

ISSN 2531-2952

Volumen 1, Número 3 — Julio — Septiembre - 2017

Revista de Cómputo Aplicado

ECORFAN®



ECORFAN-Spain

Indización

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

ECORFAN-Spain

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD.

Director de la Revista

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

Edición de Logística

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD.

Diseñador de Edición

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

Revista de Cómputo Aplicado, Volumen 1, Número 3, de Julio a Septiembre - 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralarzal - Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD. ISSN-2531-2952. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Consejo Editorial

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Consejo Arbitral

VGPA. MsC
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIG. PhD
Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC
Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD
Universidad Panamericana, México

CAF. PhD
Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC
Universidad Panamericana, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: **Cómputo Aplicado**

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

El artículo *Interfaz de ubicación de unidades de recolección de basura* por MARTINEZ-AGUILAR, Walter Fernando, PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, GAMBOA-BORGES, José Raymundo, TURRIZA-PEÑA, José Armando con adscripción en el Tecnológico Nacional de México y el Instituto Tecnológico de Mérida, como siguiente artículo está *Generación automática de mapas de baches a partir de imágenes capturadas mediante dispositivos móviles* por GARCÍA-CARRASCO, Uriel, SABINO-MOXO, Beatriz Adriana, SÁNCHEZ-ACEVEDO, Miguel Ángel y MARQUÉZ-DOMÍNGUEZ, José Alberto, como siguiente artículo *Procesamiento y análisis de imágenes digitales de fondo de ojo para facilitar el tele-diagnóstico oportuno* por PONCE-RIVERA, Enrique, VILLALOBOS-CASTALDI, Fabiola Mirosłaba, DAMIÁN-REYES, Pedro y CAMERO-BERRONES, Rosa Gabriela con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad de Colima, Instituto Tecnológico de Cd. Madero, como siguiente artículo está *Algoritmo criptográfico con semilla caótica y generador congruencial para fortalecer la seguridad de los datos transmitidos de forma inalámbrica* por ELIZALDE-CANALES, Francisca Angélica, RIVAS-CAMBERO, Iván de Jesús, ARROYO-NÚÑEZ, José Humberto y RUEDA-GERMÁN, Clementina, como siguiente artículo está *Módulo de administración para la comparativa SAT – UPFIM* por SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín y ÁNGELES-REYNA, Francisco con adscripción en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, como siguiente artículo está *Sistema de administración de almacén* por SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín, ÁNGELES-REYNA, Francisco y HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila con adscripción en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, como siguiente artículo está *Cuantificación de actividad de crecimiento de enzimas en cajas de petri a partir de imágenes digitales* por PÉREZ-TORRES, José Roberto, TORRES-MANCERA, María Teresa y PÉREZ-SÁNCHEZ, Grethell Georgina con adscripción en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco y la Universidad Autónoma Metropolitana.

Contenido

Artículo	Página
Interfaz de ubicación de unidades de recolección de basura MARTINEZ-AGUILAR, Walter Fernando, PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, GAMBOA-BORGES, José Raymundo, TURRIZA-PEÑA, José Armando	1-14
Generación automática de mapas de baches a partir de imágenes capturadas mediante dispositivos móviles GARCÍA-CARRASCO, Uriel, SABINO-MOXO, Beatriz Adriana, SÁNCHEZ-ACEVEDO, Miguel Ángel y MARQUÉZ-DOMÍNGUEZ, José Alberto	15-21
Procesamiento y análisis de imágenes digitales de fondo de ojo para facilitar el tele-diagnóstico oportuno PONCE-RIVERA, Enrique, VILLALOBOS-CASTALDI, Fabiola Mirosłaba, DAMIÁN-REYES, Pedro y CAMERO-BERRONES, Rosa Gabriela	22-37
Algoritmo criptográfico con semilla caótica y generador congruencial para fortalecer la seguridad de los datos transmitidos de forma inalámbrica ELIZALDE-CANALES, Francisca Angélica, RIVAS-CAMBERO, Iván de Jesús, ARROYO-NÚÑEZ, José Humberto y RUEDA-GERMÁN, Clementina	38-49
Módulo de administración para la comparativa SAT – UPFIM SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín y ÁNGELES-REYNA, Francisco	50-56
Sistema de administración de almacén SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín, ÁNGELES-REYNA, Francisco y HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila	57-65
Cuantificación de actividad de crecimiento de enzimas en cajas de petri a partir de imágenes digitales PÉREZ-TORRES, José Roberto, TORRES-MANCERA, María Teresa y PÉREZ-SÁNCHEZ, Grethell Georgina	66-72

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Interfaz de ubicación de unidades de recolección de basura

MARTÍNEZ-AGUILAR, Walter Fernando*†, PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, GAMBOA-BORGES, José Raymundo, TURRIZA-PEÑA, José Armando

*Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Mérida*

Recibido Julio 6, 2017; Aceptado Septiembre 20, 2017

Resumen

La recolección de basura es un servicio importante en las ciudades de México; se estima que por ciudad se generan 270 toneladas de basura a la semana. El objetivo es diseñar y desarrollar una aplicación móvil en el sistema operativo Android capaz de ubicar las unidades de recolección por medio de coordenadas de ubicación, mandar alertas en tiempo real y recibir notificaciones push. El desarrollo se realizó en Android Studio con el uso de herramientas como XAMPP y Gennymotion, aplicando la metodología de Desarrollo de Prototipos junto con la de iWeb para la aplicación móvil de usuario. La aplicación permite la visualización en tiempo real de la ubicación del camión de basura con respecto a su ruta y empresa; también permite hacer pagos en línea y la opción de reportes. A la fecha se cuenta con la interfaz de usuario y el módulo de administración montado en un servidor. Se han logrado obtener, enviar y recibir ubicaciones correctas en tiempo real.

Aplicación móvil, ubicación, notificaciones push

Abstract

Urban trash collection is a very important service in all cities in México; 270 tons are estimated to be produced in each city every week. The aim of this project is to design and develop an Android application that is able to locate a trash recollection unit through location coordinates, send the user an alert in real-time and get push notifications. The app was developed in Android Studio with the use of tools like XAMPP and Gennymotion, using the Prototypes Development methodology along with iWeb methodology for the user app. This application allows real time display of the trash truck location according to its route and associated company; it also allows to do the necessary payments on line and it provides an option for reports. Up to date, it counts with the user interface module and the management module mounted on a server. It has been successfully achieved both sending and receiving correct locations with display on real time.

Mobile app, location, push notifications

Citación: MARTINEZ-AGUILAR, Walter Fernando, PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, GAMBOA-BORGES, José Raymundo, TURRIZA-PEÑA, José Armando. Interfaz de ubicación de unidades de recolección de basura. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-3: 1-14

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: aguilar_fer5@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La contaminación en los principales puntos de México es una situación preocupante para toda la población mexicana. En México se recolectan diariamente 86 mil 343 toneladas de basura, pero más de la mitad de basura que se genera en todo el país se recolecta en siete entidades. [1]

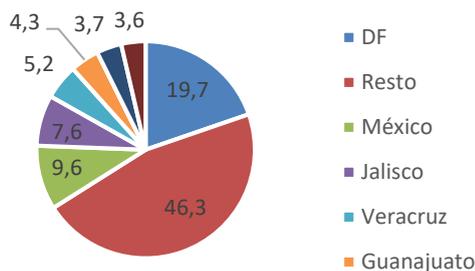


Gráfico 1 Producción de basura en México. Elaboración propia.

En Yucatán se recolectan en promedio 1,361 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos o desechos generados en las viviendas, parques, jardines y edificios públicos, principalmente, y representan 2% de la recolección nacional.

El informe estadístico básico sobre el medio ambiente de Yucatán revela que, en cinco municipios, donde reside más de la mitad de la población estatal (52%) se recoge 75% de todos los residuos; Mérida registra la mayor proporción con 832 toneladas (61%), seguido de Tekas, 62 toneladas (4%); Tizimín, 43 toneladas; Hunucmá, 41 toneladas y Umán con 40 toneladas. Según los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), la recolección promedio diario por habitante a nivel estatal es alrededor de 1.70 kg. [2]

La aplicación móvil en un principio fue diseñada para el estado de Yucatán, sin embargo a medida que se avanzó en la investigación es claro que puede ser implementada en otros estados del país dado que sus condiciones de aplicación son generales.

Planteamiento del problema.

El sistema de recolección de basura en la ciudad de Mérida, Yucatán cuenta con diferentes días de recolección y cobranza del servicio. En la actualidad existen quejas de los usuarios respecto al servicio de recolección de basura, por diversas causas: falta de servicio al no pasar el camión, recolección incompleta, cambio de rutas sin previo aviso a los usuarios; por parte del usuario y no imputable a las compañías de servicio de recolección está por supuesto que al momento de sacar la basura los animales callejeros destruyen las bolsas y la basura se esparce por todas partes; también está el simple olvido de sacar la basura.

De igual forma cuando alguien de la empresa pasa a cobrar la basura y no encuentran al dueño de la casa, el servicio se suspende. Esto enoja al usuario que lo percibe como suspensión del servicio, aunque sea, no por no poder o querer pagar, sino porque no hay a quien cobrarle.

En tal situación, todo se presta a que las personas digan que existen muchos inconvenientes en el servicio de recolección de basura que se les está prestando. Solo en el mes de octubre del año 2015 se recibieron 7500 quejas sobre el servicio de recolección de basura en la ciudad de Mérida, teniendo un promedio de 8000 quejas mensuales durante ese año. [3]

Ante esta situación se propone desarrollar una aplicación móvil que ayude a los ciudadanos a tener facilidades para pagar el servicio y tener aviso oportuno de la ubicación de los camiones dentro de su ruta de recolección permitiendo tiempo suficiente para sacar su basura.

Interfases con Google Material Design.

Esta nueva interfaz para aplicaciones, la más reciente usada por Google, provee novedosos materiales de animación y estilo además de actividades de transición.

Este nuevo topic, Material Design, tiene nuevos widgets para vistas complejas con sombras y animaciones personalizadas. Algunos de estos elementos son los siguientes: Material Design permite configurar la paleta de colores y animaciones predeterminadas para información táctil y transiciones de actividades.

Material Design permite desplegar listas y tarjetas con estilos y animaciones predefinidas.

Lo más interesante es quizás que, aparte de las clásicas propiedades horizontal X y vertical Y, las vistas tienen una propiedad Z nueva, que representa la elevación o sobre posición de un elemento sobre la vista actual y en consecuencia genera una vista sombreada para permitir que el nuevo elemento en Z destaque sobre la interfaz. El elemento en Z activo debe ser resuelto antes de continuar.

Por último, las nuevas API de animaciones pueden responder a eventos táctiles de cada acceso mediante animaciones de información táctil; permiten ocultar y desplegar circularmente las vistas con animaciones y hasta pueden alternar entre actividades con animaciones personalizadas de transición de actividades.

Estado del arte

Existen proyectos similares que cumplen parcialmente con las funcionalidades antes mencionadas:

Mérida Móvil: Aplicación desarrollada para dispositivos móviles que muestra las rutas de recolección de basura en Mérida [4]. Ver Figura 1.



Figura 1 Mapa de la aplicación Mérida Móvil. Elaboración propia

Uber: Uber es una empresa de tecnología. Usando su aplicación, los usuarios que necesitan transporte consiguen fácilmente encontrar socios conductores que ofrecen este servicio. Uber ofrece una opción más para moverse por una ciudad, con más estilo, seguridad y comodidad. Está presente en más de 310 ciudades alrededor del mundo [5]. Ver Figura 2.

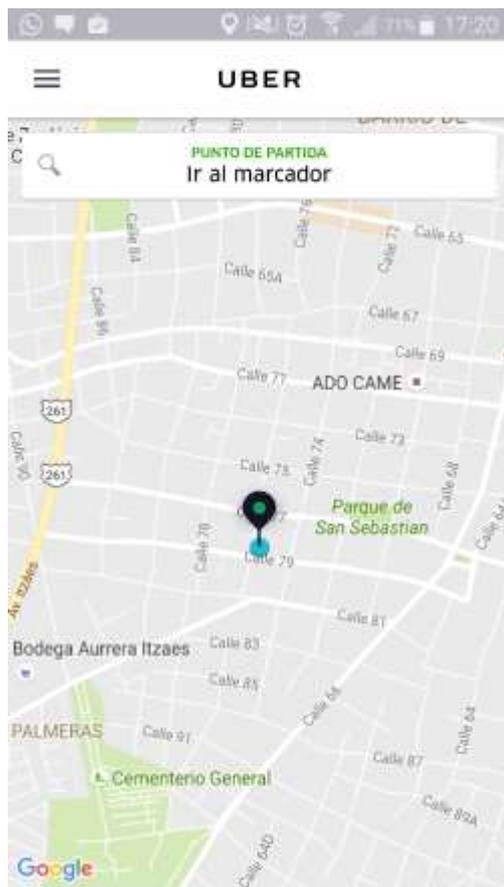


Figura 2 Vista principal aplicación Uber. Elaboración propia

i-City: Este proyecto “Sistema de gestión integral de reciclaje y recolección de residuos” obtuvo el segundo lugar en el Concurso Regional de Proyectos Innovadores 2016, organizado la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) [6] . El objetivo de aprovechar los recursos tecnológicos con base en el internet de las cosas en búsqueda de una ciudad inteligente, reluciente y sostenible que solucione los problemas de programación en las rutas de recolección y reciclaje. Con la aplicación móvil, el usuario podrá saber la ubicación de los puntos limpios, centros de reciclaje y la forma correcta de separar los residuos, siendo el medio de enlace al mercado de valoración de sus residuos.

Metodología por prototipos.

1.-Investigación preliminar.

En esta etapa lo esencial es determinar el problema y su ámbito, la importancia y los efectos potenciales que tendrán sobre la organización, identificar una idea general de la solución para realizar un estudio que determine la factibilidad de una solución software.

2.-Definición de los requerimientos del sistema.

Esta es la fase más importante de todo el ciclo de vida del método de prototipos, el objetivo en esta fase es determinar todos los requerimientos y deseos que los usuarios tienen en relación al proyecto que se está deseando implementar.

Aquí el desarrollador interactúa con el usuario y sus necesidades mediante la construcción, demostración y retroalimentaciones del prototipo.

3.-Análisis de los requerimientos y prototipo.

Esta etapa es un proceso que busca aproximar las visiones del usuario y del desarrollador mediante sucesivas iteraciones.

Para la definición de los requerimientos tenemos cinco etapas entre dos de las cuales se establece un ciclo interactivo

- Análisis grueso y especificación

En esta fase se busca desarrollar un diseño básico para el prototipo inicial.

- Diseño y construcción

Lo que se consigue en esta fase es obtener un prototipo inicial, aquí el desarrollador debe concentrarse en construir un sistema con la máxima funcionalidad, poniendo énfasis en la interfaz del usuario.

– Evaluación

Los objetivos de esta etapa son obtener por parte de los usuarios la especificación de los requerimientos adicionales del sistema y verificar que el prototipo desarrollado lo haya sido en concordancia con la definición de requerimientos del sistema.

En el caso de que los usuarios identifiquen fallas en el prototipo el desarrollador corrige dichas fallas antes de continuar con la siguiente evaluación.

Se modifica y se evalúa cuantas veces sea necesario hasta que los requerimientos del sistema sean satisfechos.

En el proceso de evaluación se efectúan cuatro pasos separados:

- Preparación.
- Demostración.
- Uso del prototipo.
- Discusión de comentarios.

Esta es la fase en donde se decide si el prototipo es aceptado o modificado.

– Modificación

Se da cuando la definición de requerimientos del sistema es alterada en la etapa de evaluación. El desarrollador entonces debe modificar el prototipo de acuerdo a los comentarios hechos por los usuarios.

– Término.

Una vez que se ha desarrollado un prototipo estable y completo, es necesario ponerse de acuerdo en relación a aspectos de calidad y de representación del sistema.

4.- Diseño técnico.

En esta etapa el sistema debe ser rediseñado y tener la respectiva documentación guiándose en los estándares que tiene la organización la cual servirá como ayuda en mantenciones futuras del mismo.

En este punto existen dos etapas:

- Producción de una documentación de diseño la cual especifica y describe la estructura del software, interfaces de usuario, funciones y el control de flujo.
- Producción de todo lo requerido para promover cualquier mantención futura del software.

5.- Programación y prueba.

En esta etapa es donde los cambios identificados en el diseño técnico son implementados y probados para asegurar la corrección y completitud de los mismos con respecto a los requerimientos.

Las pruebas serán de realizarse tantas veces sea necesarias para verificar cualquier tipo de anomalía en el sistema.

6.- Operación y mantención

En esta fase se realiza ya la instalación y mantenimiento del software, la complejidad en este caso resulta menor ya que en las etapas anteriores los usuarios han trabajado con el sistema al momento de hacer las pruebas de prototipos, además la mantención también debería ser una fase menos importante, ya que se supone que el refinamiento del prototipo permitiría una mejor claridad en los requerimientos, mediante lo cual las mantenciones perfectivas se reducirían.

Si existiese el caso en el cual se requiera una manutención entonces el proceso de prototipado es repetido y se definirá un nuevo conjunto de requerimientos[7].

Implementación

- La aplicación móvil Clean City Camión desarrollada en Android, envía una notificación push con la ubicación de la unidad de recolección de basura a un servidor para luego ser consultada por un usuario. Es capaz de enviar la ubicación de las unidades de recolección de basura en tiempo real. Otra notificación push permite que el usuario pueda ser avisado de la cercanía a su domicilio de una unidad de recolección y así darle tiempo al usuario, ya sea de sacar la basura o hacer arreglos para que esto se realice en el domicilio.

La aplicación Android se ha desarrollado siguiendo las fases de la metodología de prototipos.

Fase 1 – Planeación y análisis.

Se llevó a cabo la ingeniería de requerimientos donde se obtuvieron los requerimientos funcionales y no funcionales:

- Desplegar al usuario la ubicación de la unidad de recolección de basura.

- Crear alarmas personales.
- Recibir notificaciones en tiempo real de cuando el camión se encuentre cerca del domicilio.
- Realizar pagos en línea.
- Permitir al usuario la generación de reportes en caso de alguna anomalía o queja.
- La interfaz deberá ser adaptable al cliente.
- Requiere conexión a internet.

El objetivo fijado es diseñar y desarrollar una aplicación Android que permita obtener en tiempo real la ubicación de una unidad de recolección de basura y desplegarla en la interfaz del usuario, además de facilitar las alarmas personalizadas, el pago en línea y el envío de quejas o información relativa al servicio.

Fase 2 – Diseño rápido.

Una vez identificados los requerimientos funcionales y no funcionales, se elabora el diagrama de la arquitectura del servidor y la aplicación, como se muestra en la Figura 3.

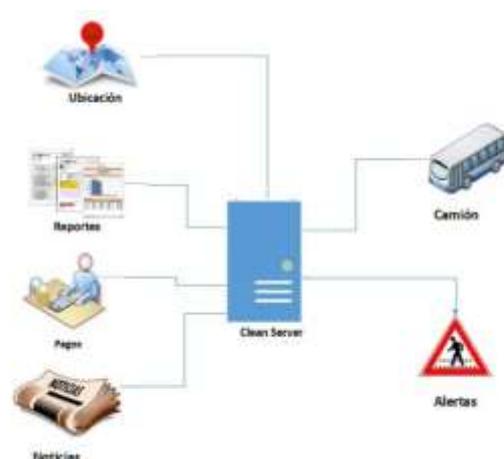


Figura 3 Arquitectura de la aplicación. Elaboración propia

La arquitectura de la aplicación en la Figura 3 muestra todos los módulos que la componen: En el lado izquierdo los 4 módulos del usuario final Ubicación, Noticias, Reportes, Pagos, y Noticias se enlazan al servidor Clean Server, quien a su vez se enlaza a los módulos Camión y Alertas asociados a cada unidad recolectora de la empresa como se muestra en el lado derecho de la figura 3. El proceso de ubicación de unidades de recolección se detalla más adelante. De la mano de este módulo se pueden configurar las alarmas personalizadas de cada usuario para tener avisos oportunos de sacar su basura a tiempo de ser recolectada; esto de nuevo se implementa mediante notificaciones push del sistema. Por otro lado, el módulo Camión se encarga de enviar vía GPS e Internet en lapsos desde 3 seg. hasta 15 seg. sus coordenadas exactas de ubicación. Además, otras transacciones generadas por la aplicación se guardan en el servidor llamado Clean Server y pueden ser consultadas por la aplicación de usuario mediante el uso de un Web Service desarrollado exclusivamente para la arquitectura del Sistema. La empresa encargada del servicio de recolección puede usar el módulo de Noticias para comunicar a sus usuarios afiliados sobre calendario de recolección, modificaciones y eventos especiales como campañas de descacharrización, por ejemplo. El módulo Pagos estará encargado de facilitar el cumplimiento del pago en línea de este servicio a los usuarios quienes podrán programar un recordatorio de fecha de pago y mediante notificaciones push la app genera el aviso. De este modo para el usuario será cómodo realizar sus pagos y la empresa tendrá una mejora en su recaudación. Finalmente, el módulo de Reportes permite una comunicación permanente entre empresa y usuarios de modo que se pueda informar de sucesos y poner quejas dado el caso.

El módulo de Ubicación funciona principalmente mediante un algoritmo creado para la búsqueda de ubicaciones de las unidades de recolección de residuos. Este algoritmo sufrió varias mejoras a lo largo de su creación e implementación hasta lograr satisfacer las necesidades del sistema, sin que el usuario pierda la sensación de que todo funciona en tiempo real.

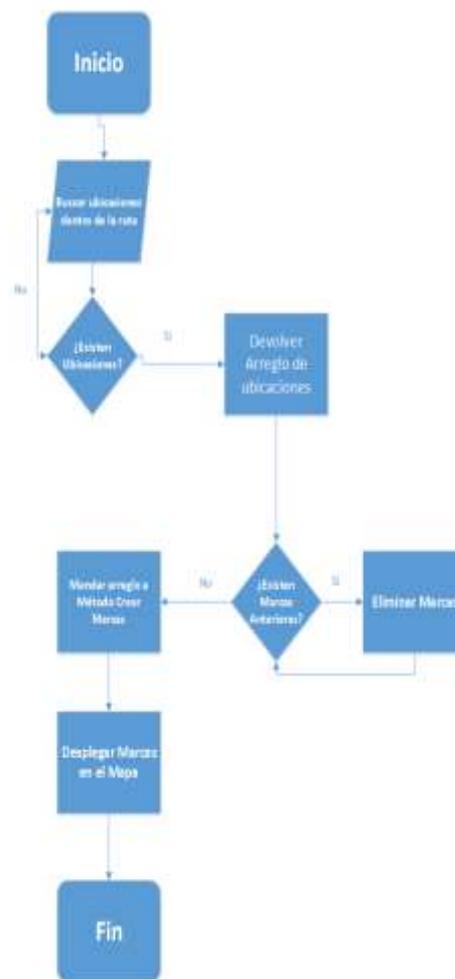


Figura 4 Diagrama de flujo del algoritmo Búsqueda de Ubicaciones. Elaboración propia

La Figura 4 muestra el diagrama de flujo para el algoritmo de búsqueda de ubicaciones. Inicialmente, se debe tener la ubicación del domicilio alrededor de cuya ruta asignada es necesario encontrar las unidades de recolección, las cuales mandan una notificación push en tiempo real con su ubicación al servidor.

Al momento de encontrar unidades, el Web Service implementado devolverá un arreglo de ubicaciones, que se marcan por la aplicación para su despliegue en el mapa. Este arreglo es clave en este proceso pues la aplicación lo valora para eliminar marcas antiguas y actualizar las ubicaciones cada vez que sea necesario para mantener actualizadas las ubicaciones de los camiones recolectores activos.

En la Figura 5 se muestra el diagrama de caso de uso general de la aplicación Clean City App desarrollada en Android, en donde se puede observar la comunicación entre las aplicaciones y el servidor.

