



Recibido: 15/02/2020

Aceptado: 06/03/2020

Estudio de factibilidad de un sistema de bajo costo para la monitorización del tráfico de vehículos por medio de la detección de dispositivos WiFi.

Fabricio Javier Santana Campoverde ¹ David Fernando Zambrano Montenegro ¹

¹Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito evaluar la factibilidad de un sistema de bajo coste para la estimación del comportamiento del tráfico vehicular por medio de la identificación de dispositivos wifi a bordo de los vehículos. Se pretende que este trabajo tenga proyección a que se pueda implementar a nivel de la ciudad si se logran los resultados esperados, debido a los bajos costos en relación a otros métodos comúnmente empleados en las diferentes ciudades del Ecuador. Para ello se estableció como escenario de evaluación a la Universidad Técnica de Manabí, en la misma se desplegó un sistema de monitorización de entrada y salida de dispositivos móviles mediante WiFi. Este sistema permitió captar información que determinó la posibilidad de utilizar esta técnica para la estimación de la movilidad en el acceso a la universidad. En este trabajo se realizó un conjunto de pruebas, que no pueden considerarse en rigor como concluyentes, sin embargo, en sentido general se aprecia correspondencia en el comportamiento de entradas y salidas de personal de la Universidad Técnica de Manabí.

Palabras-clave: WiFi; sistema; tráfico vehicular; movilidad; monitorización.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to evaluate the feasibility of a low-cost system for estimating the behavior of vehicular traffic through the identification of Wi-Fi devices on board vehicles. It is intended that this work has a projection that can be implemented at the city level if the expected results are achieved, due to the low costs in relation to other methods commonly used in the different cities of Ecuador. For this purpose, the Technical University of Manabí was established as an evaluation scenario, in which a system for monitoring the entry and exit of mobile devices via WiFi was deployed. This system allowed to capture information that determined the possibility of using this technique for the estimation of mobility in university access. In this work, a set of tests was carried out, which cannot be considered strictly as conclusive, however, in general, correspondence can be seen in the behavior of staff entries and exits of the Technical University of Manabí.

KEYWORDS: WiFi; system; Vehicular traffic; mobility; monitoring



1. Introducción

En el Ecuador son conocidos los problemas de congestión vehicular que se presentan en ciudades grandes y medianas. Específicamente en la ciudad de Portoviejo esta situación ha ido ganando relevancia y se ha constituido en la actualidad como uno de los problemas en los que se hace necesario el empleo de las técnicas más pertinentes de obtención y análisis de datos para poder tomar las decisiones más adecuadas. En este contexto la evaluación del tráfico vehicular constituye actualmente un aspecto de especial importancia en el propósito de gestionar de una mejor manera la movilidad en ciudades y carreteras, a través de la captación, análisis y difusión de datos e información elaborada que puedan contribuir al diagnóstico de la situación actual, realizar estimaciones y extraer comportamientos y tendencias para la planificación de desarrollos futuros o un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

Esto puede verse tanto desde la óptica de las autoridades en la toma de decisiones relacionadas con el tráfico o de los propios usuarios de las vías, que pueden estar entonces en una condición más informada para la elección de las mejores rutas. De lograr resultados positivos es de esperar la disminución de costos de operación, prevención o mitigación de atascos, con el consiguiente ahorro de tiempo y energía.

Con este fin es muy importante poder contar con un sistema que permita la monitorización del tráfico vehicular para proveer de datos a los sistemas encargados de extraer la información relevante para la toma de decisiones. Por otro lado, estos sistemas, más allá de su utilidad, traen consigo la necesidad de contar con un equipamiento que suele ser en general muy caro, o requieren de acciones de intervención en la vía pública que pueden tener impacto en su funcionamiento y seguridad.

Algunos trabajos de investigación realizados en diferentes países, sobre todo los desarrollados, han mostrado la posibilidad de emplear la identificación de los dispositivos wifi, que se encuentran a bordo de los vehículos, como una alternativa barata y bastante eficiente en la estimación de los flujos de tráfico en las vías de transporte terrestre.

Tradicionalmente se han venido utilizando diversos sistemas con el objetivo de detectar el paso y en algunos casos la identificación de vehículos en lugares seleccionados de la vía pública.

