información sobre la cantidad de vehículos que ingresan a nuestro parqueo sin placas. Gracias a estos dos indicadores se puede detectar si el sistema de reconocimiento de placas necesita recalibrarse ya que los valores de estos indicadores deberían ser siempre constantes durante el tiempo.

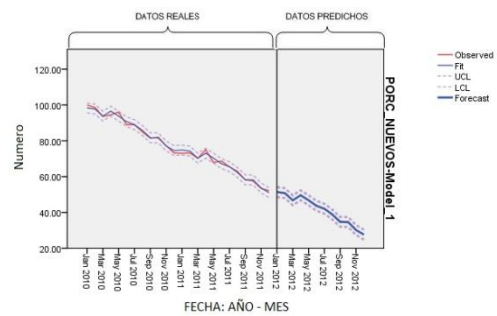
**Figura 5. Porcentaje de placas no reconocidas y no existentes**



#### 4.5 Porcentaje de usuarios nuevos

Este indicador nos da una idea sobre el porcentaje de usuarios que reutilizan los servicios del estacionamiento. Si el porcentaje de usuarios se mantiene en un valor alto quiere decir que los usuarios del estacionamiento son personas que no vuelven a utilizar el servicio. Como se ve en la gráfica este no es el caso ya que el indicador tiene una tendencia a la baja, por lo tanto los usuarios que utilizan el estacionamiento está haciendo uso de los servicios frecuentemente.

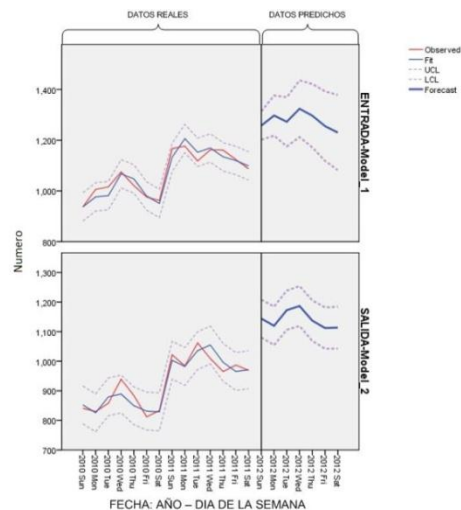
**Figura 6. Porcentaje de usuarios nuevos**



#### 4.6 Movimientos únicos por usuarios

Con este indicador sabremos cuantos usuarios nos visitan independientemente de la cantidad de veces que haya ingresado al estacionamiento. El gráfico nos muestra que hay un incremento en los usuarios únicos de un año para el otro, lo que concuerda con el indicador de porcentaje de uso del estacionamiento.

**Figura 7. Movimientos únicos por usuarios**

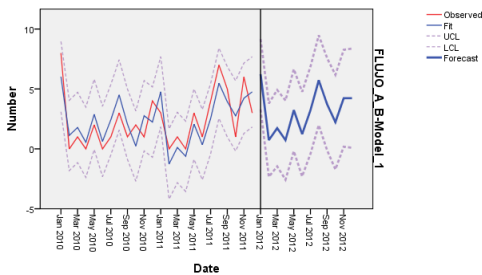




#### 4.7 Flujo de vehículos de un parqueo a otro

Este indicador nos da indicios sobre si hay una correlación entre las salidas de un estacionamiento con las entradas de otro estacionamiento. O sea nos indica si los usuarios de un estacionamiento usan también los servicios de otro estacionamiento. Pero como se puede ver en la gráfica la correlación es nula en cuanto a este indicador.

**Figura 8. Flujo de vehículos de un parqueo a otro**



#### 5. Conclusiones

El proyecto realizado nos permite emitir varias conclusiones con respecto al proyecto.

Se logro desarrollar un sistema que permite la recolección, visualización y análisis de indicadores que apoyan en la gestión de estacionamientos vehiculares. En el área de análisis se barajaron varias posibilidades sobre las diferentes metodologías a utilizar. Se concluyó que la mejor opción sería la metodología del Suavizado Exponencial. También se diseñaron indicadores que pasan a ser las herramientas que el administrador de los estacionamientos tendrá para poder conocer el estado de los estacionamientos que dirige, pues cada uno de esos indicadores aporta en reconocer alguna problemática que puede tener a futuro el estacionamiento.

#### 6. Agradecimientos

Agradecemos a Dios primero por ser nuestro guía, a nuestros padres por el apoyo brindado y las lecciones de vida que nos han dado.

A nuestros hermanos por su ejemplo, a nuestros amigos por su apoyo y a nuestros maestros por su dedicación y amor por compartir sus conocimientos.

Al Dr. Boris Vintimilla por su paciencia, colaboración y dedicación en la dirección de esta informe de materia de graduación.

#### 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Open Flash Charts 2, Open Flash Charts2 Home, <http://teethgrinder.co.uk/open-flash-chart-2/>, fecha de consulta 15 de Agosto del 2010
- [2] Wikipedia, JSON, <http://es.wikipedia.org/wiki/JSON> , fecha de consulta 15 de Agosto del 2010
- [3] Open Flash Charts 2, Tutorial: Otherlibraries, <http://teethgrinder.co.uk/open-flash-chart-2/tutorial-other-libraries.php>, fecha de consulta 15 de Agosto del 2010
- [4] amCharts, amCharts: Flash and Javascript charts, stock charting software, <http://www.amcharts.com/>, fecha de consulta 15 de Agosto el 2010
- [5] de Arce R, Mahía R, Modelos ARIMA, [http://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/ana/delsur/pdf/Box-Jenkins.PDF](http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/ana/delsur/pdf/Box-Jenkins.PDF), fecha de consulta 15 de Agosto del 2010, pp. 2.
- [6] Wikipedia, Modelo autorregresivo integrado de media móvil, [http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_autorregresivo\\_integrado\\_de\\_media\\_m%C3%B3vil](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_autorregresivo_integrado_de_media_m%C3%B3vil), fecha de consulta 15 de Agosto del 2010