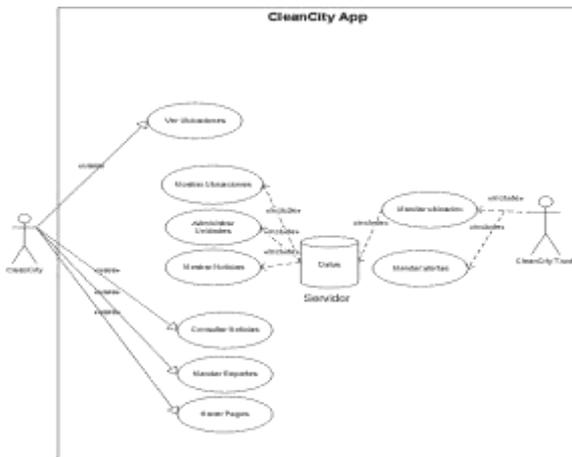


Figura 5 Diagrama de caso de uso de la aplicación Clean City App. Elaboración propia.

En función al objetivo y los requerimientos obtenidos se diseñan [8], los diagramas de caso de uso para la función Ingresar del módulo Ubicación y para el módulo Camión, ilustradas en las Figuras 6 y 7 respectivamente.

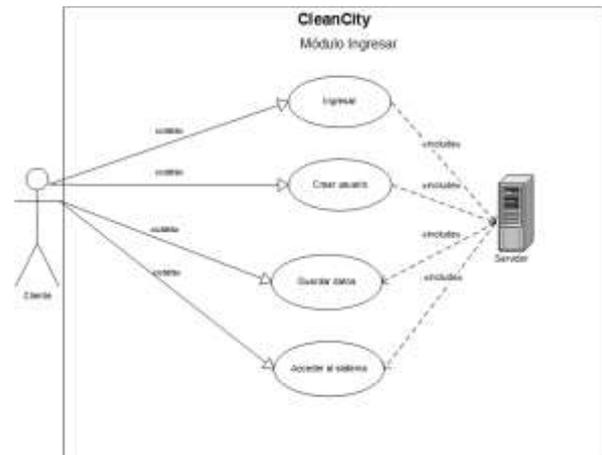


Figura 6 Diagrama de caso de uso de ingresar. Elaboración propia

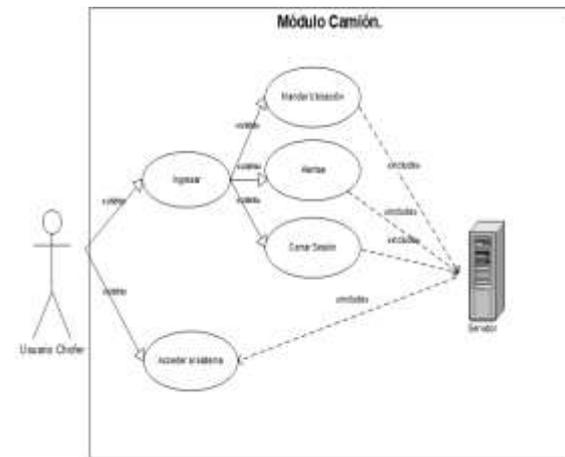


Figura 7 Diagrama de caso de uso del módulo Camión. Elaboración propia

Dados los requerimientos de la aplicación propuesta, se diseña el diagrama del modelo relacional, que consta de 10 tablas entre las que se encuentran las de Ubicación, Domicilio, Rutas y Unidades como se muestra en la Figura 8. Estas tablas permiten articular cada módulo para el correcto funcionamiento de la aplicación. La base de datos es elemento clave para el cálculo, envío, despliegue y recálculo de las ubicaciones de cada unidad de recolección de basura.

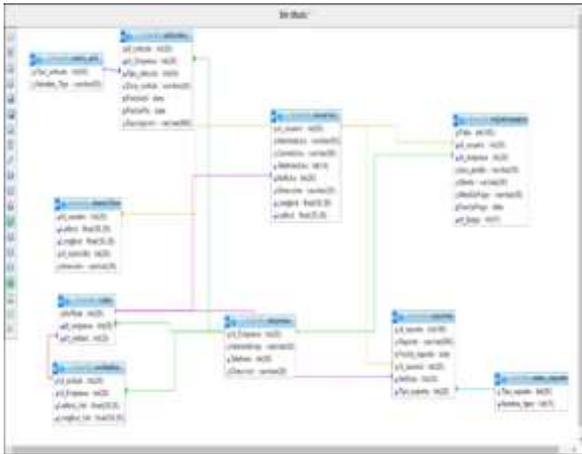


Figura 8 Diagrama relacional de Clean City App. Elaboración propia

Diseño de la interfaz

En las Figuras 9 y 10 se pueden observar

Los primeros diseños de las distintas interfaces de la aplicación Clean City App.



Figura 9 Diseño módulo Ubicación Clean City App. Elaboración propia

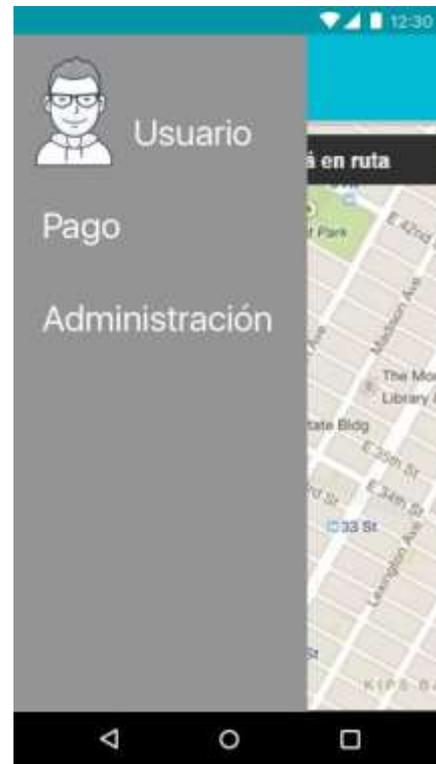


Figura 10 Menú desplegable Clean City App. Elaboración propia

Fase 3 – Construcción del prototipo.

Para acceder a la aplicación Clean City App es necesario registrarse en el sistema con un usuario y contraseña que es el único medio para autenticar al usuario válido en el sistema. Esta ventana de Inicio se muestra en la Figura 11.

La aplicación móvil se encuentra dividida en módulos distintos los cuales fueron programados de manera separada para luego ser integrarlos en una sola aplicación y puedan funcionar en sinergia. Hay 3 módulos que son imprescindibles:



Figura 11 Ventana “Inicio”. Elaboración propia

El primer módulo llamado Ubicación se encarga de enviar al servidor las coordenadas geográficas del domicilio del usuario y recibir las ubicaciones de los camiones que pertenezcan a su ruta, siempre y cuando éstos se encuentren dentro del rango de la ruta del domicilio. Ver Figura 12. También se encarga de desplegar en tiempo real la ubicación de cada unidad de recolección. La interfaz que se despliega al cliente se adapta según su propio logo y paleta de colores asociadas a la empresa.

En este módulo se implementaron los elementos en Z que permiten que un menú desplegable se encuentre flotando sobre la vista sombreada del mapa, haciendo que el mapa presente un tema más opaco en una vista en Z.



Figura 12 Ventana “Ubicación”. Elaboración propia.

El segundo módulo importante es el de Reportes que permite al usuario realizar reportes de incidencias que pudieran presentarse durante sus días de recolección de residuos. Los usuarios pueden clasificar cada reporte en diferentes tipos de situaciones; esto permite al administrador de la compañía visualizar los reportes en un ambiente más amigable para su manejo, permitiendo una mejor respuesta a cada tipo de incidencia. Como se observa en la Figura 13, la interfaz despliega un área de texto de hasta 300 caracteres para teclear el aviso o mensaje que se desea transmitir. Al terminar el mensaje, el usuario puede simplemente pulsar el botón de envío de correo sin preocuparse de saber la dirección de correo ya que se tiene pre cargada.



Figura 13 Ventana “Reportes”. Elaboración propia

El tercer módulo es el de Camión, que permite a las unidades de recolección mandar su ubicación en tiempo real en lapsos de 3 seg hasta 15 seg, según las necesidades de la empresa. Estas ubicaciones son almacenadas en Clean Server, esto para que el módulo Ubicación pueda desplegarlas para el usuario.

Fase 4 – Evaluación del prototipo por usuarios

La aplicación fue puesta a prueba en un ambiente controlado en los parámetros siguientes: 20 personas elegidas al azar, pero que pertenecieran a la misma ruta de recolección de residuos; 4 unidades de recolección; con 6 seg de intervalo de tiempo entre envíos de ubicación.

El módulo Camión encargado de enviar las ubicaciones en tiempo real, funcionó correctamente en las 4 unidades en movimiento.

Mientras estas unidades se movían por la zona, todas las personas podían contar con la aplicación de Clean City App para visualizar el movimiento de las unidades. En este módulo se incluyó un modo de identificar a qué compañía pertenece la ruta, dado que los colores que presentan los camiones, se asocian al color distintivo de cada una de las empresas. Las personas que fungieron como unidades de recolección instalaron la aplicación Clean City App en un 100% y proporcionaron los siguientes comentarios:

- Interfaz amigable para el chofer.
- Sin necesidad de monitoriar la aplicación.
- La aplicación es fácil de usar.
- Las alertas son enviadas en un formato sencillo y agradable.

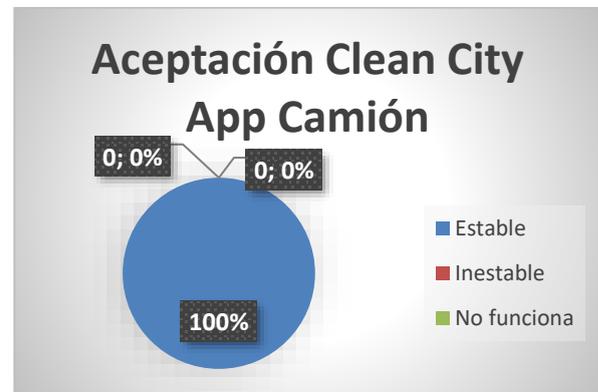


Gráfico 2 Gráfica de aceptación Clean City Camión. Elaboración propia

De las 20 personas que utilizaron la aplicación Clean City App los resultados fueron los siguientes:



Gráfico 3 Gráfica de aceptación Clean City App. Elaboración propia

Los usuarios manifiestan amplio gusto por la aplicación, y sugieren lo siguiente:

- La aplicación es fácil de utilizar, pero les gustaría más temas de personalización.
- El apartado de reportes es claro aunque pueden incluir más clasificaciones.
- Que la aplicación pueda utilizarse en diferentes plataformas móviles, no solo Android.
- Que la aplicación permita agregar más domicilios.

Resultados y discusión

La aplicación es realmente de mucha ayuda para los usuarios, dado que les permite tener un mejor manejo de los residuos en los domicilios; muchos usuarios manifestaron contento con esta idea, que ayudan a la conservación del medio ambiente, dado que apoyan a evitar la contaminación. La intención es que esta nueva aplicación pueda ser implementada en las ciudades más grandes de México y eventualmente sea una aplicación utilizada en todos los rincones del territorio mexicano.

Las consideraciones que fueron propuestas por los usuarios serán tomadas en cuenta para una próxima iteración del sistema, pudiendo mejorar la aplicación hasta lograr una aplicación móvil robusta, de alto rendimiento y amigable para el usuario.

Conclusiones

La aplicación móvil cumple con las principales características planteadas para su desarrollo. Con base en Material Design y las pruebas de aceptación realizadas la interfaz es amigable y agradable al usuario.

Durante el desarrollo de la base de datos se encontraron diferentes problemáticas, dado que cada vez que el sistema crecía en requerimientos era necesario rediseñar la base de datos para un mejor funcionamiento. Se sabe que el sistema necesita crecer aún más para poder tener una base de datos sólida que ayude a un mejor funcionamiento del sistema, pero es necesario ser cuidadosos con el sistema.

Una problemática surgió mientras se creaba el algoritmo para la búsqueda de ubicaciones de las unidades de recolección. El sistema Android tiene ciertas limitantes en la realización de procesos, por lo cual fue necesario, crear nuevos algoritmos que logran satisfacer las necesidades de la aplicación, así como adaptarse a las características y requerimientos del sistema operativo Android.

En la siguiente etapa, se trabajará el prototipo para hacerlo robusto y seguro mediante algoritmos de seguridad que pueda coexistir en el internet sin temor a perder datos sensibles de los usuarios, pero maximizando eficiencia.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Mérida por el valioso apoyo brindado para la realización de este proyecto.

Referencias

Cuentame.inegi.org.mx. (2016). Medio ambiente. Cuéntame de México. [online] Available at: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/ambiente/basura.aspx?tema=T> [Accessed 16 Sep. 2016].

Ana Hernández . SIPSE, G. (2013). Manejo de basura es preocupante. [online] SIPSE.com. Available at: <http://sipse.com/milenio/manejo-de-basura-es-preocupante-25711.html> [Accessed 18 Sep. 2016].

Ana Hernández . SIPSE, G. (2015). Basureros se reparten el negocio, pero no las quejas. [online] SIPSE.com. Available at: <http://sipse.com/milenio/merida-recibe-comuna-quejas-por-recoleccion-basura-173368.html> [Accessed 18 Sep. 2016].

Reporteros Hoy - Noticias de Yucatán. (2016). APP para recolección de basura en Mérida Reporteros Hoy - Noticias de Yucatán. [online] Available at: <http://reporteroshoy.mx/wp/app-recoleccion-basura-merida.html> [Accessed 13 Nov. 2016].

Uber Blog. (2015). Pero al fin de cuentas, ¿Qué es Uber y cómo se usa? | Uber Blog. [online] Available at: <https://www.uber.com/es-CL/blog/que-es-uber/> [Accessed 14 Oct. 2016].

Gaceta.udg.mx. (2016). La gaceta UdeG | Una app para la recolección de basura. [online] Available at: http://www.gaceta.udg.mx/G_notas1.php?id=20662 [Accessed 13 Nov. 2016].

TELECOMUNICACIONES, G., TELECOMUNICACIONES, G. and perfil, V. (2011). MODELO DE PROTOTIPO. [online] Gestionrrhhusm.blogspot.mx. Available at: <http://gestionrrhhusm.blogspot.mx/2011/05/modelo-de-prototipo.html> [Accessed 6 Aug. 2016].

Barquintero, J. (2013). Tipos de relaciones en diagramas de casos de uso. UML. | Blog SEAS. [online] Seas.es. Available at: <http://www.seas.es/blog/informatica/tipos-de-relaciones-en-diagramas-de-casos-de-uso-uml/> [Accessed 13 Nov. 2016].

Benbourahla, N. (2015). Android 5. [online] Google Books. Available at: <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=XIcXXFIO1FgC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Android+5&ots=FCUpPjUyls&sig=cSzZbLXkQdpUIRz2x6EJnml9Zi0#v=onepage&q=Android%205&f=false> [Accessed 14 Dec. 2016].

Loor Villamar, A. D., & Morocho Ramos, M. A. (2016). Desarrollo e implementación de un aplicativo para dispositivos móviles con sistema operativo android y geolocalización que permita ofrecer y solicitar servicios de alquileres de casas con ubicación exacta ya la vez sugiera las más cercanas a la ubicación actual en cualquier parte de guayaquil (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales).<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/16296>

Acar, M., Bormann, C., Bray, T., Davies, J., Dürst, M. J., Höhrmann, B., ... & Reschke, J. JSON Pointer draft-ietf-appsawg-json-pointer-02. <https://tools.ietf.org/id/draft-ietf-appsawg-json-pointer-01.html>

Nottingham, M. (2012). JSON Pointer draft-ietf-appsawg-json-pointer-04.<https://tools.ietf.org/id/draft-ietf-appsawg-json-pointer-04.html>

Soriano, J. E. A. (2011). Android: Programación de dispositivos móviles a través de ejemplos. Marcombo. <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=Akha4zgQUzIC&oi=fnd&pg=PA11&dq=como+hacer+una+aplicacion+android+con+gps&ots=28LzlrY90M&sig=gzv1y97yixk5MWfX1KuOjP-HDY#v=onepage&q=como%20hacer%20una%20aplicacion%20android%20con%20gps&f=false>

Urrutia, A. G., & GONZALEZ, R. C. (2013). Cabify. <http://repositoriodigital.corfo.cl/handle/11373/8445>

Jarquín González, M. L., Jaime, B., Margine, D., Barrios, A., & Pavel, Y. (2015). Aplicación para el envío masivo de correo electrónico utilizando PhpList para la Empresa COMVARSA en Ciudad de Managua, año 2015 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua). <http://repositorio.unan.edu.ni/1362/>

Oh, J. H., Hanson, D., Kim, W. S., Han, Y., Kim, J. Y., & Park, I. W. (2006, October). Design of android type humanoid robot Albert HUBO. In Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference on (pp. 1428-1433). IEEE. <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4058572/>

Generación automática de mapas de baches a partir de imágenes capturadas mediante dispositivos móviles

GARCÍA-CARRASCO, Uriel†, SABINO-MOXO, Beatriz Adriana*, SÁNCHEZ-ACEVEDO, Miguel Ángel y MARQUÉZ-DOMÍNGUEZ, José Alberto

Universidad de la Cañada

Recibido Julio 3, 2017; Aceptado Septiembre 6, 2017

Resumen

En este artículo se describe un sistema que emplea metadatos en imágenes para localizar geográficamente daños en vialidades como: baches, malformaciones, levantamiento de loza, fisuras y grietas, el objetivo es apoyar en la inspección y mantenimiento de vialidades para disminuir su deterioro. La metodología empleada considera lo siguiente: primero, se toman las imágenes de los daños presentes en las vialidades con un dispositivo móvil con GPS, segundo, se cargan las imágenes al sistema y se obtienen los *tag's* de metadatos (grados, minutos y segundos) de la imagen a partir de la especificación *Exif*; tercero, al obtener dichos *tag's* se realiza una conversión de los metadatos obtenidos a latitud y longitud. Cuarto, se realiza una descripción del tipo de daño en la imagen y posteriormente se almacena en una base de datos. Posteriormente, a partir de los datos geográficos de cada imagen almacenada y con el uso de la API de *Google Maps*, se genera el mapa en donde se muestra la ubicación de cada uno de los baches o deterioros obtenidos. Finalmente, el sistema permite generar un reporte en formato PDF que contiene detalles de los daños, así como el mapa de la ubicación de cada uno de ellos.

Metadatos, tag's, Exif, información geográfica, API

Abstract

The present document describes a system which allows to locate geographically the damages present in pavements through the use of metadata in images. Damages are classified as: potholes, malformations, pavement lifted, and pavement cracks. The objective is to assist in the inspection and maintenance of roads, such that the deterioration does not increase. The methodology for carrying out the inspection is as follows: first, the images of the damage present on the roads are taken with a mobile device that has GPS; second, the images are loaded to the system, and simultaneously, the metadata tags (degrees, minutes and seconds) of the image are obtained from the *Exif* specification; third, the obtained metadata tag's are converted to latitude and longitude; fourth, a description of the type of damage that is observed in the image is generated and stored in a database. Subsequently, based on the geographic data of each image and using the *Google Maps* API, a map is generated showing the location of each of the potholes or deteriorations that were obtained. Finally, the system allows to generate a report in PDF format which includes details of the damages as well as the map that contains the locations.

Metadata, tag's, Exif, geographic information, API recognition

Citación: GARCÍA-CARRASCO, Uriel, SABINO-MOXO, Beatriz Adriana, SÁNCHEZ-ACEVEDO, Miguel Ángel y MARQUÉZ-DOMÍNGUEZ, José Alberto. Generación automática de mapas de baches a partir de imágenes capturadas mediante dispositivos móviles. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-3: 15-21

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: beatriz_sabino@unca.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Desde siempre las vías de comunicación han sido de gran importancia para el desarrollo de actividades comerciales, sociales e industriales, por lo que es necesario brindar mantenimiento y tener en buenas condiciones dichas vialidades. Regularmente para identificar si existen daños y de que tipo se realiza una inspección visual, en la cual es necesario llenar formatos manualmente (Porrás *et al.*, 2012); en este proceso se indica la descripción de los daños, el intervalo de kilómetros de la vialidad en donde se adquirieron los datos. En este último se pretende apoyar el proceso de inspección mediante la generación de mapas de vialidades que presenten daños (baches, grietas y malformaciones), que se adquieran por medio de imágenes capturadas con dispositivos móviles.

El proceso para la generación de los mapas consiste en: capturar imágenes con un dispositivo móvil (con *GPS* activado), obtener los *tag's* de metadatos (minutos, grados, segundos), convertir los metadatos a su equivalente en decimal (latitud y longitud) y realizar una descripción del tipo de daño a registrar para poder ser almacenado en la base de datos que permitirá generar la documentación en formato digital.

Actualmente existen diversos trabajos de investigación enfocados a: realizar el proceso de inspección de baches (Nienaber *et al.*, 2015), detección de diferentes daños presentados en pavimentos (Lokeshwor *et al.*, 2013); Radopoulou y Brilakis, 2015), detectar y calcular el área de baches a través del análisis de video (Hidayatullah *et al.*, 2012). Cabe destacar que estos trabajos no proporcionan la ubicación de los daños encontrados, por tal motivo, la aportación del presente trabajo consiste en generar mapas de ubicación geográfica de cada daño que se registre en el software.

Se analizarán los *Tag's* de metadatos incluidos en las imágenes digitales permitiendo la automatización del proceso de detección de daños y generando a su vez reportes en formato *PDF*.

Vías de comunicación y proceso de inspección

El crecimiento de vialidades pavimentadas ha sido en muchos casos mayor de lo esperado y las cargas de los vehículos pesados han excedido la capacidad de soporte, produciendo con esto, un incremento en el deterioro de dichas vialidades que afectan en su mayor parte a la actividad económica (Arriaga *et al.*, 1998; Corro y Prado, 1999).

Para poder identificar los daños que afectan a dichas vialidades se toma en cuenta el proceso de inspección visual a pie o en vehículo. Las inspecciones a pie son minuciosas e identifican de manera precisa los daños, tienen la dificultad del alto consumo de tiempo, mientras que las inspecciones a través de un vehículo tienen la ventaja de inspeccionar un tramo mayor, sin el peligro que implica caminar por las vías. En los dos tipos de inspección manual se revisan muestras del pavimento (Porrás *et al.*, 2014).

Los tipos de daño que se toman en cuenta en el proceso de inspección son: agrietamiento, malformación, parches deteriorados y baches (Porrás *et al.*, 2012).

Dispositivos móviles y desarrollo tecnológico

El uso de los dispositivos móviles y la tecnología; la mayoría de dispositivos móviles cuentan con cámaras fotográficas, así como también sensores y *GPS* integrados, permitiendo capturar imágenes desde estos dispositivos.

El desarrollo tecnológico no sólo facilita la generación de estas imágenes, sino también el almacenamiento de información en las mismas, de tal forma que puedan ser procesadas posteriormente (Rosales, 2013).

A partir de información que se almacena en una imagen es posible saber la ubicación geográfica de su captura junto con otro tipo de parámetros. Este tipo de información es conocida como metadatos, los cuales constituyen un conjunto de información estandarizada acerca de un archivo (Adobe, 2017).

Los dispositivos móviles y cámaras digitales adjuntan dichos metadatos mediante la especificación *Exif*, es un formato de archivo de imagen intercambiable (Guidelines, 2017).

Ahora bien, de acuerdo con Arenas (2015), los metadatos se pueden clasificar en diferentes categorías de las cuales menciona sobre la localización mediante un *GPS*. Aplicando esto al proyecto de investigación se tomaron en cuenta tres factores importantes.