Entre los más conocidos se encuentran los llamados sistemas intrusivos entre los que se encuentran los dispositivos de tubos neumáticos, lazos inductivos, sensores piezoeléctricos y sensores magnéticos, mientras que como no intrusivos pueden mencionarse los sensores infrarrojos, radares de microondas, arreglos de sensores acústicos y sistemas de procesamiento de vídeo que pueden incluir el reconocimiento de caracteres para la identificación de matrículas [1][2] entre otros. Como se ve no todos permiten estimar rutas de vehículos, teniendo en cuenta que no son capaces de identificarlos, lo cual puede incidir de manera significativa en un aumento de la complejidad y el costo de los sistemas a desplegar.

Más recientemente se han comenzado a utilizar sistemas que utilizan las señales de dispositivos wifi que se encuentren a bordo de los vehículos, tanto aquellos que están incorporados a los equipos que forman parte de las prestaciones del vehículo como los que llevan los pasajeros de este. Este enfoque representa una alternativa mucho más económica y sencilla para la estimación no sólo de la cantidad de vehículos que están pasando por el lugar donde se ubica el dispositivo de captación, sino que también ofrece la posibilidad de estimar rutas, en dependencia de una adecuada distribución de estos captadores.

Es común utilizar con este fin la identificación de las direcciones MAC que con carácter único tiene cada dispositivo. Este enfoque ha sido probado con éxito por investigadores en varios países, y se conoce de trabajos publicados tanto acerca de la extracción de información a partir de los datos colectados como de la evaluación de la efectividad del sistema en la estimación del tráfico vehicular.

Se ha investigado en la evaluación de la validez de este enfoque como sistema de captación del tráfico o en su comparación con otros sistemas más tradicionales cuya eficacia ha sido establecida con anterioridad [3][4]. Igualmente se conoce del desarrollo de sistemas que usan esta tecnología que han sido utilizados como una manera de estimar las condiciones y variabilidad de tráfico urbano o de autopistas de Estados Unidos, Australia y España [5][6][7].

Desde hace algún tiempo se han venido desarrollando en la Universidad de Granada, en España, proyectos para la monitorización del tráfico vehicular mediante sistemas de bajo coste de identificación de señales wifi de los dispositivos a bordo de los vehículos, el almacenamiento de los datos en infraestructura de nube y la aplicación de técnicas de inteligencia computacional a la extracción de la información relevante



de estos[8][9].

Existen relaciones de trabajo de varios años de docentes de la Facultad de Ciencias Informáticas de la UTM (FCI-UTM) con miembros del grupo de investigación de la universidad de Granada que han estado desarrollando estos proyectos y existe interés mutuo en la transferencia del conocimiento y las tecnologías involucradas para su implementación en proyectos en el Ecuador.

Este es un grupo de investigación consolidado, de una universidad que es primera de España en el ranking de Taiwán en el área de la informática, que en la actualidad ocupa una posición de relevancia entre los grupos de investigación dedicados a la computación evolutiva y que ha participado en una cantidad considerable de proyectos de investigación en esta área.

La realización de un proyecto de esta naturaleza en la UTM va más allá de los resultados directos de la investigación y de los beneficios de su aplicación a la solución de problemas de importancia en el entorno, como es el caso de la gestión del tráfico vehicular. Es importante tener en cuenta que el trabajo de investigación desarrollado con la participación de los profesores de la universidad de Granada necesariamente debe tener un impacto en la formación de capacidades de investigación en los docentes, la publicación de resultados científicos y la asimilación de técnicas de avanzada en el campo de la informática, mejorando asimismo la visibilidad de la facultad de ciencias informáticas y de la UTM a nivel internacional.

2. Materiales y Métodos

El siguiente trabajo de investigación tiene como objetivo la estimación del comportamiento del tráfico vehicular por medio de la identificación de dispositivos wifi a bordo de los vehículos dentro de la Universidad Técnica de Manabí como proyecto piloto, con proyección a que se pueda implementar un macro proyecto a nivel de la ciudad si se logran los resultados esperados, debido a los bajos costos a relación a otros métodos comúnmente empleados en las diferentes ciudades del Ecuador, con esta tecnología permitiría cubrir zonas de mucho tráfico pudiendo así contabilizar el número de vehículos que pasan en un sector y saber las rutas que tome a lo largo de su camino, tanto al ir a su destino y el retorno del mismo, pudiendo estimar inclusive el tiempo que se demore en llegar de un sector a otro, pudiendo así estimar las horas y los lugares donde se formen colapsos vehiculares para que las autoridades de control puedan buscar soluciones que permitan mejorar el tráfico en las carreteras.