1. En el proceso de inspección de daños de forma manual no se describe la ubicación de cada daño registrado, solo los kilómetros abarcados.
2. El proceso de recolección de datos se considera lento y peligroso.
3. El *GPS* integrado al dispositivo móvil para la captura de imágenes funciona aun sin tener una red de datos o inalámbrica habilitada debido a que el proveedor de telefonía o internet toma en cuenta únicamente la visualización de mapas, siendo una ventaja ya que únicamente es necesaria la ubicación geográfica de la captura debido a que los mapas se generan de forma automática.

Obtención de metadatos de imagen

Para trabajar con mapas, inicialmente se extraen los metadatos incluidos en la imagen digital. Los tag's de metadatos de latitud y longitud vienen con un formato de grados, minutos, segundos y punto cardinal (78° 17' 15" N, por ejemplo) los cuales deben ser valores decimales para que sean utilizados en el software; después de extraer los metadatos, se realiza una conversión a latitud y longitud decimal utilizando la fórmula para ambos casos:

$$\text{Latitud } \lambda = (g + (m/60) + (s/3600)) * (p) \quad (1)$$

$$\text{Longitud } \Phi = (g + (m/60) + (s/3600)) * (p) \quad (2)$$

En donde el tipo de punto cardinal definirá si el valor es positivo o negativo (Carrodeguas, 2017).

(+) Norte y este

(-) Sur y Oeste

En la Figura 1 se muestran los tag's de *GPS* concatenados en una cadena antes de convertirse a decimales.

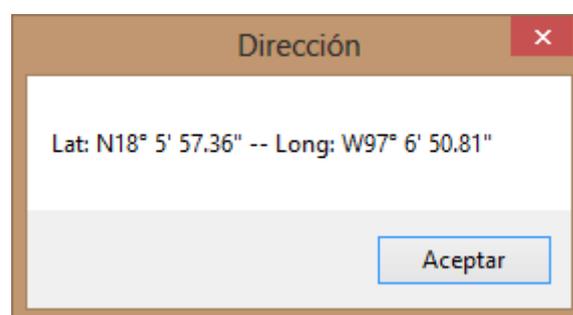


Figura 1 Cadena de tag's GPS concatenados

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se muestra el resultado de la latitud y longitud en decimales. Estos datos servirán para generar el mapa posteriormente.

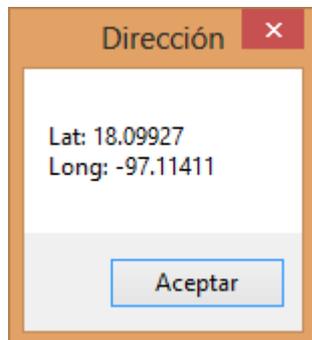


Figura 2 Coordenadas en formato decimal

Fuente: Elaboración propia

Después de convertir la cadena en sus equivalentes decimales, se almacena la información en la base de datos. Para ello se selecciona la descripción del tipo de daño identificado en la imagen (Ver Figura 3).



Figura 3 Ventana de descripción de daño identificado

Fuente: Elaboración propia

Generación de mapas

Una vez que se ha registrado un conjunto de datos relacionados con tipos de daño, el software permite ver la ubicación de cada uno de los daños que fueron almacenados.

Para ello se hace uso de la API de Google Maps y mediante un script se genera dinámicamente el mapa de la ubicación de cada daño registrado.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo del mapa generado a partir de los datos almacenados.



Figura 4 Ventana que muestra la ubicación geográfica de los daños registrados

Fuente: Elaboración propia

Generación de Documentación

Uno de los puntos importantes que se aborda al momento de generar la documentación es que contempla información de costos y tipo de material para realizar las reparaciones, esta información es examinada en el trabajo (García *et al.*, 2016).

La documentación incluye la siguiente información: imagen del daño, tipo de daño, tipo de material a utilizar en la reparación y un costo aproximado del mismo.

Además, se anexa el mapa de daños generado a partir de los datos registrados y se concatena al documento por medio de la librería (HiQPdf, 2017), la cual permite obtener en formato *PDF* la interfaz que genera el script del mapa de daños.

En la Figura 5 se observa un ejemplo de la documentación obtenida. El formato general de la documentación es un archivo *PDF*.



Figura 5 Documentación generada en formato PDF

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6 se muestra el encabezado del *PDF* referente al registro de baches y grietas generado a partir de los registros de la base de datos.

Reporte de Daños en Pavimento

Imagen:	Tipo de Daño	Material a utilizar	Costo Aproximado de Reparación.
	Bache	Pavimento en frío	\$567
	Grieta(s)	Pavimento en frío	No aplica

Figura 6 Encabezado de la documentación de daños

Fuente: Elaboración propia

Pruebas y resultados

Inicialmente se realizaron las pruebas de extracción de metadatos en donde se aislaron los *tag's* referentes a la ubicación geográfica. De esta forma fue posible generar el mapa de cada uno de los daños de forma automática.

Para la generación del mapa, se programó un *script* que permitiera obtener un arreglo bidimensional de la base de datos con la información de latitud y longitud de cada daño almacenado obteniendo como resultado la visualización del mapa en un *web browser*.

Con respecto a la documentación de daños, se realizaron las pruebas de conversión y concatenación de código *JavaScript* a formato digital concatenando el archivo de registros de la base de datos con el del mapa obteniendo así el informe general en formato *PDF*.

Además, se realizaron pruebas con once imágenes, con las cuales se realizó una comparación entre el tiempo de inspección de forma manual y con el software propuesto, con el segundo se reduce el tiempo de cálculo como se muestra en el Gráfico 1 en el cual se presentan 11 muestras.

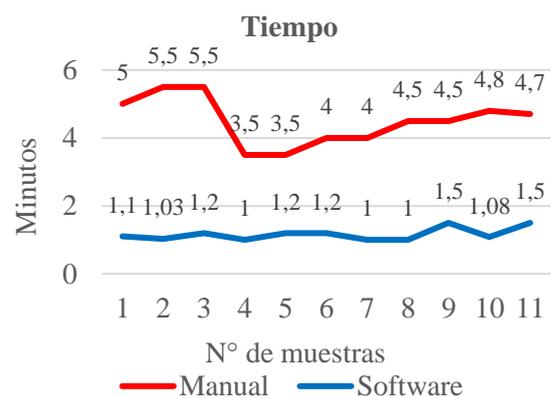


Gráfico 1 Diferencia de tiempo de inspección con respecto al método manual y el software

Fuente: Elaboración propia

Trabajo futuro

Se contempla la migración del software a una aplicación que pueda funcionar en los dispositivos móviles con sistema *android*.

Por otra parte, se pretende abordar la aplicación con un enfoque de distribución pública, con el objetivo de que haya una retroalimentación de información referente a la presencia de daños en vialidades; permitiendo dar seguimiento de los daños y poder realizar reparaciones.

Conclusiones

El proceso de inspección se realizó más rápido con respecto al proceso a pie o parabrisas (visualización por automóvil), ya que solo es necesario tomar una imagen de daños.

Debido a que el método manual solo incluye la muestra de los kilómetros revisados, con el software resulta más fácil identificar de manera precisa cada daño inspeccionado.

Se prescindió de una red de comunicación para la ubicación geográfica de la captura de las imágenes. A su vez, el software automatiza el proceso de evaluación de daños y apoya en el proceso de inspección de vialidades.

Referencias

Adobe. (15 de 06 de 2017). *Adobe Systems Software Ireland Ltd*. Obtenido de Adobe: <https://helpx.adobe.com/es/photoshop/using/metadata-notes.html>

Arenas González, D. M. (2015). Técnicas de identificación de la fuente de adquisición en imágenes digitales de dispositivos móviles. *Facultad de Informática - Tesis Doctoral*, 42-49.

Buza, E., Omanovic, S., & Huseinovic, A. (2013). Pothole Detection with Image Processing and Spectral Clustering. *WSEAS*, 1-6.

Carrodegua, N. (24 de 06 de 2017). *NorfiPC*. Obtenido de <https://norfipc.com/herramientas/convertir-grados-geograficos-minutos-segundos-decimales.php>

García Carrasco, U., Márquez Domínguez, J. A., Sánchez Acevedo, M. Á., & Sabino Moxo, B. A. (2016). Detección y evaluación de daños en pavimento asfáltico mediante procesamiento de imágenes digitales. *ECORFAN*, 13-18.

Guidelines, D. (19 de 06 de 2017). *Guidelines for TIFF Metadata Recommended Elements and Format Version 1.0*. Obtenido de Digitizationguidelines: http://www.digitizationguidelines.gov/guidelines/TIFF_Metadata_Final.pdf

Hidayatullah, P., Ferizal, F., Ramadhan, R. H., Qadarsih, B., & Mulyawan, F. (2012). Semi-Automatic Pothole Detection. *Sigma-Mu*, 1-11.

HiQPdf, S. (22 de 06 de 2017). *HiQPdf Software*. Obtenido de <http://www.hiqlpdf.com/>

JEITA. (2002). Exchangeable image file format for digital still cameras: Exif Version 2.2. *Standard of Japan Electronics and Information Technology Industries Association*, 7-11.

Lokeshwor, H., Lalit, K. D., & Sud, S. (2013). Method For Automated Assessment Of Potholes, Cracks And Patches From Road Surface Video Clips. *Elsevier Ltd*, 313-320.

Nienaber, S., Booyen, M., & Kroom, R. (2012). Detecting Potholes Using Simple Image Processing Techniques and Real-World Footage. *SATC*, 153-163.

Porras Díaz, H., Ramón Suárez, J. H., Mejía Melgarejo, Y. H., & Parra Rodríguez, J. M. (2014). Sistemas automáticos para la adquisición de datos enfocados a examinar pavimentos flexibles. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 2-20.

Porras, H., Castañeda, E. A., Sanabria, D. Y., & Medina, G. M. (2012). Detección automática de grietas de pavimento asfáltico aplicando características geométricas y descriptores de forma. *INGE CUC*, 2-4.

Radopoulou, S., & Brilakis, I. (2015). Patch detection for pavement assessment. *ELSEVIER*, 1-10.

Rosales Corripio, J. (2013). Algoritmo de identificación de fuente en imágenes digitales de dispositivos móviles. *Tesis de Grado*, 1-7.

Procesamiento y análisis de imágenes digitales de fondo de ojo para facilitar el tele-diagnóstico oportuno

PONCE-RIVERA, Enrique*†, VILLALOBOS-CASTALDI, Fabiola Miroslaba, DAMIÁN-REYES, Pedro y CAMERO-BERRONES, Rosa Gabriela

Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Pánuco.

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Universidad Nacional Autónoma de México.

Departamento de Telemática, Servicios y Tecnologías de la Información. Universidad de Colima.

Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Cd. Madero

Recibido Julio 12, 2017; Aceptado Septiembre 6, 2017

Resumen

En este trabajo se presenta un estudio sobre el procesamiento y análisis de imágenes digitales de fondo de ojo para facilitar el tele-diagnóstico de enfermedades relacionadas con la retina de manera oportuna. Para ello se desarrolla un sistema informático que permita identificar y segmentar imágenes de la retina (o fondo de ojo), utilizando el lenguaje de programación C++ con el uso de la librería OpenCV para la segmentación de imagen. Así mismo el diagnóstico digital por imagen de fondo de ojo necesita de sistemas de procesamiento de imágenes de alta resolución para tomar fotografías del interior del ojo; esto ayuda a que los médicos determinen el estado de la retina, detecten y controlen enfermedades y afecciones oculares que puedan observarse en la imagen. La metodología para el desarrollo del proyecto está basada en el Proceso de Desarrollo de Software, el cual define las fases de análisis, diseño y arquitectura, programación, realización de pruebas y la implementación del sistema. Con esta investigación se desea realizar la tarea de procesar y detectar las estructuras oculares de la retina para su análisis, descripción y extracción de características que ayuden a la detección de algunas enfermedades que alteran la retina.

Sistema informático, imágenes de fondo de ojo, retina

Abstract

This paper presents a study on the processing and analysis of digital images of the eye fundus to facilitate the tele-diagnosis of diseases related to the retina in a timely manner. It develops a computer system that allows to identify and segment images of the retina (or eye fundus), using C ++ programming language with the use of the library OpenCV for image segmentation. Likewise, the digital imaging diagnosis of the eye fundus requires high-resolution image processing systems to take photographs of the inside of the eye; This helps doctors determine the state of the retina, detect and control eye diseases and conditions that can be seen in the image. The methodology for the development of the project is based on the Software Development Process, which defines the phases of analysis, design and architecture, programming, testing and system implementation. This research aims to perform the task of processing and detecting the ocular structures of the retina for analysis, description and extraction of characteristics that help detect some diseases that alter the retina.

Computer system, eye fundus images, retina

Citación: PONCE-RIVERA, Enrique, VILLALOBOS-CASTALDI, Fabiola Miroslaba, DAMIÁN-REYES, Pedro y CAMERO-BERRONES, Rosa Gabriela. Procesamiento y análisis de imágenes digitales de fondo de ojo para facilitar el tele-diagnóstico oportuno. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-3: 22-37

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: enrique.ponce@itspanuco.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La salud es un bien intangible de cuyo estado depende el bienestar social y económico de una población en general; diversas investigaciones revelan que haciendo un diagnóstico por imagen de la retina, se pueden detectar y controlar algunos tipos de enfermedades de manera oportuna, ya que en cada situación se presentan rasgos distintos en la imagen, y que además ayudan al médico a identificar el tipo de enfermedad detectada; algunos ejemplos son: la diabetes, glaucoma, desprendimiento de retina, y degeneración macular.

Con la obtención de la imagen, el médico puede establecer un tratamiento o por lo menos tener identificado el problema, y realizar las pruebas más profundas a quienes realmente lo necesitan, evitando gastos innecesarios.

Las imágenes médicas son el medio de diagnóstico único, que aún sin información textual, facilitan el diagnóstico clínico. Actualmente, la mayoría de las imágenes médicas son analizadas por clasificadores humanos, pero hay dos problemas principales en dicho análisis: El primero consiste en la subjetividad por parte del observador, lo que se traduce en una baja confiabilidad entre clasificadores humanos. El segundo problema es el tiempo necesario para un análisis cuantitativo por parte del observador. El análisis asistido por computadora de imágenes médicas puede ayudar a reducir la subjetividad y el tiempo de análisis por parte del observador (Li, Ko, & Lim, 2008).

Otra aproximación de la obtención de imágenes, es mediante el uso de cámaras digitales convencionales de 8 bits, con el inconveniente de una mala relación señal-ruido.

El problema conocido de este tipo de sistemas es la poca practicidad del mismo, ya que una vez capturada la imagen, esta tiene que ser descargada al ordenador, para posteriormente hacer el procesamiento de la misma (Morales, Sánchez, & Díaz, 2016).

La imagenología comprende la realización de todo tipo de exámenes diagnósticos y terapéuticos, en los cuales se utilizan equipos que reproducen imágenes del organismo (Montaño, 2007).

La exploración del fondo de ojo u oftalmoscopia consiste en la visualización a través de la pupila y de los medios transparentes del globo ocular (córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo) de la retina y del disco óptico. Es un componente importante de la evaluación clínica de muchas enfermedades y es la única localización donde puede observarse in vivo el lecho vascular de forma incruenta (Fernández, 2012).

La adopción generalizada de los teléfonos inteligentes por parte de los médicos, y una mejor capacidad en las cámaras incorporadas en los mismos, ha incrementado el interés en su uso para la imagenología médica y oftálmica; la portabilidad y las capacidades de conexión inmediata de los teléfonos inteligentes, hacen de ellos un dispositivo atractivo para la adquisición de imágenes de retina en entornos remotos no hospitalarios, y se está convirtiendo en una herramienta valiosa en el campo de la oftalmología, para desempeñar un papel importante en el diagnóstico médico en general (Russo, Morescalchi, Costagliola, & Semeraro, 2014).

Algunas enfermedades como: glaucoma, retinopatía diabética, cáncer, hipertensión, desprendimiento de retina, entre otras, son padecidas por algunas personas, y las cuales no tienen síntomas inmediatos por lo que no se logra su medicación o tratamiento a tiempo.

En esta investigación se propone mostrar la importancia de realizar la segmentación de imagen de la red vascular de la retina o fondo de ojo, para su análisis, descripción y extracción de características que ayuden a la detección de algunas enfermedades vinculadas con la retina como son la diabetes, glaucoma, desprendimiento de retina, y degeneración macular.

Estado del Arte

Examen del fondo de ojo

El examen de fondo de ojo es una técnica que permite observar el interior del globo ocular para diagnosticar una enfermedad, o para comprobar la evolución de patologías como la diabetes o la hipertensión.

Para realizar un examen de fondo de ojo, primeramente se instilan unas gotas de colirio en el ojo para dilatar poco a poco la pupila; estas gotas pueden escocer un poco. Este proceso puede llevar de varios minutos a una hora, hasta que el ojo se encuentra en el estado ideal para poder realizar la prueba, después se utiliza un oftalmoscopio ya sea directo o indirecto para poder ver el fondo de ojo.

Oftalmoscopio

Para poder visualizar el fondo de ojo, se necesita de un oftalmoscopio, de los cuales existen dos tipos, el directo e indirecto. El oftalmoscopio directo, es un instrumento muy útil para el examen de la retina alrededor del fondo de ojo. La luz de un bombillo se refleja en ángulo rectos y se proyecta como punto a través del iris del paciente para iluminar la retina. Esta reflexión se logra mediante un espejo frontal plateado frontalmente o un espejo parcialmente plateado o un prisma de reflexión total. La retina iluminada es vista directamente por el médico a través del iris del paciente.

El Oftalmoscopio indirecto moderno funciona como el ocular de un microscopio estereoscópico en el cual un lente esférico positivo (17D, 20D o 30D) sostenido con la mano sirve como el objetivo. Cuando se ve correctamente, se observa una imagen ampliada de la retina. Algunas de las ventajas del instrumento en comparación con el oftalmoscopio directo son imagen estereoscópica, un mayor campo de visión, mayor iluminación, y reducción de la distorsión. Una ventaja adicional es que el médico está a una distancia del paciente (Srinivasan, 2003).

Existen oftalmoscopios con nuevas tecnologías que facilitan el ingreso a la pupila sin dilatar, dando lugar a un campo de visión de 25 grados, donde se puede ver 5 veces más grande el fondo de ojo comparado con otros oftalmoscopios tradicionales y en pupila sin dilatar. La visualización directa del fondo de ojo a través de este oftalmoscopio proporciona mejores imágenes de los cambios en la retina causados por la hipertensión, retinopatía diabética, glaucoma y degeneración macular, facilitando a los médicos un diagnóstico temprano. Además se puede capturar digitalmente, almacenar y compartir imágenes de fondo de ojo mediante la utilización de un adaptador para Smartphone.

Teleoftalmología

La imagen juega un papel muy importante en la oftalmología. De hecho, muchos diagnósticos pueden hacerse a partir de las imágenes adquiridas mediante diverso equipamiento oftalmológico, como el retinógrafo no midriático, la lámpara de hendidura con cámara digital o la tomografía óptica de coherencia (eDiagnostic, 2017).

La Teleoftalmología, es un sistema que permite realizar exploraciones del fondo de ojo y otras estructuras oculares a distancia y detectar lesiones o alteraciones, salvando las barreras de tiempo y espacio.

Además evita desplazamientos y largos periodos de espera y a la vez resulta ser muy eficaz. Esto ayuda a que un médico solicitante, pida consejo a un oftalmólogo acerca de un problema de salud de un paciente relativo con lesiones oculares, de modo que disponiendo de la mayor información pueda llegar a una decisión clínica efectiva.

Aplicaciones para dispositivos y adaptadores

Existen una serie de adaptadores que permiten a los profesionales de la salud capturar fotografías oftálmicas mediante la conexión de un Smartphone a un oftalmoscopio.

Algunas aplicaciones para Smartphones, permiten tomar imágenes del fondo de ojo, para posteriormente transferirlas por un sistema de teleoftalmología al oftalmólogo que será el que realice el diagnóstico enviando posteriormente un informe. Cabe señalar que estos sistemas únicamente obtienen la imagen sin procesarla.

Algunos dispositivos y adaptadores para Smartphones son:

iExaminer y *iExaminer App*. Esta aplicación optimiza la cámara de un iPhone para realizar exámenes de la vista capturando hasta 85 imágenes en 5 segundos, permitiendo almacenar en el teléfono un máximo de 10 casos. Este accesorio periférico y aplicación, ofrece la capacidad de realizar exámenes de los ojos a médicos de atención primaria sin necesidad de invertir en un equipamiento oftalmológico muy costoso.

Adaptador "Low Cost". Desarrollado por la Universidad de Stanford (USA). Permiten a un Smartphone capturar imágenes de alta calidad de la parte frontal y posterior del ojo.

Gracias a las nuevas tecnologías de los Smartphones, a una buena resolución de la cámara y a la capacidad de transferencia de datos, se puede subir la imagen de forma segura a la historia clínica del paciente en cuestión de segundos.

EyePhotoDoc. Es un adaptador de diseño personalizado creado para su uso con el iPhone (3, 4 y 4s) y otros teléfonos con cámara en conjunción con una lámpara de hendidura. El EyePhotoDoc puede adaptarse casi a cualquier lámpara de hendidura y utilizar un sistema ocular de imagen digital.

Como se ha visto, los teléfonos inteligentes con capacidades fotográficas y de video de alta calidad son ahora de gran utilidad en la medicina. Gracias a los adaptadores que han sido diseñados para conectar un teléfono inteligente a una lámpara de hendidura, se ha logrado que los profesionales obtengan fotografías clínicas utilizando solamente un Smartphone con un mínimo de hardware adicional.

Así mismo se ha observado que estos sistemas únicamente obtienen la imagen digital sin realizar algún proceso de segmentación para su análisis. En esta investigación se presenta un estudio sobre el proceso de segmentación y análisis de imágenes digitales de fondo de ojo.

Descripción del Marco Teórico

Telemedicina

Los avances de la tecnología están moldeando nuevos paradigmas en las relaciones entre los individuos. Estos cambios tienen una influencia directa sobre la provisión de los servicios de salud, reemplazando en muchos de los casos la forma tradicional en la cual se ha ejercido la medicina por la oferta de servicios médicos a distancia, en tiempo real (Litewka, 2005).

La telemedicina es un recurso tecnológico que posibilita la optimización de los servicios de atención en salud, ahorrando tiempo y dinero, facilitando el acceso a zonas distantes para tener atención de especialistas.

Así mismo la telemedicina está dirigida a apoyar a los profesionales de la salud de todos los niveles de atención en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, la gestión y gerencia de servicios de salud.

En los países centrales, el uso de la telemedicina es cada vez más frecuente, no sólo para la transmisión de imágenes (posiblemente la aplicación más difundida), sino en especialidades como neurología y neurocirugía, dermatología e, incluso, psiquiatría.

Algunos autores mencionan como ventajas sobre la práctica habitual de la medicina el hecho de evitar la necesidad de desplazarse, la reducción en los costos médicos y el ahorro de tiempo (para los médicos), sosteniendo que las "videovisitas" son mucho más cortas que las consultas convencionales, evitando los saludos y despedidas de cortesía (Marckmann & Goodman, 2006).

Imagenología

La imagenología es una especialidad médica que agrupa toda una serie de métodos diagnósticos y/o terapéuticos que se sirven de la imagen para llegar a un diagnóstico o para hacer un tratamiento. Es un conjunto de técnicas y procedimientos que permiten obtener imágenes del cuerpo humano con fines clínicos o científicos.

Dentro del ramo de la imagenología biomédica se pueden utilizar diversas técnicas.

Sin embargo, las menos costosas y más rápidas que se utilizan para diversos propósitos son el ultrasonido, la imagenología por fluorescencia y la biomicroscopía por retroiluminación. Cada una de ellas se utiliza para diferente propósito (Zhou, y otros, 2014).

Dispositivos Móviles

Un dispositivo Móvil o teléfono inteligente (Smartphone en inglés) es un tipo de teléfono móvil construido sobre una plataforma informática con mayor capacidad de almacenamiento de datos, que realiza actividades semejantes a la de una minicomputadora, con una mayor conectividad que un teléfono móvil convencional.

Estos dispositivos móviles (Smartphones), cuentan con una cámara integrada, que junto a una infraestructura basada en servidor permite al usuario compartir fotos y vídeos inmediatamente.

La fotografía móvil es un campo que ha avanzado muchísimo durante los últimos años; en la actualidad existen Smartphones capaces de capturar imágenes realmente increíbles. Gracias a la gran calidad de la cámara de los dispositivos móviles, se podrán realizar tareas mucho más complejas, como es en el área de la salud para la detección de enfermedades.

Existen Oftalmoscopios como el PanOptic de la marca Welch Allyn, que permite adaptar un dispositivo móvil como el iPhone en algunas de sus versiones, en donde es posible alinear el acceso óptico del oftalmoscopio con el eje visual de la cámara del dispositivo, para capturar fotografías de alta resolución del fondo de ojo.

Utilizando técnicas de Visión Artificial se puede realizar un tratamiento inteligente de las imágenes recibidas en una computadora, en la que, más allá de la manipulación, se llega al análisis y reconocimientos de los objetos presentes en ellas.

Esta visión artificial no es más que la adquisición automática de imágenes sin contacto (que puede ser mediante un dispositivo móvil), y cuyo análisis tiene como fin extraer la información necesaria para realizar un proceso (Kalbakdij, Lebrero & Sánchez, 2009).

Imagen del fondo de ojo

Se llama fondo de ojo a una exploración que se realiza en medicina para visualizar a través de la pupila la porción posterior e interior del ojo, y es la única parte del organismo donde se puede observar en vivo el lecho vascular, de una manera sencilla y con magnificación mediante la oftalmoscopia, lo que permite sacar ciertas conclusiones en cuanto a cuál es el estado de los vasos en otros órganos y sistemas.

Las enfermedades que pueden evidenciarse mediante este examen, está la diabetes, la hipertensión arterial, enfermedad cerebral, alteraciones renales, metástasis tumorales, leucemias, etc. (Marcano, 2015).

Existen varias formas de realizar la exploración del fondo de ojo, la más utilizada es mediante un instrumento óptico que se llama oftalmoscopio. Gracias a este procedimiento pueden observarse diferentes estructuras internas del globo ocular: mácula, retina y papila óptica entre otras. También es posible visualizar directamente los vasos sanguíneos de la retina y detectar cualquier anomalía que presenten.

Para explorar el fondo de ojo, el médico se sirve de un oftalmoscopio e instila en el ojo una sustancia que dilata las pupilas. De esta forma puede observar las porciones internas del órgano, la retina y sus vasos sanguíneos, la papila óptica, la coroides y el humor vítreo, así como detectar diversas enfermedades, como un desprendimiento de retina o signos de hipertensión arterial o diabetes, ya que en la imagen se aprecian las características que ayudan a detectar el tipo de enfermedad.

Las imágenes de retina (o de fondo de ojo) proporcionan información relacionada con el sistema de alimentación sanguínea de la retina. Así mismo analizar una imagen de fondo ocular permite a los oftalmólogos detectar de una forma más robusta y automática de enfermedades como: la degeneración macular dependiente de la edad, la retinopatía diabética, el glaucoma, la retinosis pigmentaria, y otras de no menor importancia (Villalobos Castaldi & Felipe Riverón, 2008).

Las imágenes retinales de fondo de ojo sin auto-fluorescencia pueden ser útiles para la detección de cataratas. En una imagen retinal, y con una imagen de fondo de ojo en el espacio RGB, el canal verde posee el contraste más elevado entre el objeto y el fondo. Estas imágenes son pre-procesadas y posteriormente se extraen algunas características para introducirlas a una red neuronal (Yang, Yang, Zhang, & Li, 2013).

Base de datos DRIVE

La base de datos DRIVE (*Digital Retinal Images for Vessel Extraction*, Imágenes digitales de la retina para la extracción de vasos sanguíneos, por sus siglas en inglés, <http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE>), ha sido establecida para permitir estudios comparativos sobre la segmentación de los vasos sanguíneos en las retinianas; contiene 40 imágenes en colores las cuales se adquirieron utilizando una cámara Canon CR5 no midriática 3CCD con un campo de visión de 45 grados (FOV). Cada imagen fue capturada utilizando 8 bits por plano de color a 768 por 584 píxeles.



Figura 1 Fondo de ojo

Fuente: Imagen contenida en la base de datos DRIVE

Enfermedades detectadas por la retina

La retina es un tejido sensible a la luz que recubre la parte posterior del ojo, y puede ser considerada una parte integral del sistema nervioso central (SNC). La estructura y la función de la retina pueden ser examinadas fácilmente con métodos no invasivos o mínimamente invasivos, mientras que la investigación del cerebro tiene numerosas limitaciones a la hora de un abordaje directo (HERALDO, 2016).

La retina es una capa de tejido en la parte posterior del ojo que percibe la luz y envía las imágenes al cerebro. En el centro de este tejido nervioso se encuentra la mácula. Provee la capacidad de enfoque central y la agudeza necesaria para leer, conducir y ver en forma clara los detalles. Las enfermedades de la retina afectan este importante tejido. Puede afectarle la vista y algunas son lo suficientemente graves como para causar ceguera. Algunos ejemplos son:

- Degeneración macular: Enfermedad que destruye la agudeza de la visión central.
- Enfermedad diabética del ojo.
- Desprendimiento de retina: Urgencia médica que ocurre cuando la retina se despega de la parte posterior del ojo.

- Retinoblastoma: Cáncer de la retina. Es más común en niños pequeños.
- Membrana epirretiniana: Tejido cicatricial en la mácula.
- Agujero macular: Pequeña ruptura en la mácula que suele ocurrir en personas mayores de 60 años.
- Cuerpos flotantes: Telarañas o pequeñas manchas en el campo de la vista. (MedlinePlus, 2016).

En el análisis de la retina existen diferentes procedimientos para analizar específicamente el disco óptico. La naturaleza de estos análisis cobra un amplio espectro de técnicas y métodos en diferentes áreas. Particularmente en la oftalmología los procedimientos médicos para poder diagnosticar algunas enfermedades relacionadas con la retina, son identificación directa o indirecta del disco óptico, partiendo de fotografías ópticas de la retina humana (De la Fuente, Garduño, & Cuevas, 2011).

Segmentación de imágenes

En el procesamiento de imágenes, la detección de objetos dentro de las imágenes, la mayoría de las veces se hace por medio de alguna propiedad característica del objeto u objetos que se pretenden detectar; propiedades como el tamaño, color, textura, y forma, las cuales son con frecuencia las más usadas (Ambriz, Avilés, Cano & Flores, 2015).

Para el procesamiento de la imagen del fondo de ojo, las propiedades importantes a detectar son: el tamaño, la forma, la textura, el color, los bordes o líneas, así como la unión de puntos o píxeles que representen una característica importante en la imagen.

La segmentación es el proceso de dividir una imagen digital en varias partes (grupos de píxeles) u objetos.

El objetivo de la segmentación es simplificar y/o cambiar la representación de una imagen en otra más significativa y más fácil de analizar.

El proceso de la segmentación de imagen tiene como objetivo establecer regiones en la misma, donde cada región es homogénea en relación a una característica determinada. En el ámbito del procesamiento de imágenes médicas es una herramienta de importancia, teniendo aplicaciones que incluyen simulaciones de cirugía, medición de volumen de tumores, clasificación de células sanguíneas, estudios de desarrollo cerebral, detección de micro-calcificaciones en mamografías y detección de tumores. Si bien existen una gran cantidad de técnicas de segmentación de imagen disponibles a la fecha, no existe aún un procedimiento estándar que se pueda utilizar en todas las aplicaciones de procesamiento de imágenes y producir resultados satisfactorios (Bankman, 2009).

El análisis y procesamiento de imágenes permite la extracción de información de éstas, y dentro de esta disciplina la segmentación permite la identificación de sus partes constituyentes. La segmentación de imágenes tiene aplicaciones en reconocimiento de patrones y sistemas de control de tráfico entre otros. Si se realiza la segmentación de imágenes al rubro de imágenes médicas, las aplicaciones van desde la detección de tumores y otras patologías hasta la medición de volúmenes en tejidos (Gavidia Calderón, 2014).

La segmentación cobra especial importancia en el ámbito de imágenes médicas, donde es común el uso de computadoras y técnicas de segmentación automáticas para delinear estructuras anatómicas, dado que la realización de estos procedimientos de manera manual es tediosa y demanda tiempo considerable (Pratx & Xing, 2011).

La segmentación de vasos sanguíneos en imágenes digitales permite tener un método no invasivo de diagnosticar enfermedades como diabetes, hipertensión y algunas enfermedades cardiovasculares, debido a las características detectadas en la imagen de la retina.

Puede servir en la implementación de programas para la detección temprana de varias enfermedades de la retina y también para la identificación biométrica basada en la forma de los vasos sanguíneos.

Una de las etapas en el análisis automático de imágenes oftalmoscópicas, es la de la segmentación de la red vascular. La tarea de la segmentación radica en tomar como archivo de entrada una imagen oftalmoscópica del fondo ocular y crear como archivo de salida una nueva imagen con la representación binaria de la red vascular completa. Una correcta segmentación de la red vascular es de gran importancia para el análisis de las imágenes, ya que de esta dependen las etapas de representación, descripción y extracción de características posteriores (Villalobos Castaldi & Felipe Riverón, 2008).

Los algoritmos de segmentación se basan en una de estas dos propiedades básicas de los valores del nivel de gris: discontinuidad o similitud entre los niveles de gris de píxeles vecinos.

Dada su importancia, varios procedimientos han sido definidos para afrontar esa tarea en gran medida, debido a que las características y naturaleza de la imagen a segmentar influyen en la selección del algoritmo. Las técnicas de segmentación pueden agruparse en técnicas basadas en umbrales, basadas en detección de bordes, basadas en regiones y en técnicas de transformación divisoria.

Asimismo, el desempeño de estas técnicas puede ser optimizado mediante el uso de herramientas avanzadas como algoritmos evolutivos, redes neuronales y lógica difusa (Raut, Raghuwanshi, & Dharaskar, 2009).

Las técnicas basadas en crecimiento de regiones tiene como punto de partida un píxel -o un grupo de píxeles- que pertenecen a la estructura de interés, donde estos píxeles pueden seleccionarse de manera manual o por un procedimiento automático.

El criterio de homogeneidad -también llamado prueba de uniformidad, puede ser la diferencia entre el valor de intensidad del píxel y la media del valor de intensidad dentro de la región. Un enfoque alternativo es comenzar con una segmentación inicial, y dividir las regiones que no satisfagan el criterio de uniformidad. En general, las técnicas basadas en regiones tienen la ventaja de generar regiones conectadas (Gavidia Calderón, 2014).

Metodología a desarrollar

La metodología para el desarrollo del sistema computacional está basada en el Proceso de Desarrollo de Software, que define las fases de análisis de requisitos, diseño y arquitectura del sistema, programación, realización de pruebas y la implementación del sistema. El modelo utilizado para realizar el proyecto de software es el Desarrollo Rápido de Aplicaciones (RAD), ya que se comprenden bien los requisitos y se limita el ámbito del proyecto.

Los proyectos de ingeniería tienen como objetivo que a partir de una problemática determinada, se logre desarrollar una alternativa de solución, poniendo en práctica sistémicamente y sistemáticamente los conocimientos teórico-experimentales.

Esta necesidad se ha generado a partir de la propia complejidad del mundo, en donde actualmente se demandan soluciones tecnológicas a problemáticas complejas y multicausales, en donde las herramientas metodológicas actuales no logran, en su totalidad, ofrecer los resultados deseados en las soluciones hasta ahora planteadas, sobre todo porque dichas herramientas metodológicas no fueron desarrolladas para este fin, y ello dificulta sensiblemente su aplicación para proyectos de ingeniería (Reyes, Soto & Elizarrarás, 2017).

Técnicas algorítmicas para la segmentación de imágenes

Existen varios tipos de algoritmos de visión artificial que han sido utilizados para captar patrones en imágenes obtenidas por un medio óptico. Cada uno de ellos tiene diferentes desempeños dependiendo del tamaño o del tipo de figura a reconocer, varían por la cantidad de luz y la posición de la imagen, sin embargo se desconoce cuál es el más eficiente para procesar la imagen y reconocer el patrón de la imagen (Alonso, Benítez, Morales, & Silva, 2016).

La segmentación de imágenes es el proceso de dividir una imagen digital en varias partes (grupos de píxeles) u objetos. Su objetivo es simplificar y/o cambiar la representación de una imagen en otra más significativa y más fácil de analizar. La segmentación se usa tanto para localizar objetos como para encontrar los límites de estos dentro de una imagen.

Una de las fases del diseño de la estructura del sistema, es el de identificar técnicas algorítmicas para la segmentación de imagen de la retina. Los algoritmos de segmentación se basan en los siguientes principios:

Discontinuidades del nivel de gris: Consisten en segmentar la imagen a partir de los cambios grandes en los niveles de gris entre los píxeles, por ejemplo la detección de líneas, de bordes, de puntos aislados, entre otros.

Similitud de niveles de gris: Es lo contrario al método anterior, las divisiones de la imagen se hacen agrupando los píxeles que tienen unas características similares. Algunas técnicas que usan esto son la umbralización, el crecimiento de regiones, etc.

Para realizar el análisis de una imagen ocular, primeramente se tiene que realizar una segmentación. En este proceso se divide la imagen en las partes u objetos que la forman, y el nivel al que se realiza esta subdivisión dependerá de la aplicación en particular, es decir, la segmentación terminará cuando se hayan detectado todos los objetos de interés para la aplicación.

En la mayor parte de los casos, una buena segmentación de imagen del fondo de ojo, dará lugar a una solución correcta, por lo que se debe poner todo el esfuerzo posible en esta etapa.

Para poder analizar la imagen, primero se debe convertir en un formato más apropiado para extraer las características; en este caso se convierte la imagen a una escala de grises, en donde cada píxel es representado con un único valor entre 0 y 255, el cual representa que tan oscuro es el mismo.

Detección de puntos

El método más común de buscar discontinuidades en una imagen, es su correlación con una máscara. Un punto aislado de una imagen tiene un tono de gris que difiere significativamente de los tonos de gris de sus píxeles vecinos, es decir, de los ocho píxeles de su entorno 3x3. Una máscara para detectar un punto aislado es la siguiente:

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Esto significa que el pixel (i, j) es un punto aislado si:

$$|g(i,j)| > T \quad (1)$$

Donde T es el valor umbral fijado por el decisor. Dicho valor depende de la aplicación que se esté realizando.

Detección de líneas

Una línea es una secuencia de píxeles en la que dos píxeles consecutivos están conectados, es decir, son vecinos en un entorno 3x3 de alguno de ellos. Cada píxel se puede conectar con alguno de sus 8 píxeles vecinos, y por lo tanto, se tendrá sólo 4 direcciones (tramos lineales) posibles: horizontal, vertical, de 45° y de -45°.

Detección de bordes

La detección de bordes es el procedimiento empleado más habitualmente para la detección de discontinuidades. Un borde o arista es la frontera entre dos regiones cuyos tonos de gris difieren significativamente o tienen propiedades diferentes, como ocurre en el caso de texturas. Si se requiere detectar los bordes se pondrá énfasis en los cambios bruscos de los niveles de gris de píxeles vecinos y suprimir aquellas áreas con valores de gris constantes.

Las técnicas de segmentación basadas en los bordes, son adecuadas cuando las regiones son suficientemente homogéneas de manera que la transición entre regiones se pueda realizar en base a los tonos de gris. En caso contrario es más adecuado utilizar las técnicas de segmentación basadas en regiones.

Un borde local (eje o arista local), es un píxel cuyo nivel de gris difiere significativamente del nivel de gris de algunos píxeles de su entorno. Es decir, hay diferencia de contraste local.

Ello se debe esencialmente a dos situaciones.

a). El píxel forma parte del borde entre dos regiones diferentes de la imagen (cada región tiene cierta homogeneidad en sus niveles de gris, con respecto a algún criterio de homogeneidad).

b). El píxel forma parte de un arco muy fino sobre un fondo de diferente nivel de gris.

Resultados

Una de las herramientas utilizadas para la segmentación de la imagen es el uso de la librería OpenCV (Open Source Computer Vision Library), la cual es una biblioteca libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel. Desde su creación se ha utilizado en infinidad de aplicaciones, desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicaciones de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto es debido a que su publicación se da bajo licencia BSD, que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación.

OpenCV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows. Contiene más de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), calibración de cámaras, visión etérea y visión robótica.

El lenguaje nativo de OpenCV es C/C++, el cual toma la base del lenguaje C, y es un lenguaje que abarca tres paradigmas de la programación: Programación Estructurada, Programación Genérica, y Programación Orientada a Objetos.

El lenguaje C++ fue creado por Bjarne Stroustrup en los laboratorios de At&T en 1983. En la actualidad, el C++ es un lenguaje versátil, potente y general, y es una de las mejores herramientas para el desarrollo de aplicaciones (Bustamante, y otros, 2004).

OpenCV proporciona unos tipos de datos básicos para su utilización. También provee de tipos de datos introducidos como ayuda al programador, para hacer que el acceso a la información de interés sea más simple.

Para implementar la acción de abrir imágenes utilizando OpenCV, se hace uso de la función `cvLoadImage`.

$$img = cvLoadImage(fileName, flag). \quad (2)$$

Para convertir un píxel de una imagen en color a uno en escala de grises con OpenCV, se suele hacer un promedio ponderado de la intensidad de cada uno de los tres colores en donde a cada color se le asigna un peso.

Al ser un promedio ponderado la suma de los tres pesos debe ser igual a 1. Los pesos utilizados por OpenCV se muestran en la fórmula.

$$gris = 0,2989 * rojo + 0,5870 * verde + 0,1140 * azul \quad (3)$$

Dentro de las funciones que tiene OpenCV para la manipulación de imágenes se encuentra `cvtColor` la cual puede convertir una imagen de un color a otro; por ejemplo, si se utiliza `cvtColor` con imágenes de 8 bits, la conversión tendrá alguna información perdida.

Para muchas aplicaciones, esto no va a ser notable, pero se recomienda el uso de imágenes de 32 bits en aplicaciones que necesitan toda la gama de colores o que conviertan una imagen antes de una operación y luego convertirla de nuevo.

En este caso para convertir la imagen en escala de grises se puede utilizar la siguiente función:

```
cvtColor(image,gray_image,CV_RGB2GRAY);
```

(4)

Las transformaciones dentro del espacio RGB como la adición / eliminación, se realiza invirtiendo el orden de los canales, la conversión a color de RGB de 16 bits (R5: G6: B5 o R5: G5: B5), así como la conversión a escala de grises.

Para realizar pruebas en el proceso de segmentación y análisis de la imagen de la retina, se utilizan las muestras de las imágenes contenidas en la base de datos DRIVE, la cual fue mencionada con anterioridad.



Figura 2 Conversión a escala de grises la imagen del fondo de ojo

Fuente: Imagen segmentada a partir de imágenes contenidas en la base de datos DRIVE.

Algoritmo de Canny

El algoritmo de Canny permite un conocimiento de contornos óptimo, y cuyo resultado es una evaluación a través de una comparación futura; presenta gran adaptabilidad para diversos tipos de imágenes, además de que su eficiencia sigue siendo alta a pesar de que dichas imágenes presenten ruido (Alonso, 2016).

En términos generales el algoritmo de Canny consiste en los siguientes pasos: Obtención del gradiente, supresión no máxima, histéresis de umbral, y cerrado de contornos.

Detector de bordes Canny.

La detección de bordes Canny es una técnica para extraer información estructural útil de diferentes objetos de visión y reducir drásticamente la cantidad de datos a procesar. Fue desarrollado por John F. Canny en 1986.

El algoritmo de Canny es usado para detectar todos los bordes existentes en una imagen. Este algoritmo está considerado como uno de los mejores métodos de detección de contornos mediante el empleo de máscaras de convolución y basados en la primera derivada. Los puntos de contorno son como zonas de píxeles en las que existe un cambio brusco de nivel de gris (Valverde, 2014).

Canny ha encontrado que los requisitos para la aplicación de detección de bordes en diversos sistemas de visión son relativamente similares. Por lo tanto, una solución de detección de bordes para abordar estos requisitos se puede implementar en una amplia gama de situaciones. Los criterios generales para la detección de bordes incluyen:

1. Detección de bordes con baja tasa de error, lo que significa que la detección debe captar con precisión los bordes que se muestran en la imagen como sea posible.
2. El punto de bordes detectados desde el operador debe localizarse con precisión en el centro del borde.
3. Un borde determinado en la imagen sólo debe marcarse una vez, y cuando sea posible, el ruido de la imagen no debe crear bordes falsos.

Para satisfacer estos requisitos, Canny utilizó el cálculo de variaciones; La función óptima en el detector de Canny se describe por la suma de cuatro términos exponenciales, pero puede ser aproximada por la primera derivada de un Gaussiano.

Entre los métodos de detección de bordes desarrollados hasta ahora, el algoritmo de detección de bordes Canny es uno de los métodos más estrictamente definidos que proporciona una detección buena y fiable.

El proceso del algoritmo de Canny en la detección de bordes se puede dividir en 5 pasos diferentes:

1. Aplicar filtro gaussiano para suavizar la imagen con el fin de eliminar el ruido.
2. Encontrar los gradientes de intensidad de la imagen.
3. Aplicar supresión no máxima para eliminar la respuesta espuria a la detección de bordes.
4. Aplicar doble umbral para determinar los bordes potenciales.
5. Borde de la oruga por histéresis: Finalizar la detección de los bordes suprimiendo todos los otros bordes débiles y no conectados a bordes fuertes.

En la siguiente figura se observa el resultado de procesar una imagen de fondo de ojo; esta muestra es obtenida de la base de datos DRIVE, a la cual se le aplicó el algoritmo de Canny para la detección de bordes.

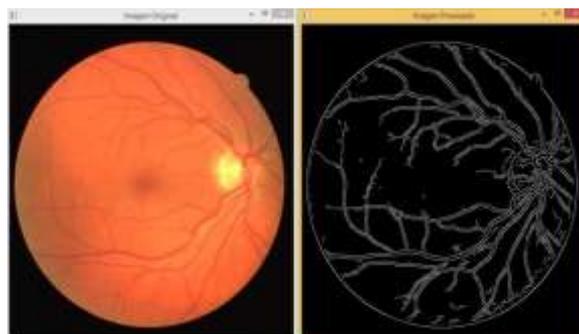


Figura 3 Detección de bordes mediante el algoritmo Canny

Fuente: Imagen procesada a partir de imágenes contenidas en la base de datos DRIVE

Con este procedimiento se pueden identificar las venas y arterias del fondo de ojo; la arteria central de la retina puede constituir un solo vaso central o ingresar al ojo en un número variable de troncos, que se consideran variantes anatómicas normales.

Procesamiento de la imagen del fondo de ojo

Otro tipo de operaciones que pueden realizarse para la segmentación de la imagen del fondo de ojo, es la utilización de funciones básicas de OpenCv para tener acceso a los valores de intensidad de píxeles que contiene la imagen. Una de estas funciones es generar una matriz de puntos 2D para una imagen de escala de grises, la cual contiene un valor numérico correspondiente a la intensidad cuyo valor se encuentra entre 0 y 255.

En seguida se puede realizar una comparación sobre cada píxel para poder encontrar similitudes que ayuden a identificar ciertas áreas importantes del fondo de ojo.

En la siguiente figura se observa la detección del disco óptico del fondo de ojo, de una imagen de muestra contenida en la base de datos DRIVE.



Figura 4 Detección del Disco Óptico del fondo de ojo

Fuente: Imagen procesada a partir de imágenes contenidas en la base de datos DRIVE

Con el uso de funciones básicas mediante OpenCv para la manipulación de imágenes, se ha podido detectar la Papila o Disco Óptico, el cual corresponde a la cabeza del nervio óptico por donde las fibras ganglionares retinales confluyen e ingresan al tracto óptico. Normalmente tiene un color amarillo claro o rosáceo, redonda u oval (diámetro aproximado de 1,5 mm) en dirección vertical, plana (ni más adelante ni más atrás de la retina) y de bordes netos; su proyección espacial determina el punto o mancha ciega del campo visual (Mancha de Marriotte).