2.1. Equipamiento necesario para la captación de señales wifi.

El equipamiento que se utilizó en este trabajo de titulación fue 2 tarjetas de red inalámbricas Usb Adp Wireless High Gain Tp-link Tl-wn722n 150mbps para la captación de las señales Wifi de teléfonos celulares que van al interior de un vehículo que circulen cerca de los puntos de captación instalados en sectores estratégicos dentro de la universidad en donde el fluido vehicular es muy concurrido diariamente, 2 computadores Raspberry Pi 3 modelo B para el procesamiento de los datos y almacenamiento en la nube.

El Raspberry Pi 3 B es un computador moderno de poca capacidad comparado a un computador de escritorio o portátil, pero muy útil para poder emplearlo en proyectos académicos con fines científicos, se usa por la gran ventaja por su pequeño tamaño y su bajo costo.

A nivel mundial se han realizado experimentos tecnológicos muy interesantes de los cuales se han basado en buscar soluciones a problemáticas tales como: Capturas de imágenes por medio de cámaras, técnica de reconocimiento de voz, sistema de alarma contra incendios, ayuda visual por medio de sensores para personas con discapacidad, entre otros. Como material adicional se utilizó cable usb para conectar la tarjeta de red inalámbrica y la Raspberry Pi y dos cajas de plástico para brindar seguridad y protección a los equipos.



Figura 1: Cajas de seguridad y protección de equipo

2.2. Despliegue del sistema piloto en lugares seleccionados dentro de la Universidad Técnica de Manabí.

El sistema piloto se lo implementó en la provincia de Manabí, cantón Portoviejo, parroquia “12 de marzo” sector Av. José María Urbina y calle Che Guevara, en las facultades, departamentos y áreas de la Universidad Técnica de Manabí. El primer punto de captación se lo instaló en la puerta de acceso vehicular número dos de la UTM, específicamente en la caseta donde se reguarda el personal de vigilancia de la institución. El segundo punto de captación se implementó en un poste utilizado para tendido eléctrico ubicado en la Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación. En la figura 2 se muestra en detalle la ubicación de los equipos de captación.



Figura 2: Puerta de acceso vehicular N°2

En el interior de la garita se instaló el computador Raspberry Pi 3 modelo B en una de las paredes de la



caseta muy cerca del techo falso lo que permitió la conexión mediante cable USB con la tarjeta de red inalámbrica ubicada en el exterior de la garita. El segundo punto de captación se instaló en una caja de plástico para la protección de la Raspberry Pi y la antena inalámbrica USB, luego se implementó en el poste de tendido eléctrico. En la figura 3 se muestra detalles de la instalación de los equipos.

El primer punto de captación identificado como R1 posee las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 1° 2'45.63"S, Longitud: 80°27'18.62.°, Alcance: 302m, El segundo punto de captación identificado como R2 tiene una Latitud: 1° 2'43.42"S, Longitud: 80°27'15.45.°, Alcance: 302m. La distancia entre los dos puntos de captación de datos R1 y R2 es de 131 metros con una elevación de terreno aproximada de 53 metros. Los datos se obtuvieron mediante la herramienta Google Earth, misma que permitió establecer la ubicación de los puntos de captación y obtener las coordenadas geográficas, además mostró como resultado la distancia entre los dos puntos de captación y la elevación del terreno que existe entre los puntos.

2.3. Almacenar los datos en servicios de nube que permitan su acceso distribuido con fines de procesamiento y publicación.

Para almacenar los datos en la nube de manera automática se elaboró un conjunto de scripts que permitió la obtención fiable de los tiempos de acceso de cada uno de los dispositivos que circularon en el área aledaña a los puntos de captación. La configuración se realizó de manera tal que los datos captados fueran subidos directamente a una unidad de almacenamiento de Google Drive, disponibles en formato texto en archivos diarios por cada una de las estaciones de trabajo.