Así mismo mediante el uso de estas funciones que permiten obtener la imagen como una matriz 2D o 3D, y sus valores de intensidad de píxeles; se pueden detectar las estructuras oculares de la retina más importantes para su análisis; algunas de ellas son: La mácula, la fovea central, las arterias y venas centrales de la retina, entre otras.

Al identificar las áreas importantes del fondo de ojo, se podrá detectar cuando existan ciertas anomalías en la imagen que no corresponda a una retina saludable y que indiquen alteraciones o características específicas de algún padecimiento, para que el médico pueda realizar un diagnóstico oportuno en la detección de algunas enfermedades relacionadas con la retina.

Conclusiones

Con el procesamiento y análisis de imágenes digitales del fondo de ojo, se pueden obtener características estructurales de la retina que sirvan de apoyo en la detección y/o evaluación clínica de enfermedades relacionadas con la retina.

Para la obtención de la imagen del fondo de ojo, es necesario utilizar un oftalmoscopio, un adaptador, y un dispositivo que permita capturar la imagen; este dispositivo puede ser un teléfono inteligente que contenga una cámara integrada y pueda adaptarse a la herramienta médica.

Gracias al uso de la programación estructurada, y a la utilización de algoritmos pertenecientes a la librería OpenCv para la segmentación de la imagen, se puede obtener de la misma un pixel o un grupo de píxeles que pertenezcan a estructuras de interés para su análisis y procesamiento.

Se pretende dar continuidad a esta investigación en trabajos futuros, para realizar un sistema móvil que permita enviar la imagen del fondo de ojo capturada hacia un servidor que realice la segmentación de la imagen, así como la descripción de las estructuras más importantes de la retina, y que la información procesada sea devuelta al dispositivo móvil, complementando así el procedimiento de la evaluación clínica.

En general, la segmentación de imágenes digitales del fondo de ojo permite tener un método no invasivo para poder describir y extraer características que ayuden a detectar y diagnosticar enfermedades vinculadas con la retina.

Referencias

- Alonso L., Benítez C., Morales O., & Silva D. (2016). Análisis de algoritmos para reconocimiento de imágenes digitales. *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's. ECORFAN. Vol.2 No.5* 82-93.
- Ambriz C. F., Avilés F. J., Cano R. J., & Flores P. J. (2015). Desarrollo de Interfaz Gráfica para la Experimentación de la Detección de células. *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's. ECORFAN. Vol.1 No.1* 70-74.
- Bankman, I. (2009). *Handbook of Medical Image Processing and Analysis*. San Diego, California: In-Chief.
- Bustamante, P., Aguinaga, I., Aybar, M., Olaizola, L., Lazcano, I. (2004). *Aprenda C++ Básico como si estuviera en primero*. Tecnun.
- De la Fuente, J. A., Garduño, E., & Cuevas, F. J. (2011). Estado actual de las técnicas computacionales para la valoración del disco óptico en glaucoma. *Memorias del Congreso Mexiquense CTS+I*, 155-161.
- eDiagnostic. (2017). *Oftalmología*. Obtenido de <http://www.ediagnostic.es/especialidades/teleoftalmologia>
- Fernández, A. (2012). Técnica de exploración del fondo de ojo. *AMF Actualización en Medicina de Familia*, 383-387.
- Gavidia, C. G. (2014). Segmentación de imágenes médicas mediante algoritmos de colonias de hormigas. San Miguel.
- HERALDO. (04 de Octubre de 2016). Las enfermedades cerebrales se manifiestan en la retina del ojo. Obtenido de <http://www.heraldo.es/noticias/suplementos/salud/2016/10/04/las-enfermedades-cerebrales-manifiestan-retina-del-ojo-1093558-1381024.html>
- J.J. Staal, M.D. Abramoff, M. Niemeijer, M.A. Viergever, B. van Ginneken, "Ridge based vessel segmentation in color images of the retina", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2004, vol. 23, pp. 501-509.
- Kalbakdij, S., Lebrero, P., & Sánchez, S. (2009). *Aplicaciones del tratamiento inteligente de imágenes*. Universidad Complutense de Madrid.
- Li, H., Ko, L., Lim, J. H., Liu, J., Wong, T. Y., & Sun, Y. (2008). Automatic opacity detection in retro-illumination images for cortical cataract diagnosis. *2008 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 553-556.
- Litewka, S. (2005). Telemedicina: Un desafío para América Latina. *Acta Bioethica* 2005; 11(2), 127-132.
- Marcano, R. J. (2015). *Medicina Preventiva Santa Fe*. Obtenido de http://www.medicinapreventiva.com.ve/fondo_ojo.htm
- Marckmann, G., & Goodman, K. W. (2006). Introduction: Ethics of Information Technology in Health Care. *IRIE Introduction: Ethics of Information Technology in Health Care*, 2-5.
- MedlinePlus. (2016). *Enfermedades de la retina*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/retinaldisorders.html>
- Montaño, L. M. (2007). *Imagenología y detectores*. Cinvestav, 16-23. Obtenido de *Montaño Zetina*.
- Morales, H. I., Sánchez, J. C., & Díaz Méndez, J. A. (2016). Cataract Detection Techniques: A Review. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, VOL. 14, NO. 7, 3074-3079.

OpenCV. (2014). OpenCV 2.4.10.0 documentation. Obtenido de <http://www.swarthmore.edu/NatSci/mzucker1/opencv-2.4.10-docs/index.html>

Pratx, G., & Xing, L. (2011). GPU computing in medical physics: A review. *Medical Physics*, Vol. 38, No. 5, May 2011, 2685-2697.

Raut, S. A., Raghuwanshi, M., & Dharaskar, R. (2009). Image Segmentation – A State-Of-Art Survey for Prediction. *Advanced Computer Control, 2009. ICACC '09. International Conference on.*

Reyes, R., Soto, L., & Elizarrarás, R. (2017). La innovación tecnológica a través de proyectos de ingeniería con enfoque sistémico. *Revista de Aplicación Científica y Técnica. ECORFAN. Vol.3 No.7 41-50.*

Russo, A., Morescalchi, F., Costagliola, C., & Semeraro, F. (2014). Comparison of Smartphone Ophthalmoscopy With Slit-Lamp Biomicroscopy for Grading Diabetic Retinopathy. *American Journal of Ophthalmology* 159(2), 360-364.

Srinivasan, V. (2003). Instrumentos y Equipos Oftalmológicos. Instituto Lions Aravind De Oftalmología Comunitaria.

Valverde, J. (2014). Detección de bordes mediante el algoritmo de Canny. Escuela Académico Profesional de Informática. Universidad Nacional de Trujillo.

Villalobos, F. M., & Felipe, E. M. (2008). Segmentación de la red vascular en imágenes de retina basado en la matriz de coocurrencia de niveles de gris. Conference: IXX Simposio Mexicano De Cirugía Asistida Por Computadora Y Procesamiento De Imágenes Médicas/MEXCAS 2008.

Yang, M., Yang, J.-J., Zhang, Q., & Li, J. (2013). Classification of retinal image for automatic cataract detection. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) Conference Proceedings: 674.

Zhou, Z., Huang, C.-C., Shung, K. K., Tsui, P.-H., Fang, J., Ma, H.-Y., Lin, C.-C. (2014). Entropic Imaging of Cataract Lens: An In Vitro Study. *PLoS ONE* 9(4): e96195. doi:10.1371/journal.pone.0096195.

Algoritmo criptográfico con semilla caótica y generador congruencial para fortalecer la seguridad de los datos transmitidos de forma inalámbrica

ELIZALDE-CANALES, Francisca Angélica*†, RIVAS-CAMBERO, Iván de Jesús, ARROYO-NÚÑEZ, José Humberto y RUEDA-GERMÁN, Clementina

Recibido Julio 13, 2017; Aceptado Septiembre 15, 2017

Resumen

Los algoritmos criptográficos juegan un papel importante en la seguridad de la información, principalmente en el fortalecimiento de la privacidad de los datos. Los sistemas caóticos pueden ser empleados en la codificación de la información, debido a su inestabilidad orbital y ergodicidad. En este trabajo se propone la aplicación de un algoritmo de cifrado de clave simétrica basado en funciones caóticas de mapeo logístico para generar subclaves de cifrado a través semillas impredecibles extraídas de las zonas caóticas para aumentar su nivel de aleatoriedad. El algoritmo es aplicado sobre una señal simulada de consumo de energía eléctrica. Se genera un criptograma, el cual es analizado estadísticamente para determinar el grado de impredecibilidad; se obtienen propiedades adecuadas en términos de calidad de la aleatoriedad, mismos que son validados con las pruebas estadísticas que establece El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

Algoritmo de cifrado, pruebas estadísticas, criptograma, descifrado

Abstract

The cryptographic algorithms play an important role in the security of the information for the strengthening of the privacy. Chaotic systems can be used in the coding of information, due to their orbital instability and ergodicity. This work proposes the application of a symmetric key cryptographic algorithm based on chaotic logistical mapping functions to generate encryption subkeys through unpredictable seeds extracted from the chaotic zones to increase their level of randomness. The algorithm is applied on a simulated electrical energy consumption signal. A cryptogram is generated, which is statistically analyzed to determine the degree of unpredictability; appropriate properties are obtained in terms of quality of randomness, which are validated with the statistical tests established by the National Institute of Standards and Technology (NIST). Application of seed Congruential to strengthen the security of the data transmitted wirelessly.

Encryption algorithm, statistical tests, cryptogram, decryption

Citación: ELIZALDE-CANALES, Francisca Angélica, RIVAS-CAMBERO, Iván de Jesús, ARROYO-NÚÑEZ, José Humberto y RUEDA-GERMÁN, Clementina. Algoritmo criptográfico con semilla caótica y generador congruencial para fortalecer la seguridad de los datos transmitidos de forma inalámbrica. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-3: 38-49

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: francisca.elizalde@upt.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En el contexto de la energía eléctrica, se plantea la importancia de la gestión de la demanda eléctrica con base en los múltiples beneficios que traen tanto a los consumidores como a los proveedores de servicios (Moreno-Dzul, 2016); la medición inteligente puede aportar grandes beneficios, como la posibilidad de devolver información al consumidor acerca de su consumo energético, con lo que puede contribuir hacia el uso eficiente de energía, potenciales ahorros energéticos y progresos al preservar el medio ambiente (Trejo-Guerrero, 2016). Sin embargo los datos de consumo recogidos pueden ser analizados utilizando técnicas de monitoreo de carga para deducir actividades de los consumidores. Las lecturas de los medidores permiten inferir patrones de comportamiento como el momento en que un cliente deja su hogar, enciende la lavadora o se va a la cama. Por esta razón, las soluciones de medición inteligente deberían proporcionar mecanismos para la preservación de la privacidad (Tonyali, Akkaya, Saputro, Uluagac & Nojournian, 2017).

Por lo tanto, las amenazas típicas de privacidad incluyen, pero no se limitan a la determinación de pautas de comportamiento personal, la determinación de los aparatos específicos utilizados; y realizar la vigilancia en tiempo real (Tonyali, 2016). Por ende, es indispensable utilizar mecanismos de seguridad, que permitan resguardar la información de algún ciberataque, siendo la criptografía unos de los más utilizados, debido a que se encarga de ocultar los datos ante terceros, proporcionando confidencialidad mediante algún método de cifrado identificando fortalezas y debilidades en términos de su complejidad en la implementación, eficiencia, robustez y simplicidad. (Mogollon, 2007).

Bajo la consideración de que, el caos es un comportamiento de un sistema dinámico que cambia de manera irregular en el tiempo, muchos métodos o esquemas de comunicación segura se han desarrollado para cifrar información basándose en sistemas discretos caóticos (Rajan & Saumitr, 2006). Existe una relación cercana entre el caos y la criptografía porque los sistemas caóticos tienen características de ergodicidad, propiedades de mezcla, sensibilidad en los parámetros y en las condiciones iniciales, que pueden considerarse análogos a las técnicas de difusión y confusión, integrados en muchos sistemas criptográficos (Jiménez, Flores, & González, 2015).

Para abordar el problema de seguridad (Li, Luo, & Liu, 2010), presentan una distribución gradual en el que agregan cifrado homomórfico a los medidores inteligentes implicados en el envío de datos, desde la fuente hasta la unidad de recolección, para garantizar que los resultados intermedios no sean revelados a cualquier dispositivo en la ruta. Se emplea el cifrado parcialmente homomórfico y datos seguros como esquemas de ofuscación para evitar a fisgones de hacer inferencias acerca de la actividad de los consumidores (Saputro, 2014).

Siendo la clave de cifrado una representación de la información específica que se necesita para el buen funcionamiento de un sistema criptográfico, compuesta por lo general de varios parámetros que se utilizan para inicializar y operar el sistema de cifrado. La criptografía moderna se concentra en sistemas criptográficos que están protegidos contra diferentes ataques cibernéticos. Uno de los ataques más comunes es el ataque de fuerza bruta en el que se trataron todas las combinaciones posibles de la clave de cifrado (Radwan, AbdElHaleem, & Abd-El-Hafiz, 2016).

La historia de la criptografía nos da pruebas de que puede ser difícil mantener en secreto los detalles de un algoritmo usado extensamente. Una clave suele ser más fácil de proteger, que todo un sistema de cifrado, y es más fácil de substituir si ha sido descubierta.

Por tanto, la seguridad de un sistema de cifrado descansa en la mayoría de los casos, en que la clave permanezca secreta. Al diseñar un sistema de seguridad, es recomendable asumir que los detalles del algoritmo de cifrado ya son conocidos por el hipotético atacante, como se enuncia en el principio de (Kerckhoff, 1983), sólo el mantener la clave en secreto proporciona seguridad. En cuanto al periodo de uso: una clave se vuelve más insegura cuanto mayor sea el tiempo que se ha estado utilizando, es por ello que debe renovarse con regularidad, aunque hayan sido generadas con la mayor aleatoriedad posible.

La criptografía ha sido aplicada en varios sectores críticos donde se requiere reforzar la seguridad cibernética. El sector de la energía eléctrica, se vuelve cada vez más vulnerable debido a que, en una red eléctrica inteligente además de la conexión con generación, transmisión, distribución, también se incluyen a los consumidores, todos ellos interconectados bajo las tecnologías de la comunicación y la información, proporcionada esta interacción por medio de medidores inteligentes que podrían exhibir accesos no autorizados a la privacidad del consumidor, lo que se convierte en una preocupación en el manejo de información ante la posibilidad cada vez mayor de ataques cibernéticos (Zeadally, Pathan, Alcaraz, & Badra, 2013).

Al realizar un cifrado, se dificulta o imposibilita a comprensión de la información a personas ajenas (Hennawy, Omar, & Kholaf, 2015). Y con ello se aumenta la entropía que se define como el desorden de un sistema, es decir, su grado de homogeneidad.

Shannon, denominado el padre de la teoría de la información en 1948, determina la entropía como la incertidumbre de una fuente de información. Mucha entropía indica gran impredecibilidad. El concepto de entropía basado en la teoría de la información es en realidad la medida de la inconsistencia, los datos no estructurados o la aleatoriedad de las variables, siendo menos vulnerable cuanto más entropía contenga (Kumar, Abhishek, & Singh, 2015).

En este trabajo se propone el desarrollo de un algoritmo de cifrado simétrico ligero, para fortalecer la protección de la privacidad de los datos. El algoritmo se conforma de dos métodos combinados; mapeo logístico acoplado con generador congruencial lineal, con el objetivo de aplicarlo para cifrar una serie de datos de señal de consumo de energía eléctrica simulada. Se hacen pruebas estadísticas al criptograma, se validan y se obtienen resultados aceptables a través de la suite para generadores de números aleatorios y pseudoaleatorios del NIST.

Metodología

A continuación, se describen los métodos acoplados utilizados para el diseño del algoritmo de cifrado; donde se incluye generador congruencial lineal y mapeo logístico debido a sus características computacionales. Consiguiendo robustecer la clave, dado que la fortaleza de la criptografía reside en la elección de las claves, las cuales son parámetros secretos y no debe haber posibilidad de que un intruso pueda averiguarla.

Generador Congruencial Lineal

La generación de números pseudo-aleatorios juega un papel crítico en gran número de aplicaciones tales como, simulaciones numéricas, las comunicaciones o la criptografía.

Un generador de números pseudoaleatorios se define como un algoritmo que permite generar secuencias de números con algunas propiedades de aleatoriedad. Las principales ventajas de tales generadores son la rapidez y la repetitividad de las secuencias de pseudo-aleatorios producidos. En la práctica, la generación de números pseudo-aleatorios no es trivial y la calidad aleatoriedad de la secuencia producida puede ser esencial en la elección de la aplicación (François, Grosge, Barchiesi, & Erra, 2014).

Los generadores de números pseudoaleatorios son de vital importancia en muchas aplicaciones criptográficas para la generación de claves y códigos de acceso. Uno de los generadores más antiguos y sencillos es el generador de congruencia lineal, propuesto por D.H. Lehmer en 1949, que consiste en, a partir de un número inicial llamado semilla, generar una secuencia por recurrencia; cuya relación es:

$$X_{n+1} = (aX_n + c) \text{ mod } m \quad (1)$$

Donde debe tenerse en cuenta que los valores a , X_n y c tienen que ser mayores que cero. Y la variable m , tiene que ser un número primo suficientemente mayor que los tres anteriores.

Este tipo de generador es computacionalmente rápido y de fácil implementación; sin embargo, posee propiedades no tan ideales, como la producción de secuencias de valores que se repiten con un período máximo de $m-1$, por otra parte, las secuencias producidas por un generador congruencial lineal son muy sensibles a cambios en sus parámetros, lo cual es una propiedad útil (Pareek, Patidar, & Sud, 2003).

Mapeo logístico

La aplicación logística ha sido usada como generador de números pseudo-aleatorios.

Para este fin en (Phatak, & Suresh, 1993), se han realizado ciertas pruebas estadísticas sobre las series de números obtenidas de este sistema dinámico discreto y se ha encontrado que cumplen satisfactoriamente y por tanto posee muchas de las propiedades requeridas por un generador de números pseudo-aleatorios.

El mapeo logístico, presenta una dinámica muy rica, y dependiendo del valor de un parámetro, se puede tener trayectorias que tienden a un punto fijo, que son periódicas o bien caóticas. Este sistema dinámico, es uno de los modelos discretos más simples utilizado para el estudio de la evolución de población en sistemas cerrados, que viene dado por la siguiente función (May, 1976):

$$x_{t+1} = \mu x_t(1 - x_t) \quad (2)$$

Donde μ , es una constante, llamada parámetro de control, que determina el grado de no-linealidad del mapa, y x_t , es la variable de estado que determina la secuencia (x_0, x_1, x_2, \dots) de la trayectoria u órbita correspondiente a la condición inicial x_0 . En el que la constante μ oscila entre $0 < \mu < 4$. El espacio de fases del sistema es en el intervalo $[0,1]$.

Los sistemas dinámicos discretos evolucionan en el tiempo por el proceso de iteración, en el que el siguiente estado del sistema viene determinado por su estado actual. El comportamiento de la función (2): bajo los parámetros de μ y x_t : cuando $0 \leq \mu \leq 4$, y $0 \leq x_t \leq 1$; f es una parábola, la cual es iterada. $x_1 = f(x_0)$, $x_2 = f(x_1) = f_2(x_0) \dots$ $x_t = f(x_{t-1}) = f_t(x_0)$, donde x_t , es la nueva iteración de x_0 y el conjunto de todas las iteraciones es el mapeo de f .

La función logística es interesante porque reúne, en un solo sistema unidimensional y dependiente solo de un parámetro, un abanico de comportamientos diversos para las trayectorias x_t , cuando se varía el valor de μ y/o x_t ,

Se dice que sus características dinámicas son universales en ese sentido. Ejemplos de estos rasgos son la sensibilidad a las condiciones iniciales, la ruta al caos por duplicación de periodo o el fenómeno de la intermitencia.

Experimentación

Se hace un acoplamiento del mapeo logístico con el generador congruencia lineal, dadas las características de ambos que al complementarse aumenta la impredecibilidad de la clave de cifrado, y se mejora la seguridad de la información para dificultar la intrusión al código.

Dentro de los sistemas discretos caóticos uno de los más utilizados para codificar información es el mapa logístico, esto se debe a que es muy sencillo, rápido y sensible a las condiciones iniciales y al parámetro de control (Mao, Chen, & Lian, 2004). El mapa logístico se define en la ecuación (2), En nuestro caso de estudio la variable $x_i \in (0,1)$ y $\mu \in (3.85, 4)$ para estar dentro de la zona de caos (Clark, 1995).

Como puede apreciarse en la figura 1 A, el sistema presenta bifurcación de periodo con μ cercano a 3, de este punto en adelante la bifurcación de periodo es cada vez más frecuente generando comportamiento caótico. En la figura se señala con un rectángulo el área que será aprovechada en este caso. Donde para garantizar la impredecibilidad de las secuencias, es necesario utilizar una semilla que se encuentre dentro de la zona en que el sistema se comporta de forma caótica. Por éste motivo se utilizarán los resultados obtenidos donde se muestra el análisis dinámico de generadores caóticos, evaluándolos a través de los exponentes de Lyapunov, con el fin de delimitar el rango del parámetro que garantice un comportamiento impredecible, como se observa en el rectángulo a la derecha en la figura 1B.

El exponente de Lyapunov cuantifica el grado de "sensibilidad a las condiciones iniciales" (es decir, la inestabilidad local en un espacio de estados) mediante la ecuación siguiente:

$$\lambda = \lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \ln |f'(x_i)| \right\} \quad (3)$$

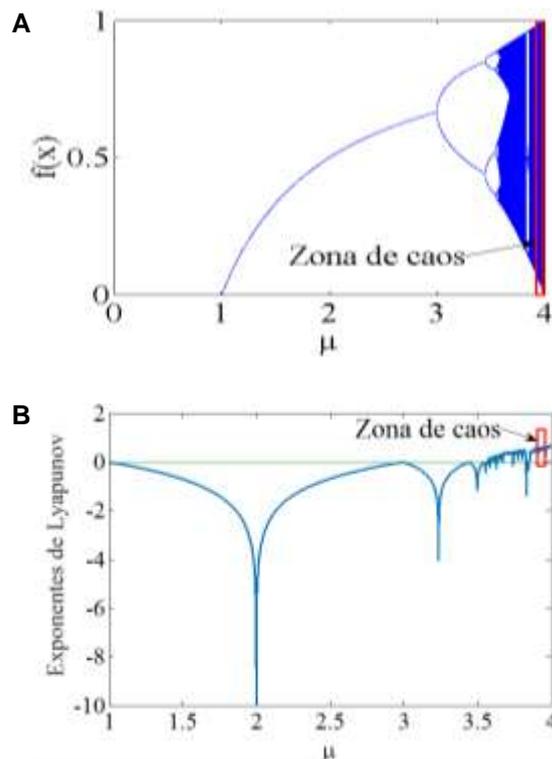


Figura 1 (A) Diagrama de bifurcación de mapeo logístico, (B) Diagrama exponentes de Lyapunov

Fuente: May, 1976.

Que puede definirse como el promedio del logaritmo natural del valor absoluto de las derivadas de la función del mapeo evaluadas en los puntos de la trayectoria.

Con los parámetros y condiciones iniciales se generan series de números que son utilizados como semilla para complementar la llave de cifrado aplicando la técnica de confusión que consiste en ocultar la relación entre la información original, la cifrada y la clave.

Resultados experimentales

Se propone un algoritmo para fortalecer la seguridad en datos generados por un prototipo de medición de consumo de energía eléctrica, buscando mantener el equilibrio entre la seguridad y el rendimiento, sin comprometer el costo en términos de recursos computacionales. El algoritmo está conformado por la fusión de los métodos matemáticos antes mencionados, debido a su facilidad y alto rendimiento en esta clase de procesos, añadiendo pruebas para su desarrollo y compilación que permiten el análisis de resultados.

El diagrama de bloque de la figura 2, representa el esquema compacto del algoritmo propuesto que incluye los procesos y procedimientos que integran el cifrado completo, se ilustra la mezcla de las ecuaciones generadoras de secuencias pseudoaleatorias bajo la función de disyunción exclusiva Xor con el fin de que esta mezcla generada sea útil para obtener las subclaves que cifraran la información de la señal de consumo de energía eléctrica.

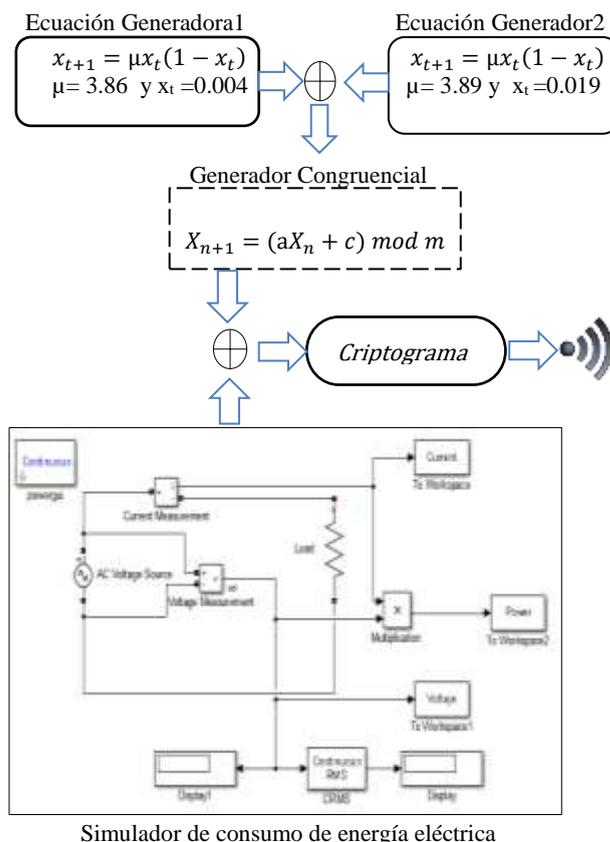


Figura 2 Diagrama de bloques del algoritmo de cifrado

Fuente: elaboración propia

El proceso de descifrado es muy similar al mostrado en la figura 2, no obstante en este caso la señal cifrada es utilizada para realizar la mezcla con la secuencias de los generadores pseudoaleatorios a través de la operación lógica Xor recuperando nuevamente la señal original. Vale la pena señalar que el sistema de generadores pseudoaleatorios utilizado para el descifrado, debe estar perfectamente sincronizado con las condiciones iniciales mencionadas anteriormente, para lograr el descifrado sin pérdida de datos.

Evaluación del cifrado

Para evaluar el algoritmo de cifrado propuesto previamente, el cual está enfocado para trabajar con señales de energía eléctrica y datos provenientes de un medidor digital de energía eléctrica en el marco de las redes inteligentes; se desarrolla un circuito de prueba de corriente alterna a 60 Hz, en el que se mide el voltaje y la corriente para calcular la potencia, y con ello la energía que consume una carga resistiva. En la figura 3A, se presenta la curva de consumo de energía eléctrica obtenida, cuando la carga resistiva es de 144Ω . Para este caso demostrativo, solo se presenta el consumo de energía en el trascurso de un tiempo de 10 segundos.

En las figuras 3 A y B puede apreciarse, el comportamiento de la señal original, que representa el consumo de energía, y su equivalente cifrada, respectivamente, esta última presenta un comportamiento con variación en la señal una vez que es afectada por el algoritmo de cifrado, en sus propiedades básicas, tendiendo a parecerse a una señal de ruido.

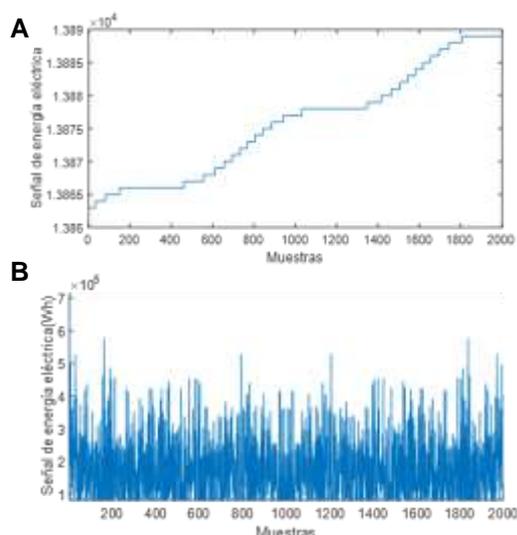


Figura 3 (A) Señal de energía eléctrica original. (B) Señal cifrada con el algoritmo propuesto

Fuente: elaboración propia

En la figura 3B, la señal cifrada; usando el algoritmo propuesto en esta sección. Utilizando como clave de cifrado la misma que para descifrado (simétrico), usando como semilla una serie de números impredecibles inútiles para un supuesto atacante.

La clave de cifrado es una representación de información específica que se necesita para el funcionamiento satisfactorio de un criptosistema. Por lo general, consiste en varios parámetros que se utilizan para inicializar y operar el criptosistema. La criptografía moderna se concentra en criptosistemas que están asegurados computacionalmente contra diferentes ataques. Uno de los ataques más comunes es el ataque de fuerza bruta, en el que se intentan todas las combinaciones posibles de la clave de cifrado. Por lo tanto, una clave de cifrado de longitud 128 bits o más se considera seguro contra ataques de fuerza bruta (Jimenez, 2015). Según el principio de Kerckhoff, la seguridad del algoritmo propuesto dependerá sólo del secreto de la clave utilizada en el proceso criptográfico empleado para ocultar la información sensible, y no en el secreto del algoritmo. En el algoritmo criptográfico propuesto, el espacio de clave es $2n$, donde n es la longitud de la clave en bits. En este caso, $n = 128$, porque se utilizan dos generadores de números pseudoaleatorios y se supone que cada mapa caótico utiliza dos variables con una longitud de 64 bits.

Para evaluar el criptosistema se divide en dos categorías principales, la primera incluye las pruebas estadísticas: coeficientes de correlación de datos, análisis de histogramas y valores de entropía y, la segunda incluye las pruebas de sensibilidad: un cambio de bit en el cifrado clave y el error cuadrático medio (Kumar, Abhishek, & Singh, 2015).

Pruebas estadísticas

Se realiza un análisis de correlación donde se mide la asociación lineal entre los datos originales y los datos cifrados, posteriormente se realiza la correlación con los datos cifrado y los descifrados, con la finalidad de determinar si existe alguna perdida de información al utilizar el algoritmo.

Con el fin de obtener medidas numéricas se calcula el coeficiente de correlación con la siguiente ecuación:

$$c = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (4)$$

Donde, n es el número de elementos en los dos vectores adyacentes x y y. Para datos fuertemente cifrados, los coeficientes de correlación se deben aproximar a cero (Weisstain, 2016).

Los histogramas permiten representar de forma gráfica cómo se distribuyen los datos. En las figuras 4 A y B, se muestra la distribución de los valores tanto en la señal original como en la señal cifrada, respectivamente. En el primer caso el histograma exhibe en el eje horizontal los valores de la señal en el rango de 13865 a 13890, donde, las barras más altas indican los valores que se repiten con mayor frecuencia. Por otra parte, en el segundo caso, el histograma de la señal cifrada, con el algoritmo propuesto, en el eje horizontal presenta valores de 0 a 16000.

Al comparar los histogramas de las figuras 4A y B, se puede observar que tienen diferente distribución en las frecuencias de la señal original respecto a la señal cifrada, mostrando rangos diferentes en el eje horizontal, lo cual, aumenta la dificultad al posible atacante para analizar y descifrar los datos codificados.

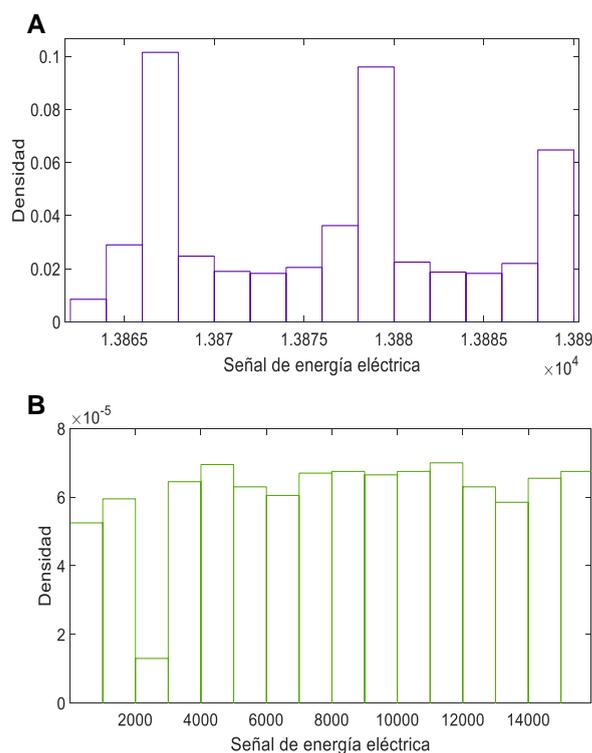


Gráfico 1 (A) Histograma de señal original (B) Histograma de señal cifrada

Fuente: elaboración propia

La entropía mide la incertidumbre de una fuente de información calculando la aleatoriedad de los datos, lo que permite evitar cualquier previsibilidad. La entropía está dado por:

$$H = \sum_{i=1}^8 P(S_i) \log_2 P(S_i) \quad (5)$$

Donde H, representa (entropía de Shannon) la sorpresa de un evento o su nivel de incertidumbre, S, un símbolo y P la probabilidad de aparición de este. Se considera que, entre más alto es el valor de H, más inesperado se hace la ocurrencia de dicho evento, en otras palabras se torna más aleatorio e impredecible (Kumar, Abhishek, & Singh, 2015).

Pruebas de sensibilidad

Los algoritmos fuertemente cifrados deben ser sensibles a cualquier pequeño cambio en los valores de entrada y producir una salida totalmente diferente. Cuantitativamente, las diferentes medidas se definen para la evaluación de los niveles de protección contra los ataques diferenciales (Jiménez-Flores, Flores, & González, 2015). La figura 5, corresponde a señales descifradas con el algoritmo propuesto, habiendo modificado sólo un bit en la clave. En la figura 5A, se muestra la señal descifrada con un cambio de bit en la clave y se puede observar que el resultado es completamente diferente al esperado.

Se corrobora que la sensibilidad de clave fue satisfactoria debido a que un cambio de un bit en la clave de cifrado condujo a un comportamiento completamente diferente en el proceso descifrado. En este sentido, ahora se modifica un valor en el parámetro m (número primo suficientemente grande) del generador de subclaves y por tanto se obtiene una señal totalmente diferente a la que representa los datos de la señal original como se puede apreciar en la figura 5B.

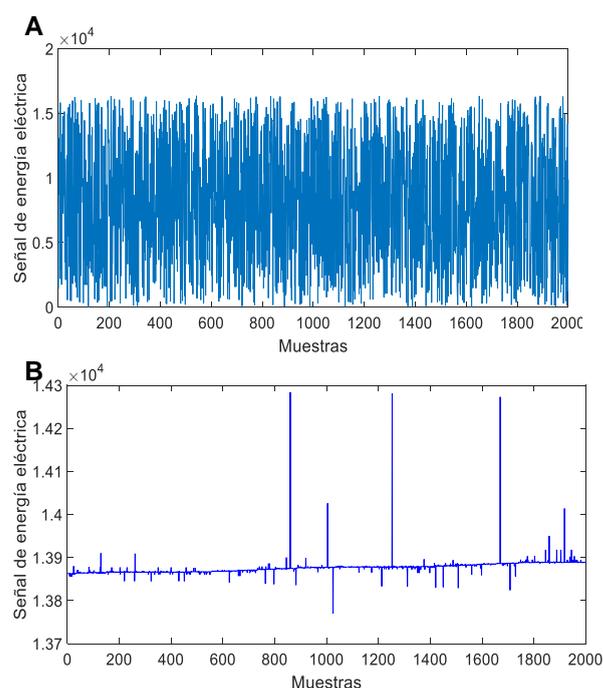


Figura 5 (A) Señal descifrada con cambio de un bit en la clave. (B) Señal descifrada con cambio en parámetro en generador de subclaves

Fuente: elaboración propia

Se manifiesta, que un buen proceso de cifrado muestra ser sensible a ligeros cambios en cualquiera de sus parámetros y, por lo tanto, un leve cambio en la clave o en alguno de los parámetros del generador de subclaves conduce a un comportamiento completamente diferente en el proceso de descifrado.

El error mide la variación entre la señal cifrada y la original, arrojando un valor de cero cuando no se efectúa variación en los parámetros. Esta sensibilidad se evaluó usando el error cuadrático medio, que indica hasta qué punto los datos descifrados difieren de los originales (Yamamoto, 1976)). El error cuadrático medio es calculado con la siguiente ecuación:

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2 \quad (6)$$

Donde \hat{Y} , es un vector de n predicciones y Y , es el vector de los valores originales.

Para la verificación de la aplicación de cifrado y descifrado al usar adecuadamente el algoritmo y la clave, la ecuación arroja un valor de cero. Lo que permite corroborar que la señal original es idéntica a la señal recuperada después del proceso de descifrado.

Para mostrar que los resultados simulados demuestran viabilidad y seguridad del algoritmo propuesto, se emplearon las pruebas estadísticas; se comprueba que efectivamente los datos que se obtienen provienen de secuencias con alto grado de aleatoriedad; con lo cual se dificulta para un atacante determinar algún orden en los datos, por lo que el cifrado se puede considerar válido y confiable. En la tabla 1, se muestran los resultados de algunas de las pruebas estadísticas aplicadas al criptosistema después del proceso de cifrado y los valores esperados en base a la evaluación aplicada.

Estadística	Obtenido	Esperado
Coefficiente de correlación	0.0022	0
Entropía	7.9045	8
Error cuadrado medio	0	0

Tabla 1 Concentrado de evaluaciones estadísticas

Fuente: *elaboración propia*

Validación del criptosistema usando el NIST Test Suite para Generadores de Números Aleatorios y Pseudoaleatorios 800-22rev1a (Bassham, L, Rukhin A, Soto J, Nechvatal, J, Smid M, Leigh S, et al., 2010).

La suite NIST evalúa la presencia de un patrón e indica si la secuencia es o no aleatoria. En cada prueba, se calcula un valor de P con un nivel de significancia de $\alpha = 1\%$. Un valor P mayor que α significa que la secuencia es aleatoria con un nivel de confianza del 99%.

El rendimiento estadístico del criptosistema se evaluó utilizando un conjunto de pruebas estadísticas con 1 Mbit, bajo un intervalo de parámetros en μ [3.86-4], y un intervalo de condición inicial en x_1 [0-1]. Bajo estas condiciones, el 75% de las pruebas experimentales realizadas son satisfactorias debido a las ventanas presentes en el diagrama de bifurcación. Cada valor de P correspondiente a una prueba particular con una significancia del 0.01 se presenta en la tabla 2 e indica la relación de secuencia de 1 Mbit que pasa cada una de las 15 pruebas específicas.

Prueba	Valor P obtenido	Conclusión
approximate entropy	0.809791	Aceptado
block frequency	0.491789	Aceptado
cumulative sums	0.412876	Aceptado
cumulative sums	0.312923	Aceptado
fft	0.804313	Aceptado
frecuency	0.406539	Aceptado
linear complexity	0.750305	Aceptado
longest runs of ones	0.504821	Aceptado
nonoverlapping template	0.5094025	Aceptado
overlapping template	0.313653	Aceptado
rank	0.885113	Aceptado
runs	0.436975	Aceptado
nonperiodic templates	0.5094025	Aceptado
serial	0.381633	Aceptado
universal statistical	0.877240	Aceptado

Table 2 Evaluación del criptograma a través de la suite NIST

Fuente: *elaboración propia*

Los resultados mostrados en las tablas 1 y 2 demuestran que el algoritmo de cifrado propuesto presenta buenas propiedades de aleatoriedad y, por consiguiente, buenas características criptográficas.

Agradecimiento

Este trabajo es apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para el número de beca 408093

Conclusiones

En este trabajo se propone un algoritmo de cifrado en el que se implementa una técnica que combina el comportamiento impredecible de una función logística, empleada para obtener la semilla que origina una subclave, con un generador de números pseudoaleatorios, dada la combinación de generación caótica y no caótica se produce un algoritmo de cifrado rápido y seguro. El algoritmo se implementa en Matlab para evaluar, tanto el proceso de cifrado y reconstrucción de una señal, como para evaluar el nivel de aleatoriedad, usando diferentes herramientas estadísticas.

Las pruebas estadísticas aplicadas al criptograma, dan como resultado que los datos cifrados provienen de secuencias con alto grado de aleatoriedad, lo que se traduce en un alto nivel de seguridad, dado que el proceso de manipulación conserva su entropía natural, por tanto la hace poco vulnerable a posibles ataques externos. Por otra parte también se comprueba la sensibilidad del algoritmo a ligeros cambios en la clave de cifrado y en los parámetros de generación de subclaves. En este sentido, solo es posible recuperar los datos originales (descifrado) con las respectivas claves de cifrado que son generadas por el propio sistema. Y es así como se preserva la privacidad para reportar el consumo de energía de los medidores inteligentes cifrando los datos que estos dispositivos procesan.

Referencias

Bassham, L, Rukhin A, Soto J, Nechvatal, J, Smid M, Leigh S, et al.:(2010). *A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications* [Internet]. NIST (2010).

François, M., Grosjes, T., Barchiesi, D. & Erra, R. (2014). Pseudo-random number generator based on mixing of three chaotic maps. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 19(4), pp.887-895.

Hennawy, H., Omar, A. & Kholaf, S. (2015). LEA: Link Encryption Algorithm Proposed Stream Cipher Algorithm. *Ain Shams Engineering Journal*, 6(1), pp.57-65.

Jiménez, M., Flores, F. & González, G. (2015). System for Information Encryption Implementing Several Chaotic Orbits. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(3), 335-343.

Kerckhoffs, A. (1983). La cryptographie militaire, *Journal des sciences militaires*, 9, 161-191.

Kumar, S., Abhishek, K. and Singh, M. (2015). Accessing Relevant and Accurate Information using Entropy. *Procedia Computer Science*, 54, 449-455.

Lehmer, D. H. (1949). Mathematical methods in large-scale computing units. 2 nd symposium on large-scale digital calculating machinery, *Cambridge, massachussets*, 141-146.

Li, F., Luo B. & Liu P. (2010). Secure information aggregation for smart grids using homomorphic encryption. In: 2010 First IEEE international conference on Smart Grid Communications (*SmartGridComm*), *Gaithersburg, Maryland, USA*. 327-332.

Mao, y., Chen, g. & Lian, s. (2004). A novel fast image encryption scheme based on 3d chaotic baker maps. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 14(10), 3613-3624.

May, R. (1976). Simple Mathematical Models with Very Complicated Dynamics, *Nature*, 261, 459-467.

- Moreno-Dzul, Julio, Álvarez-Ibarra, Maricela, Silva-Dzib, Ismael & Arceo-Díaz, Rocío. (2016). *Sistema de Gestión de demanda eléctrica basada en la Web*. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, 3-8: 65-76
- Mogollon, M. (2007). Cryptography and security services: mechanisms and applications. *Hershey, PA: CyberTech*, 51-97
- Pavanello, D., Zaaiman, W., Colli, A., Heiser, J. & Smith, S. (2015). Statistical functions and relevant correlation coefficients of clearness index. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 130-131,142-150.
- Phatak, SC. Suresh Rao S. (1993). Logistic Map: A Possible Random Number Generator, <http://arXiv.org/abs/condmat/9310004v1>
- Radwan, A., AbdElHaleem, S. & Abd-El-Hafiz S. (2016). Symmetric encryption algorithms using chaotic and non-chaotic generators: A review. *Journal of Advanced Research*. 7(2), 193–208.
- Rajan, B. & Saumitr, P. (2006). A novel compression and encryption scheme using variable model arithmetic coding and coupled chaotic system. *IEEE Transactions on circuits and system* (4) 1 - 53
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.*, 27, 379–423, 623–656
- Saputro, N. & Akkaya K. (2014). On preserving user privacy in smart grid advanced metering infrastructure applications. *Secur. Commun. Netw.* 7 (1), 206–220
- Tonyali, S., Akkaya, K., Saputro, N., Uluagac, A., & Nojournian, M. (2017). *Privacy-preserving protocols for secure and reliable data aggregation in IoT-enabled Smart Metering systems*. Future Generation Computer Systems.
- Tonyali, S. Cakmak, O. Akkaya, K. Mahmoud, M. & Guvenc. I. (2016). Secure data obfuscation scheme to enable privacy-preserving state estimation in smart grid ami networks. *IEEE Internet Things J.*, 3 (5), 709–719
- Trejo-Guerrero, César, Flores-Ruiz, Juan, Marroquín-de Jesus, Ángel & JuárezSantiago, Brenda. (2016). *Fotovolta, aplicación móvil, para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos en la modalidad tipo isla e interconectados a la red*. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S, 2-6: 12-21
- Weisstein, E. (2016). Pearson's Skewness Coefficients. *From MathWorld-A Wolfram*
- Zeadally, S., Pathan, A. S. K., Alcaraz, C., & Badra, M. (2013). Towards privacy protection in smart grid. *Wireless personal communications*, 73(1), 23-50.

Módulo de administración para la comparativa SAT – UPFIM

SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia*†, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín y ÁNGELES-REYNA, Francisco

Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero

Recibido Julio 27, 2017; Aceptado Septiembre 21, 2017

Resumen

La Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM) al ser un Organismo público, se ve obligada a adaptarse a las modificaciones fiscales y realizar el timbrado de nómina, verificando que los Comprobantes Fiscales Digitales por Internet estén correctos. A la institución le llevó 6 meses realizar este proceso, de todo un año fiscal. Por esta razón, se creó un Módulo de administración para realizar la comparativa: los registros que existen en la SAT pero que no existen en UPFIM y viceversa. El Módulo tiene la capacidad de subir los archivos de Excel, realizar la comparación en segundos y los resultados obtenidos descargarlos como un archivo de Excel. Es importante mencionar que en cada iteración se vacían las tablas para evitar duplicidad y resultados erróneos, este proceso se realiza a través de la interfaz de usuario, desarrollada en Netbeans 8.1, para desarrollar los procesos de carga, comparación y descarga de datos, se utilizó el lenguaje de consulta estructurada (SQL) de MySQL. Con base a nuestros conocimientos, hasta el momento no hay una herramienta que permita esa comparación, y la contribución de este trabajo está en que el Módulo puede adaptarse a cualquier institución.

Administración, procesos, timbrado de nómina

Citación: SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín y ÁNGELES-REYNA, Francisco. Módulo de administración para la comparativa SAT – UPFIM. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-3: 50-56

Abstract

The Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM), being a public body, is obliged to adapt to the tax modifications and to perform the payroll letterhead verifying that the digital tax receipts by Internet are correct. It took the institution 6 months to complete this process, for a full fiscal year. For this reason, a Management Module was created to perform the comparative: the records that exist in de SAT but that do not exist in UPFIM vice versa. The module has the ability to upload the Excel files, perform the comparison in seconds and download the results obtained as an Excel file. It is important to mention that in each interaction the tables are emptied to avoid duplicity and erroneous results, this process is carried out through the user interfaz, developed in Netbeans 8.1 to develop the loading, comparing and downloading data processes, Structured Query Language (SQL) from MySQL was used. Based on our knowledge, so far there is no tool that allows this comparison and the contribution of this work is that the module can be adapted to any institution.