2.4. Configuración de la Raspberry Pi

Para almacenar datos en la nube se realizó la configuración de la tarjeta de red inalámbrica USB conectada al computador Raspberry Pi activando la opción de modo monitor, se utilizó la herramienta Airodump-ng, la cual se encarga de captar el tráfico de red del entorno inalámbrico, este algoritmo se utiliza para con la finalidad de capturar las direcciones MAC de los dispositivos celulares que van a bordo de los vehículos, con la particularidad que los dispositivos móviles deben de tener encendido el Wireless para que pueda estos puedan hacer el petitorio de red a los Access Point.

Los datos captados por airodump son procesados y almacenados en la carpeta de salvallas, de forma que sólo suba al drive de google la información ya filtrada, se eliminó columnas con información no deseada (por ej. redes almacenadas en los dispositivos móviles). Luego se procedió a actualizar ficheros en la Raspberry pi cada una hora. Es importante mencionar que para no perder datos durante la salva se inicia una nueva instancia de airodump antes de detener la que se está ejecutando (puede ser usando dos ficheros 1.csv y 2.csv alternando). Se determinó el formato de nombre de fichero diario en google drive: rXXXaaaamdd.csv, por ejemplo, la raspberry pi 1 el día 22 de octubre de 2016 su nombre es: r001pi20161022.csv. Los ficheros de cada raspberry están en una carpeta diferente en el drive de google. En este lugar de almacenamiento se encuentra un fichero diario en el cual se adiciona cada salva nueva por concatenación del fichero definitivo de ese día con el nuevo fichero subido.

2.5. API de google

Se logró unir los ficheros de una estación en uno solo sin la hora del día y envió a una carpeta y borró el fichero con la hora que se adicionó al fichero resumen del día. Este proceso se ejecutó cada 20 minutos, su función es revisar si hay algún fichero en el drive. Si existe, busca la carpeta de esa estación, dentro de esa carpeta busca el fichero de ese día, si no existe lo crea, y se hace append y borra el fichero del drive. El archivo con formato csv contiene los datos captados por el sistema, entre los datos captados se muestra los siguientes: dirección MAC del dispositivo, dirección IP, canal, tipo de autenticación, cifrado,



número de paquetes, beacons, velocidad y nombre de la red. Estos archivos con formato csv se encuentran almacenados en Google Drive en la cuenta rgb.proywifi@gmail.com que fue creada para cumplir con el objetivo planteado.

2.6. Scripts para la captación y procesamiento de los datos en la nube.

A continuación, se muestra en detalle los scripts creados utilizando el cron de Linux para la captación de datos, ordenamiento y procesamiento de los ficheros y mecanismos para subir la información al google drive. Los scripts se ejecutan de forma automática en la fecha y hora establecida en el código.

config.txt. - Este archivo ejecuta airodump en el minuto 48 de cada hora, y sube la información a google drive en el minuto 50 de cada hora.

Config2.txt. - Este archivo tiene almacenado el número 2 y se utiliza para concatenar el fichero definitivo de ese día con el nuevo fichero subido.

Encrypting. - La MAC se encripta con SHA512 en el momento en que se va a mover el fichero de datos a la carpeta de datos.

Monitwifi. - Es el servicio que está en la carpeta init.d del sistema operativo para que se ejecute cada vez que la raspberry inicializa.

Microntab0. - En el minuto 48 de cada hora ejecuta a prueba2.sh; En el minuto 50 de cada hora ejecuta a prueba3.sh

Prueba2.- Arranca o restablece el airodump encripta la mac en el minuto 48 de cada hora, mueve el archivo con formato csv de la estación a la carpeta de subida con el nombre codificado con fecha-hora-nombre de la estacion.csv

Prueba 3.- En el minuto 50 de cada hora recorre la carpeta de subida y todos los ficheros con formato csv de esa carpeta son subidos al google drive.

3. Resultados

El análisis de la información recolectada, se orientó sobre todo a la determinación de la efectividad del sistema de captación en cuanto a su cobertura, precisión y exactitud, entre otros aspectos, permitió conocer en qué medida esta tecnología es capaz de detectar de una manera fiable los vehículos que circulan en su área de captación.