Administration, processes payroll

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ssoto@upfim.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han creado un gran impacto en el funcionamiento de las instituciones e incluso han alterado su propia estructura, ya que la mantienen comunicada, haciendo que la información fluya con gran rapidez y esto permita la toma de decisiones. Las TIC generan diversos efectos, dependiendo de la función que desempeñen dentro de la institución.

En la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM) es de gran importancia la comparación de los timbrados de nómina emitidos por la Secretaría de Administración Tributaria (SAT) y por la UPFIM, ya que por ser un Organismo público tiene la obligación de generar los Comprobantes Fiscales Digitales por Internet (CFDI) (De los Santos Anaya, 2016), esta obligación es para que la UPFIM pueda acceder al beneficio fiscal de obtener la devolución de las retenciones de ISR enteradas sobre los sueldos que pagan al personal, esto, de conformidad con el artículo 3-B de la Ley de Coordinación Fiscal, reformado en 2014. Derivado de la importancia de esta obligación, el personal del Departamento de Recursos Humanos realizaba la comparación de manera manual uno por uno para identificar la coincidencia entre los archivos de timbrado de nómina en formato de Excel, generados por el SAT y la UPFIM; a la institución le llevó 6 meses realizar este proceso, de todo un año fiscal, es de ahí que surge la necesidad de desarrollar el Módulo de Administración para realizar la Comparativa: los registros que existen en la SAT pero que no existen en UPFIM y viceversa, ésta propuesta, tiene la capacidad de cargar los archivos de Excel con extensión (delimitado por comas) csv y realizar la comparación hasta de 1000 registros, en cuestión segundos y los resultados obtenidos descargarlos como un archivo de Excel, lo cual permite su manipulación de una manera más sencilla y rápida para la toma de decisiones.

Objetivo general de estudio

Implementar en el Departamento de Recursos Humanos, el Módulo de Administración para realizar la Comparativa de los timbrados de nómina que están en SAT, pero que no existen en UPFIM y viceversa.

Objetivos específicos:

- Diseñar el modelo de gestión del Módulo que permita mejorar los procesos y solucionar las necesidades del Departamento de Recursos Humanos.
- Modelar y desarrollar la base de datos para almacenar y comparar la información de SAT y UPFIM.
- Diseñar y codificar las interfaces de usuario a través de estándares y técnicas que permitan una interfaz amigable y funcional.
- Realizar pruebas del Módulo con los usuarios finales.
- Hacer las correcciones de las posibles fallas del sistema.

Metodología a desarrollar

En la actualidad la implementación de criterios y estándares de calidad de software, en el desarrollo de un sistema informático permiten obtener un producto final de mayor calidad, el desarrollo del Módulo de Administración para la comparativa SAT – UPFIM, está basado en una serie de guías, modelos y estándares como por ejemplo HCI, Técnica del Mago de Oz, Modelo de Desarrollo Rápido de Aplicaciones e Ingeniería de Software, los cuales contribuyen a guiar el desarrollo del sistema.

Para iniciar con el Módulo se analizaron diferentes metodologías de desarrollo, optando por la del Modelo de Desarrollo Rápido de Aplicaciones (DRA) la cual se describe con la figura 1, ya que comprende el desarrollo iterativo, siendo un modelo de proceso de desarrollo del software lineal secuencial, que enfatiza un ciclo de desarrollo extremadamente corto. DRA es una adaptación a “Alta velocidad” en el que se logra el desarrollo rápido utilizando un enfoque de construcción basado en componentes, teniendo como resultado un sistema completamente funcional (Pressman R. , 2010), (Noriega Martínez, 2017)

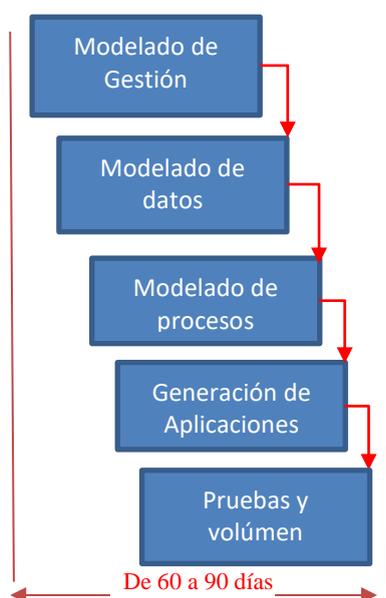


Figura 1 Modelo de Desarrollo Rápido de Aplicaciones

Fuente: Elaboración propia

Para la etapa del Modelado de Gestión se identificó el flujo de la información entre las funciones que se realizan en el Departamento de Recursos Humanos, respondiendo a las siguientes preguntas: **¿Qué información conduce al proceso de gestión?** La generación de los archivos de timbrado de nómina; **¿Quién la genera?** El SAT y la UPFIM; **¿A dónde va la información?** A las diferentes instancias que la requieren para la realización de sus actividades; **¿Quién la procesa?** El Departamento de Recursos Humanos.

Teniendo la información recabada en el modelado de gestión, se procede a realizar el modelado de datos, para lo cual se identificaron las actividades que se hacen para llevar a cabo la comparativa entre cada uno de los datos de UPFIM y SAT, para ello se utilizó el Diagrama de Casos de uso (UML) figura 2, donde se determinaron las acciones que llevan a cabo los usuarios del Módulo (Larman, 2010).

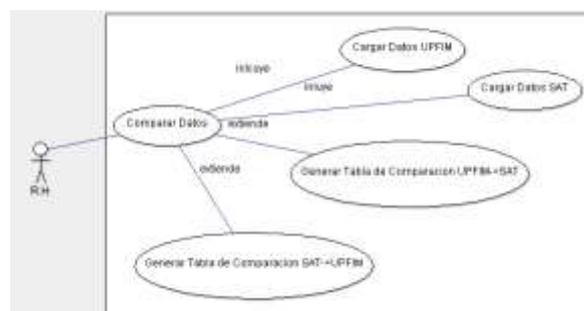


Figura 2 Diagrama de Caso de Uso

Fuente: Elaboración propia

Para facilitar el diseño de la base de datos se desarrolló el modelo de datos entidad – relación (E-R), el cual permite la especificación del esquema del Módulo a desarrollar, representando la estructura lógica global de la base de datos (Silberschatz & Korth).

Una vez realizado el modelo E-R, se desarrolló el modelo relacional del Módulo, descrito en la figura 3, para proceder a su codificación de la base de datos.

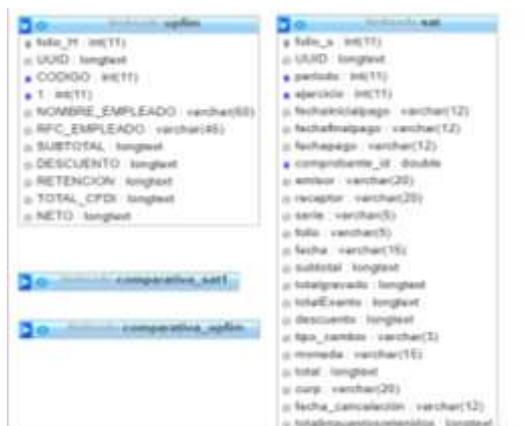


Figura 3 Modelo Relacional

Fuente: Elaboración propia

Para la generación de aplicaciones se llevó a cabo la construcción del Módulo con MySQL para la sección de Back-end, además del IDE Netbeans 8.1 para la programación de la interfaz destinada para los usuarios finales, utilizando lenguaje de programación Java.

Para el diseño de interfaces se utilizó la guía: Interacción Hombre – Computadora, comúnmente referida con la abreviatura HCI por Human Computer Interaction, la cual permite el intercambio observable de información, datos y acciones entre un humano y la computadora y viceversa. Desde una concepción más amplia se puede definir HCI como una disciplina. Se le considera un área dentro de las Ciencias de Computación que se encarga del diseño, evaluación e implementación de sistemas de computación interactivos, para el uso humano, incluyendo el estudio de todos los fenómenos concernientes a ello.

Las recomendaciones establecidas dentro de la guía HCI, ayudan a desarrollar una interfaz para el usuario con colores de acuerdo a la nitidez de la vista, así como tamaños de letras adecuados para los botones o campos de texto que se están visualizando, para la realización de las interfaces de éste Módulo se consideró la opinión del usuario, haciendo uso de los colores institucionales. (Arteaga & Caridad, 2014), (Calero, Moraga, & Piattini, 2010).

También en el campo de las interfaces del Módulo, se utilizó la técnica llamada Mago de OZ. Técnica de evaluación y desempeño de las interfaces, mediante una práctica en papel que permite realizar bocetos de las diferentes pantallas, para identificar su posible interacción entre ellas, antes de proceder a su codificación en el lenguaje de programación; esto se realiza con la finalidad de identificar la estructura lógica de navegación. Esto es referido a que el usuario interactúa con una pantalla, pero en vez de responder el sistema responde una persona del equipo de desarrollo (Zapata & Carmona, 2007).

Como una actividad indispensable en todo desarrollo, se estableció la estimación de tiempos para la realización del Módulo, utilizando el Diagrama de Gantt como una herramienta para planificar y programar las tareas a desarrollar, ya que de acuerdo a la metodología del Modelo de Desarrollo Rápido de Aplicaciones se establece que en un periodo de 60 a 90 días se puede obtener un producto totalmente funcional (Braude, 2012).

Resultados

Éste Módulo se realizó en un lapso de 70 días hábiles iniciándolo el 03 de abril y concluyéndolo el 03 de julio del 2017.

Para utilizar el Módulo se realizan las siguientes acciones:

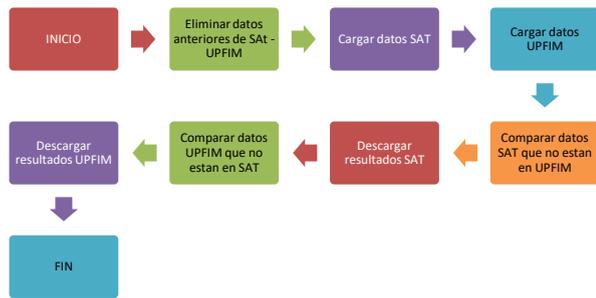


Figura 4 Diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia

Para iniciar con la comparación de los archivos SAT – UPFIM, es necesario eliminar los datos anteriores para evitar duplicidad de información y los resultados que se obtengan sean correctos, para ello se vacían los datos, dando clic en el ícono del bote de basura como se muestra en la figura 5 y 6.

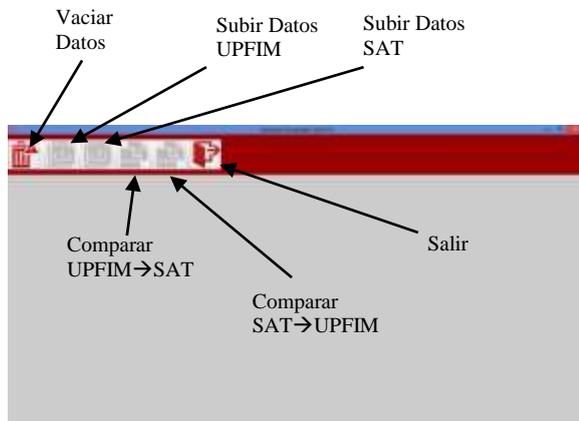


Figura 5 Interfaz de inicio

Fuente: Elaboración propia



Figura 6 Acción de eliminar datos anteriores

Fuente: Elaboración propia

Una vez eliminados los datos anteriores, se procede a cargar los archivos de SAT - UPFIM que se quieren comparar, tal como se muestra en la figura 7, los cuales deberán de estar en formato de Excel delimitados por comas, con extensión csv. Es importante mencionar que los archivos de Excel deben tener el mismo numero y nombre de columnas, porque de lo contrario los resultados que se obtengan serán incorrectos.

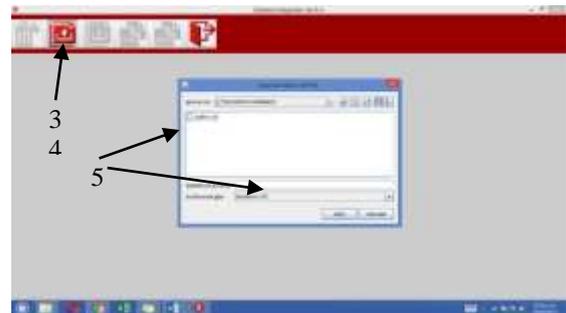


Figura 7 Acción de cargar los datos SAT -UPFIM

Fuente: Elaboración propia

Una vez cargados los datos, se procede a realizar la comparación de los archivos generados por SAT y por UPFIM, esta comparación se realiza a través de un procedimiento almacenado, diseñado en la base de datos, esto con la finalidad de optimizar el tiempo de procesamiento.

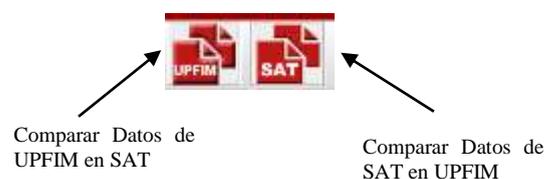


Figura 8 Iconos de comparación de datos

Fuente: Elaboración propia

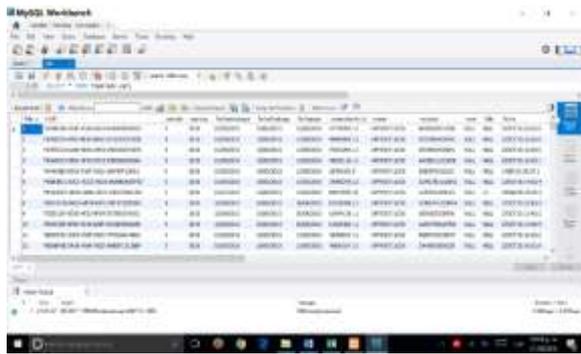


Figura 9 Comparación interna en la base de datos

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la comparación se muestran en una tabla dentro de la interfaz los resultados obtenidos para su consulta, como se muestran en la figura 10, los cuales se pueden descargar como un archivo de Excel con extensión csv, para su posterior uso. En el Módulo se da la opción de elegir la ruta para guardar los resultados como se muestra en la figura 11.



Figura 10 Resultados obtenidos de la comparación

Fuente: Elaboración propia

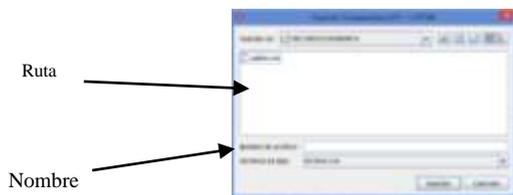


Figura 11 Descarga de resultados

Fuente: Elaboración propia



Figura 12 Resultados obtenidos en el formato de Excel

Fuente: Elaboración propia

Para la realización de las pruebas, se utilizaron datos reales manejados dentro del Departamento de Recursos Humanos para verificar la confiabilidad del Módulo, se cotejaron los resultados obtenidos por el software, con los obtenidos por personal encargado de la actividad, dando como resultado que el Módulo de Administración para la Comparativa SAT-UPFIM es 100% confiable, además se observó que el tiempo de procesamiento en la comparación de 1000 registros, se llevó a cabo en un lapso de 0.078 segundos, como se observa en la figura 9, siendo esto de gran utilidad para la toma de decisiones por parte de los Directivos del Departamento de Recursos Humanos para el desarrollo de sus actividades inherentes al área. (Spona, 2008).

Conclusiones

El desarrollo de este trabajo permitió analizar diferentes metodologías, estándares y técnicas de desarrollo de software para diseñar el Módulo de administración para la comparativa SAT – UPFIM.

Durante la primera fase del Modelo de Desarrollo de Desarrollo Rápido de Aplicaciones se realizó lo siguiente:

- Se diseñó el modelo de gestión para identificar los procesos involucrados para su desarrollo.

- Se diseñó y desarrolló la base de datos para Almacenar y procesar la información.
- Se desarrollaron las diferentes interfaces de usuario.
- Se realizó la prueba del Módulo en el Departamento de Recursos Humanos.
- Se corrigieron los errores encontrados, tomando en cuenta las observaciones emitidas por los usuarios.

Trabajos futuros

Este Módulo formará parte del Sistema Integral de Recursos Humanos, el cual pretende administrar los expedientes y generar los contratos de todos y cada uno de los trabajadores de la institución.

Referencias

Administración, S. d. (2016). *Manual de Contabilidad Gubernamental*. Hidalgo, México.

Arteaga, J. M., & Caridad, Y. H. (2014). *Temas de Diseño en Interacción Humano - Computadora*. Alfa.

Braude, E. J. (2012). *Ingeniería de Software, Una perspectiva Orientada a Objetos*. Alfaomega.

Calero, C., Moraga, M., & Piattini, M. (2010). *Calidad del Producto y Proceso Software*. Madrid: RA-MA.

De los Santos Anaya, M. (2016). *Devolución de ISR Retenido y Enterado para Estados, Municipios, Organismos Autónomos y Entidades Paraestatales y Paramunicipales*.

Larman, C. (2010). *UML y Patrones, una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado*. Madrid: Pearson Hall.

Noriega Martínez, R. (2017). *El Proceso de Desarrollo de Software*. IT Campus Academy.

Pressman, R. (2010). *Ingeniería de software un enfoque práctico*. Mexico, D. F.: Mc Graw Hill.

Silberschatz, A., & Korth, H. (s.f.). *Fundamentos de base de Datos*. Mc Graw Hill

Spona, H. (2008). *Programación de base de datos con MySQL y PHP*. Alfaomega.

Zapata, C., & Carmona, N. (2007). El Experimento Mago de OZ y sus aplicaciones: Una Mirada Retrospectiva. *Dyna*, 125 - 135.

Sistema de administración de almacén

SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia*†, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín, ÁNGELES-REYNA, Francisco y HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila

Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero

Recibido Julio 4, 2017; Aceptado Septiembre 7, 2017

Resumen

Entre los elementos que forman la estructura del sistema logístico en las instituciones, el almacén es una de las áreas que actúa en las dos etapas del flujo de materiales, el abastecimiento y distribución física, construyendo actividades importantes para su operación; en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Actualmente el control de entradas, salidas, préstamos y resguardos de los bienes muebles e inmuebles, está a cargo de dos personas que registran la información de forma manual en Excel y esto significa que la información no se encuentra actualizada. Por esta razón se crea el Sistema de Administración de Almacén para realizar la automatización de estos procesos; agilizando la consulta de los activos, realizando reportes de los resguardos, préstamos y salidas de los materiales, esto permite tener en tiempo y forma la información actualizada para la toma de decisiones. Este sistema es adaptable a cualquier institución de educación superior, ya que está diseñado de acuerdo a los lineamientos que marcan los instrumentos regulatorios gubernamentales. Para el desarrollo de este sistema se utilizó MySQL para diseño y administración de la base de datos, Netbeans 8.1 para las interfaces y ArgoUML para casos de uso.

Software, Movie Maker, Área, Funciones

Abstract

Among the elements that form the structure of the logistic system in the institutions, the warehouse is one of the areas that act in the two stages of the flow of materials, the supply and physical distribution, creating important activities for its operation; at the Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. At the moment the control of entries, exits, loans and safeguards of the movable and immovable goods, is in charge of two people who register the information manually in Excel, this means that the information is not updated. For this reason, the Warehouse Management System is created to perform the automation of these processes; speeding up the consult of the assets, making safeguards reports, loans and outputs of the materials, this allows having the updated information for the decision making in due time and manner. This system is adaptable to any institution of higher education, since it is designed according to the guidelines marked on the governmental regulatory instruments. MySQL was used for the development of this system for design and administration of the database, Netbeans 8.1 for the interfaces and ArgoUML for use cases.

Software, processes, warehouse, automation

Citación: SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín, ÁNGELES-REYNA, Francisco y HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila. Sistema de administración de almacén. Revista de Cómputo Aplicado 2017, 1-3: 57-65

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ssoto@upfim.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El sistema logístico del almacén en las instituciones, actúa en dos etapas, el abastecimiento y la distribución física, de ahí la importancia de implementar métodos, sistemas y procedimientos que estén orientados al tratamiento y administración de datos e información, para tenerlos organizados y dispuestos para su posterior uso, apoyando las actividades de una empresa, negocio o institución.

Es importante mencionar que anteriormente el personal del área de almacén realizaba el registro de los bienes muebles e inmuebles en hojas de Excel, donde agregaban el número de inventario de manera manual y esto generaba mucho tiempo de desarrollo de la actividad; generando en ocasiones duplicidad de numeración y al momento de hacer los reportes de los activos, se tenía que verificar nuevamente la información y eso retrasaba la entrega a las instancias correspondientes.

Debido a lo anterior surge la necesidad de crear el Sistema de Administración de Almacén, el cual está orientado para controlar y administrar los procesos de entrada y salida de los bienes muebles e inmuebles de la UPFIM, de ahí la importancia del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para su desarrollo e implementación.

Este sistema es intuitivo y de fácil acceso, esto con la finalidad de generar un ambiente de estabilidad, madurez y calidad al usuario, además de ser un sistema modular escalable, el cual permite ir realizando las modificaciones necesarias que se adapten a las necesidades del usuario final, en esta primera etapa el módulo funcional es para el manejo de los activos, en el cual se realizan las acciones de ingresos, préstamos y resguardos de los mismos, en éste módulo el número de inventario se genera de manera automática tomando como referencia la fecha de ingreso, la nomenclatura del activo y el número consecutivo dependiendo de la categoría y subcategoría a la que pertenece, esto adaptado al sistema de contabilidad que maneja el Departamento de Finanzas.

Objetivo general de estudio

Implementar un sistema de información modular para la automatización de los procesos de entrada y salida de los bienes muebles e inmuebles del área de almacén de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero; el cual permitirá la generación de reportes con información actualizada en tiempo y forma, para la toma de decisiones.

Objetivos específicos:

- Diseñar el modelo de un sistema modular que permita mejorar los procesos y solucionar las necesidades de administración del Área de Almacén, a través del análisis de requerimientos.
- Desarrollar la base de datos para Almacenar los datos requeridos para el buen funcionamiento del sistema.
- Diseñar y codificar las interfaces de usuario a través de estándares y técnicas que permitan una interfaz amigable y funcional.

- Realizar pruebas de cada módulo con los usuarios finales.
- Hacer las correcciones de las posibles fallas del sistema.

Metodología a desarrollar

En la actualidad la implementación de criterios y estándares de calidad de software, en el desarrollo de un sistema informático permiten obtener un producto final de mayor calidad, el desarrollo del Sistema de Administración de Almacén, está basado en una serie de guías, modelos y estándares como por ejemplo HCI, Modelo Evolutivo e Ingeniería de Software, los cuales contribuyen a guiar el desarrollo del sistema.

Se utiliza el Modelo Evolutivo, ya que la institución se rige bajo las reglas del gobierno del Estado y en cada ciclo escolar cambian; por lo tanto los requerimientos tienden a cambiar y este modelo se presta a las modificaciones realizadas (Pressman R. , 2010), (Sommerville, 2005).

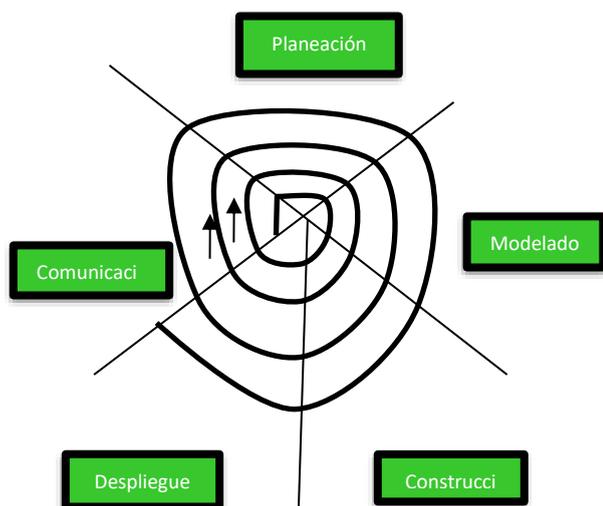


Figura 10 Modelo Espiral

Fuente: Elaboración propia

Para la primera iteración de comunicación se realizó la obtención de los requerimientos generales, haciendo una entrevista con el personal del Departamento de Recursos Materiales y Almacén, donde explicaron las actividades realizadas dentro del Área para llevar a cabo el control de activos de la UPFIM; para ello se utilizó el Diagrama de Casos de uso (UML) donde se determinaron las acciones que llevan a cabo cada uno de los involucrados en el área (Larman, 2010).