Se elaboró programas en Matlab para el procesamiento y análisis de la información captada presente en Google Drive, lo que permitió conocer el comportamiento de la entrada y salida de dispositivos móviles en la Universidad Técnica de Manabí, lo que confirmó la posibilidad de utilizar esta técnica en la estimación de la movilidad en el acceso a la universidad.

En la figura 3, se muestra la entrada y salida de los dispositivos captados, el eje X representa la hora de entrada con barras de color azul y la hora de salida con barras de color rojo. El eje Y representa la cantidad de dispositivos que fueron captados por el sistema.

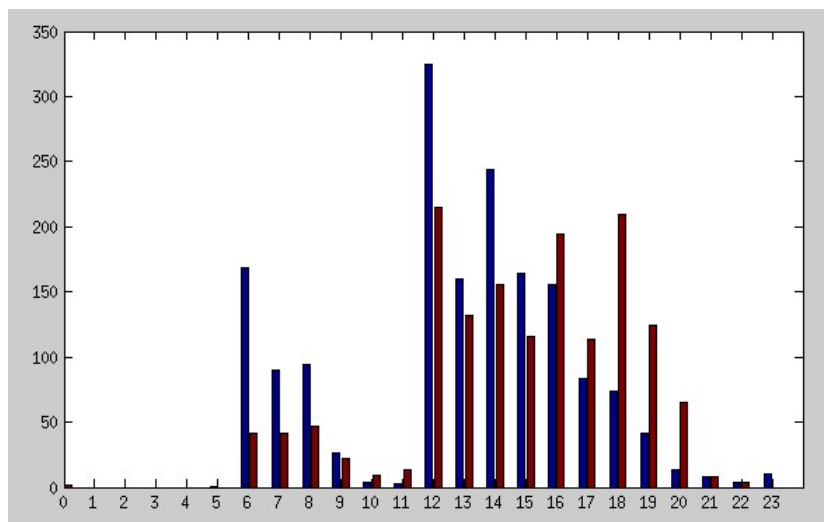


Figura 3: Cantidad de dispositivos captados

La gráfica muestra que la cantidad máximo de dispositivos que ingresó fue de 320 y la cantidad de dispositivos que salieron fue de 220, estos resultados se dieron en horario del medio día, específicamente a las 12H00. A las 14H00 se registra el segundo ingreso más alto con 250 dispositivos ingresados y 150 que salieron. Otro horario en el que se muestra una cantidad importante de ingreso de dispositivos fue a las 06H00 con 160. Entre las 16H00 y 19H00 se registra un aproximado de 250 dispositivos que salieron de la Universidad Técnica de Manabí.

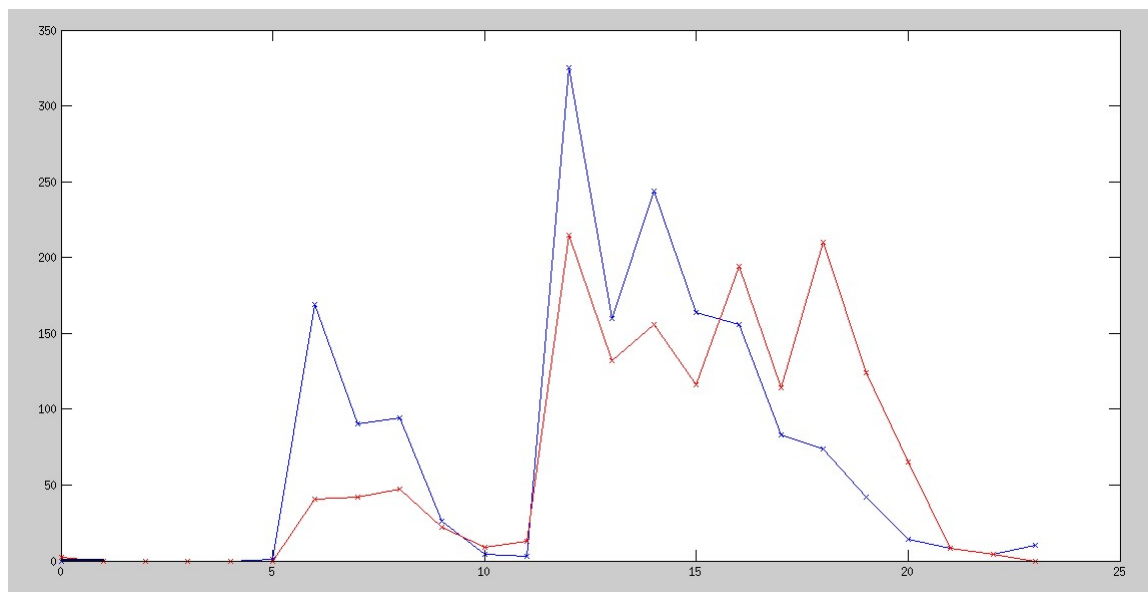


Figura 4: Representación lineal de dispositivos captados

La figura 4, muestra los resultados de forma lineal y con puntos, la línea azul representa la cantidad de dispositivos que ingresa y la línea roja la cantidad que sale. El eje X representa el horario el cual fue



establecido desde 0 hasta 25 tomando saltos de 5 horas, el eje Y representa el número de dispositivos entre 0 hasta 350 tomando saltos de 50.

4. Discusión

Se considera que los objetivos planteados al inicio de este trabajo de investigación fueron cumplidos en sus aspectos más esenciales por tanto puede concluir que la investigación demostró la factibilidad de realizar un sistema WIFI para la monitorización de entrada y salida de dispositivos móviles en la Universidad Técnica de Manabí, a través de este sistema se logró captar, procesar y analizar información que determinó la posibilidad de utilizar esta técnica para la estimación de la movilidad en el acceso a la universidad.

La implementación de 2 puntos de captación autónomos sobre un dispositivo embebido Raspberry Pi permitió la obtención fiable de los tiempos de acceso de cada uno de los dispositivos que circularon en el área aledaña a los puntos de captación.

Se utilizó el programa Matlab para el procesamiento y análisis de la información almacenada en Google Drive, lo que permitió conocer el comportamiento de la entrada y salida de dispositivos móviles en la Universidad Técnica de Manabí y se mostró los resultados mediante gráficos generados por esta aplicación. En este trabajo se realizó un conjunto de pruebas, que no pueden considerarse en rigor como concluyentes, sin embargo, en sentido general se aprecia correspondencia en el comportamiento de entradas y salidas de personal de la Universidad Técnica de Manabí.

Este trabajo debería tener una continuación en el uso de técnicas estadísticas y de inteligencia artificial que permitan la identificación de cada vehículo a partir del análisis conjunto de la movilidad de sus dispositivos a bordo. En un futuro cercano se considere realizar pruebas más exhaustivas en puntos seleccionados de la ciudad de Portoviejo, para realizar estas pruebas está pendiente la autorización correspondiente de las autoridades que controlan el espectro radioeléctrico en el país.



Referencias

- [1] Luz Elena Y. Mimbela y Lawrence A. Klein. "Summary of vehicle detection and surveillance technologies used in intelligent transportation systems". En: (2000).
- [2] L. Marzan y col. "Digital Image Processing Applied To Traffic". En: 1994 74 ().
- [3] Yegor Malinovskiy y col. *Field experiments on bluetooth-based travel time data collection*. Inf. téc. 2010.
- [4] Chris Bachmann y col. "A comparative assessment of multi-sensor data fusion techniques for freeway traffic speed estimation using microsimulation modeling". En: *Transportation research part C: emerging technologies* 26 (2013), págs. 33-48.
- [5] Le Minh Kieu, Ashish Bhaskar y Edward Chung. "Bus and car travel time on urban networks: integrating bluetooth and bus vehicle identification data". En: (2012).
- [6] Maria Martchouk, Fred Mannering y Darcy Bullock. "Analysis of freeway travel time variability using Bluetooth detection". En: *Journal of transportation engineering* 137.10 (2010), págs. 697-704.
- [7] Mireia Peira Bayo. "Estudio de una solución para la localización de autobuses en cocheras de TMB". En: (2009).
- [8] P. A. Castillo y col. "Sistema de información autónomo y de bajo coste para conocer el estado de las carreteras en tiempo real". En: *Congreso Español de Informática*. 2010.
- [9] V. M. Rivas y col. "Predicción de tráfico mediante co-evolución de Redes Neuronales de Funciones de Base Radial y selección de variables de entrada". En: *Ix Congreso Espanol De Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos Y Bioinspirados (MAEB 2013)*. Vol. 1. 2013, págs. 782-791.