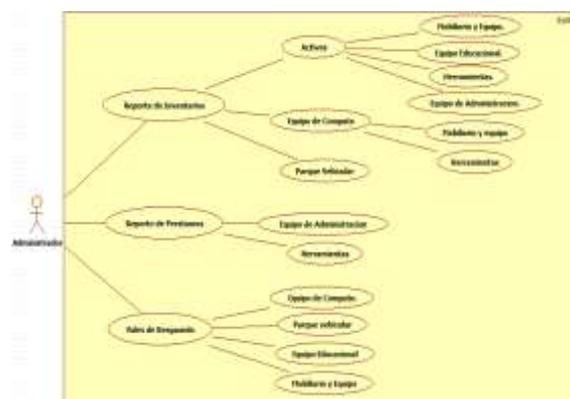


Figura 2 Diagrama de Caso de Uso Primera Etapa

Fuente: Elaboración propia

Para la segunda iteración de Comunicación se modificaron las acciones que realiza el Almacenista, dando una secuencia lógica conforme al uso del diseño funcional de las interfaces.

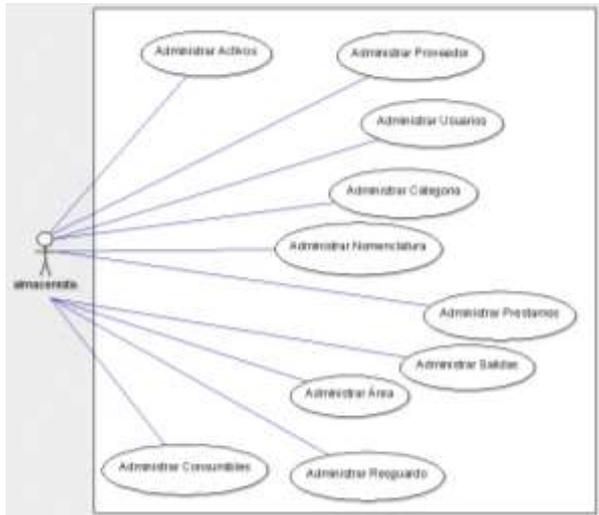


Figura 3 Diagrama de Caso de Uso General, Segunda Etapa

Fuente: Elaboración propia

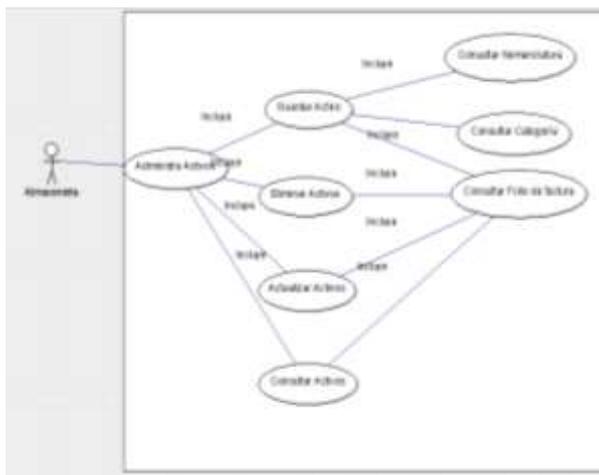


Figura 4 Diagrama de Caso de Uso Activos en la Segunda Iteración

Fuente: Elaboración propia

En la primera y segunda iteración del modelado, para el diseño de interfaces se utilizó la guía: Interacción Hombre – Computadora, comúnmente referida con la abreviatura HCI por Human Computer Interaction, la cual permite el intercambio observable de información, datos y acciones entre un humano y la computadora y viceversa.

Desde una concepción más amplia se puede definir HCI como una disciplina. Se le considera un área dentro de las Ciencias de Computación que se encarga del diseño, evaluación e implementación de sistemas de computación interactivos, para el uso humano, incluyendo el estudio de todos los fenómenos concernientes a ello.

Las recomendaciones establecidas dentro de la guía HCI, ayudan a desarrollar una interfaz para el usuario con colores de acuerdo a la nitidez de la vista, así como tamaños de letras adecuados para los botones o campos de texto que se están visualizando, para la realización de las interfaces de éste módulo, se consideró la opinión del usuario, es importante mencionar que en este punto los colores utilizados, se adaptaron a la imagen corporativa de la UPFIM. (Arteaga & Caridad, 2014).

También en el campo de las interfaces del sistema se utilizó la técnica llamada Mago de OZ. Técnica de evaluación y desempeño de las interfaces mediante una práctica en papel, esto es referido a que el usuario interactúa con una pantalla, pero en vez de responder el sistema responde una persona del equipo de desarrollo (Zapata & Carmona, 2007), (Tuya , Ramos Roman, & Dolado Cosín, 2007).

Para facilitar el diseño de la base de datos se desarrolló el modelo de datos entidad – relación (E-R), el cual permite la especificación del esquema del módulo a desarrollar, representando la estructura lógica global de la base de datos (Silberschatz & Korth).

Una vez realizado el modelo E-R, se desarrolló el modelo relacional del módulo, para proceder a su codificación de la base de datos.



Figura 5 Modelo Relacional en la Primera Iteración



Figura 6 Modelo Relacional en la Segunda Iteración

Fuente: Elaboración propia.

Para la construcción del módulo de Activos se creó en la primera iteración en SQL Server 2005 y la segunda iteración con MySQL, para la sección de Back-end, además del IDE Netbeans 8.1 para la programación de la interface destinada para el usuario final, se utilizó el lenguaje de programación Java. Así también, se realizaron las diferentes pruebas en las iteraciones correspondientes, utilizando datos reales manejados dentro del Área de Almacén para la obtención de un resultado que concuerde con los manejados por el personal, además de la interacción del usuario final con el sistema (Spona, 2008), (Pérez López, 2006).



Figura 7 Interface de Acceso Primera Iteración



Figura 8 Interface de Menú Principal de la Primera Iteración

Fuente: Elaboración propia



Figura 9 Interface de Activos Primera Iteración

Fuente: Elaboración propia

Pruebas

Al realizar las pruebas los usuarios finales, se encontraron los siguientes errores.

1. Al momento realizar la inserción de un activo, los usuarios finales no sabían cómo ingresar la fecha de la factura.
 2. Los usuarios finales hicieron la observación de que, al momento de ingresar un nuevo activo, no podían ingresar un número de serie diferente por cada uno.
 3. Al momento de realizar la búsqueda de un activo los usuarios hicieron la observación de que era muy tedioso llenar todos los campos.
 4. Solicitaron adaptar el diseño de las interfaces de acuerdo a la imagen institucional de la UPFIM.
- En la base de datos se agrega una vez más el Parque vehicular y consumibles.
 - Los Números de inventarios se generan de manera individual y automática.
 - La nomenclatura del número se modifica.
 - Los diseños de las interfaces se modifican para un mejor manejo de los datos y usabilidad de las mismas.

Resultados

De acuerdo a las observaciones del Personal del Departamento de Recursos Materiales y Área de Almacén, se han realizado las modificaciones correspondientes para un mejor manejo de los datos y la facilidad de interacción con las diferentes interfaces que conforman el sistema.

A continuación, se mencionan algunos de las modificaciones que se realizaron por la segunda iteración:

- Se tomó la decisión de agregar las etiquetas de día, mes y año, esto con la finalidad de evitar errores de captura.
- El número de serie se cambió de tabla, ya que se encontraba en activos y ahora se encuentra en entrada_activos, porque cada activo tiene un número de serie diferente, aunque sus características sean las mismas.
- Se hace uso de combos desplegables para hacer más ágil la búsqueda y evitar errores de captura.



Figura 110 Interface de Acceso Segunda Iteración

Fuente: Elaboración propia

Para la usabilidad del sistema, se otorga un Menú desplegable para las operaciones que puede realizar el usuario dentro del sistema, así también, un menú de accesos rápidos para las tareas más comunes.

Se presenta una interface de los diferentes catálogos de los cuales se hacen uso dentro del Área de Almacén, como son: Categoría, Área, Nomenclatura, Proveedor, etc.; cabe mencionar que el diseño es el mismo para facilitar y familiarizar las tareas al usuario final.



Figura 121 Interfaz de Menú Segunda Iteración



Figura 132 Interface para Área Segunda Iteración.

Fuente: Elaboración propia

La interface que involucra la función principal del Módulo de Activos, contiene tres secciones principales:

1. Sección que involucra la factura a capturar dentro del sistema.
2. Sección para manipular los datos de los Activos pertenecientes a la UPFIM.
3. Sección para generar automáticamente el número de inventario, manejado por el área de Almacén.



Figura 143 Interface para Activos Segunda Iteración

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Al implementar un procedimiento automatizado a través de la optimización de consultas, inserción, modificación y eliminación de datos realizadas en MySQL para la administración de los bienes muebles e inmuebles, se reduce el tiempo de procesamiento y se obtiene la información en tiempo y forma, la cual permite la toma de decisiones para la adquisición de consumibles, bienes muebles, inmuebles o simplemente para los reportes que solicitan las diferentes instancias de gobierno federal y estatal, todo esto es adaptándose a los lineamientos que marca el Departamento de Finanzas de la Institución (Administración, 2016)

El desarrollo de este trabajo permitió analizar diferentes metodologías, estándares y técnicas de desarrollo de software para diseñar los diferentes módulos que conforman el Sistema de Administración de Almacén, durante el análisis de requerimientos, además, tener como primer módulo funcional Activos.

Durante la primera iteración del modelo de espiral se realizó lo siguiente:

- Se diseñó y desarrolló la base de datos para Almacénar la información del Sistema.

- Se identificaron los diferentes módulos que conforman el sistema como son: Activos, Parque Vehicular, Resguardos, Préstamos, Consumibles y Reportes; para realizar el diseño y codificación del primer módulo de Activos.
- Se realizó la prueba del módulo de activos con los usuarios del área de Almacén.
- Se corrigieron los errores encontrados, tomando en cuenta las observaciones emitidas por los usuarios.
- Se diseñarán y codificarán las interfaces de los diferentes módulos que conforman el Sistema.
- Se realizarán las pruebas correspondientes para cubrir las necesidades de los usuarios finales.
- Si existiesen observaciones por parte del usuario, se realizarán las correcciones pertinentes.

Durante la segunda iteración del modelo de espiral se realizó lo siguiente:

- Se rediseñó la base de datos para solventar las observaciones de los usuarios y adaptarla a las nuevas reglas de operación emitidas por las instancias gubernamentales.
- Se rediseñó y codificó módulo de Activos, para adaptarlo a la nueva imagen institucional.
- Se realizó nuevamente la prueba del módulo de activos con los usuarios del área de Almacén, para verificar el cumplimiento de las reglas de operación.
- Se realizaron modificaciones en el control lógico de los datos.

Trabajos futuros

En la tercera iteración del modelo de espiral se realizará lo siguiente:

- Analizar las nuevas reglas de operación, con finalidad de verificar si existen posibles cambios en la estructura de la base de datos.

Referencias

- Administración, S. d. (2016). *Manual de Contabilidad Gubernamental*. Hidalgo, México.
- Arteaga, J. M., & Caridad, Y. H. (2014). *Temas de Diseño en Interacción Humano - Computadora*. Alfa.
- Braude, E. J. (2012). *Ingeniería de Software, Una perspectiva Orientada a Objetos*. Alfaomega.
- Larman, C. (2010). *UML y Patronos, una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado*. Madrid: Pearson Hall.
- Pérez López, C. (2006). *Microsoft SQL server 2005: administración y análisis de bases de datos*. RA-MA S.A. .
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería de software un enfoque práctico*. Mexico, D. F.: Mc Graw Hill.
- Silberschatz, A., & Korth, H. (s.f.). *Fundamentos de base de Datos*. Mc Graw Hill .
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería de Software*. Madrid: Pearson.
- Spona, H. (2008). *Programación de base de datos con MySQL y PHP*. Alfaomega.

Stucky, M. (2002). *MySQL: Building User Interfaces*. New Riders.

Tuya , J., Ramos Roman, I., & Dolado Cosín, J. (2007). *Técnicas Cuantitativas para la Gestión en la Ingeniería de Software*. La Coruña, España: Netbiblo, S. L.

Zapata, C., & Carmona, N. (2007). El Experimento Mago de OZ y sus aplicaciones: Una Mirada Retrospectiva. *Dyna*, 125 - 135.

Cuantificación de actividad de crecimiento de enzimas en cajas de petri a partir de imágenes digitales

PÉREZ-TORRES, José Roberto*†, TORRES-MANCERA, María Teresa y PÉREZ-SÁNCHEZ, Grethell Georgina*

Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco

'Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Electrónica

Recibido Julio 5, 2017; Aceptado Septiembre 8, 2017

Resumen

La disponibilidad de dispositivos para capturar imágenes digitales ha crecido exponencialmente en las últimas 2 décadas, y actualmente existen un gran número de aplicaciones que permiten generar imágenes digitales de diversos tipos. Esta diversidad abarca desde imágenes de propósito general, como las generadas por las cámaras digitales convencionales, hasta aquellas especializadas, como los escaneos de imágenes de rayos X. Lo anterior ha propiciado el desarrollo de métodos que no solamente permitan almacenar e indexar las bases de datos, sino aquellas que permitan explotar su contenido en beneficio de las más diversas áreas de conocimiento del ser humano. El análisis y procesamiento de imágenes digitales permite la automatización de tareas que usualmente se llevarían a cabo de manera manual, como por ejemplo, el control de acceso a una oficina por medio de huella digital. El presente proyecto busca crear un modelo que, a través del análisis y procesamiento de imágenes digitales tomadas a cultivos, permita hacer una proyección de la producción de enzimas (específicamente metabolitos) que degraden polisacáridos, automatizando el proceso, además de buscar dar una caracterización cuantitativa. El modelo a desarrollar es específicamente de la bacteria *Escherichia coli*, y se planea hacer las adaptaciones necesarias para extenderlo a otras bacterias.

Segmentación, enzima, imagen digital, *Escherichia coli*

Abstract

The availability of devices to capture digital images has grown exponentially in the last 2 decades, and there are currently a large number of applications that allow the generation of digital images of various types. This diversity ranges from general purpose images, such as those generated by conventional digital cameras, to specialized ones, such as X-ray image scans. This has led to the development of methods that not only allow the storage and indexing of databases, but also those that allow the exploitation of its contents to benefit the most diverse areas of human knowledge. The analysis and processing of digital images allows the automation of tasks that would usually be performed manually, such as access control to an office by means of fingerprints. The present project seeks to create a model that, through the analysis and processing of digital images taken to bacterial cultures, allows a projection of the production of enzymes (specifically metabolites) that degrade polysaccharides, automating the process, as well as seeking to give a quantitative characterization. The model to be developed is specifically from *Escherichia coli* bacteria, and subsequent stages of the current research would aim to develop the model of other bacteria.

Segmentation, enzyme, digital image, *Escherichia coli*

Citación: PÉREZ-TORRES, José Roberto, TORRES-MANCERA, María Teresa y PÉREZ-SÁNCHEZ, Grethell Georgina. Cuantificación de actividad de crecimiento de enzimas en cajas de petri a partir de imágenes digitales. *Revista de Cómputo Aplicado* 2017, 1-3: 66-72

*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: drrobertoperez@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Extraer información de interés de una imagen es uno de los propósitos de la visión por computadora/análisis y procesamiento de imágenes. La segmentación, consiste en seleccionar una región de interés dentro de la imagen. Dicha región puede usarse después para diferentes tareas tales como la extracción de funciones, etiquetado, etc.

Dentro del área de la biotecnología existe la tarea de medir la actividad de enzimas despolimerizantes colocadas en cajas de Petri, y la mayoría de las técnicas actuales llevan a cabo esta tarea de manera cualitativa. Determinar la presencia de actividad de una enzima bajo determinados factores (tales como tiempo, temperatura, concentración de la enzima, etc), requiere llevar a cabo diferentes experimentos para medir las zonas de crecimiento y entonces crear patrones que predigan el comportamiento de la enzima.

Con la ayuda del análisis y procesamiento de imágenes, se puede dar un carácter cuantitativo a la tarea para medir la actividad enzimática.

El presente artículo presenta el trabajo desarrollado durante la experimentación con cajas de Petri con agar para medir la actividad enzimática usando análisis y procesamiento de imágenes, comparando los resultados contra el método cualitativo.

Éste trabajo busca mejorar un método que, actualmente mide la actividad enzimática, además de desarrollar un método de testeo preciso para la medición de la bacteria. Esto puede lograrse mediante el análisis y procesamiento de imágenes para segmentar las regiones de interés, tarea que no se ha reportado en alguna otra literatura hasta donde tenemos conocimiento.

Primero se lleva a cabo la segmentación sobre fotografías de cajas de Petri en diferentes etapas de actividad enzimática. Una vez que las regiones de interés se han determinado, se hace la medición. Después dicha información es comparada con el actual método cualitativo.

Antecedentes

Diariamente se generan en el mundo grandes cantidades de desperdicio orgánico, por lo tanto, existe un gran interés en contar con métodos que permitan el manejo adecuado de dichos desperdicios.

México, además de ser un gran consumidor, es un fuerte productor de café, estando dentro de los 10 productores más grandes del planeta. La cantidad de desperdicio generado a través del procesamiento del grano de café es alto, por lo tanto, métodos que permitan aprovechar los restos del café contribuirían no solamente a la preservación del medio ambiente, sino se podría generar beneficio económico mediante la extracción y reuso de compuestos

Una investigación previa se enfocó en la caracterización del comportamiento en el desarrollo de enzimas para determinar su habilidad para degradar el desperdicio orgánico, tal como el del grano del café, variando factores como la temperatura y la concentración de la enzima, midiendo la actividad enzimática en diferentes etapas.

El estudio mencionado se centra en el desarrollo de una técnica sencilla para medir cualitativamente la presencia y actividad enzimática en cajas de Petri, buscando el desarrollo subsecuente de técnicas para degradar el desperdicio y extraer compuestos, específicamente de desperdicio del grano de café. Los experimentos permitirían contruir una curva estándar de la actividad enzimática.

Método anterior

Medios de cultivo se prepararon usando 15 g/L de agar con 2 g/L de pectinasa, xilanasa o celulosa. La solución fue preparada disolviendo 130 U/ml de pectinasa, xilanasa y celulosa en un amortiguador de fosfatos 50 mM pH 5.

Luego 3 μ l de cada disolución se colocó en el centro de la caja de Petri, dejándolo reposar durante 10 minutos bajo condiciones estériles. Después las cajas de Petri se incubaron a 30° y 40°C durante 24, 48 y 72 horas.

Después de que los cultivos estuvieron listos, las áreas de crecimiento se midieron estimando el diámetro de la región donde la enzima se desarrolló, ya que la región de interés parece ser circular. La figura 1 muestra un ejemplo de los cultivos.



Figura 1 Muestra de cultivo

A simple vista la región de actividad enzimática parece ser circular, pero usando procesamiento de imágenes la región de interés se extrajo del fondo. Ver la figura 2.



Figura 2 Región de actividad enzimática usando segmentación en imágenes de cultivos

Aunque la región de actividad parece circular, en la mayoría de casos no es un círculo perfecto, por lo tanto dependiendo de dónde se estima el diámetro del área de interés, la medición podría incluir regiones donde la enzima no se desarrolló (ver Figura 3), o descartar regiones donde la enzima se desarrolló (ver Figura 4).



Figura 3 Selección de actividad enzimática usando un diámetro horizontal. Se colocó un círculo perfecto en color rojo sobre la región de interés



Figura 4 Selección de actividad enzimática usando un diámetro vertical. Se colocó un círculo perfecto en color rojo sobre la región de interés

Método de medición mediante segmentación

La Figura 5 muestra el diagrama de flujo considerando los pasos generales que se tomaron para el desarrollo del método cuantitativo. Cada paso será explicado más a detalle en esta sección.



Figura 5 Diagrama de flujo indicando los pasos generales para hacer el método de medición cuantitativo

Usando Matlab las imágenes de las enzimas se procesaron. Las imágenes se tomaron con una cámara SONY DSC-S950 en formato JPG. Primero la imagen se presenta al usuario para que seleccione una región dentro de la imagen que contenga parcialmente áreas de actividad enzimática. La figura 6 muestra un ejemplo del área seleccionada por el usuario.



Figura 6 Región seleccionada por el usuario

Después, el color promedio de la región seleccionada anteriormente se calcula. Subsecuentemente la imagen entera es procesada para seleccionar las regiones con píxeles cuyo color se encuentra a cierta distancia euclídeana del promedio calculado previamente. La figura 7 muestra las regiones seleccionadas en color negro para distancias euclídeanas de 10, 35, 50 y 70 (superior izquierda, superior derecha, inferior izquierda e inferior derecha, respectivamente).

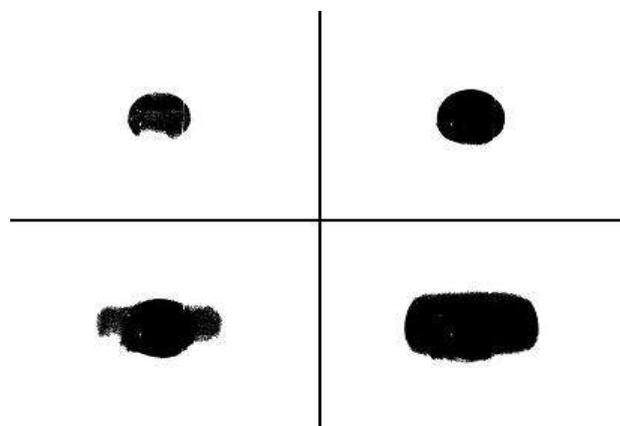


Figura 7 Segmentación aplicada usando distancias euclídeanas de 10, 35, 50 y 70 respecto al color promedio de la región seleccionada por el usuario

Se probó la segmentación con las siguientes distancias Euclídeanas: 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45 50, 60, 70. Entonces, dentro de las 10 regiones segmentadas con diferentes distancias Euclídeanas, manualmente se seleccionó la que mejor representaba la región de interés.

Se debe notar que las imágenes generadas en la investigación anterior se crearon bajo condiciones no controladas. Como trabajo futuro se incluirá el desarrollo del ambiente para generar imágenes con condiciones controladas (luz y distancia respecto a la cámara).

Considerando lo anterior, el siguiente reto consistió en establecer la forma de determinar cuántos píxeles representa una unidad de medida (por ejemplo mm, cm), de tal manera que las regiones segmentadas pudieran transformarse en áreas medidas de tamaño estándar.

Sabiendo que el diámetro de las cajas de Petri es de medida estándar (las cajas de Petri de 5 cm se usaron durante la experimentación), para cada imagen procesada, el diámetro se calculó considerando los bordes más alejados en ambas direcciones, vertical y horizontal. La mayoría de las mediciones tuvieron una variación de tan solo 1 o 2 píxeles entre ambas direcciones, horizontal y vertical).

Posteriormente, la conversión entre cuántos píxeles representa un centímetro fue hecha para cada imagen procesada. El paso final consistió en establecer cuantos píxeles cubre la región segmentada para cada imagen, y calcular cuantos cm^2 son cubiertos por la región de actividad usando la conversión descrita previamente en esta sección.

Resultados

La mejor relación entre la región de interés y las regiones segmentadas para las 10 distancias Euclídeanas se encontró entre distancias de 25 y 35.

El área de actividad enzimática se calculó usando las regiones segmentadas para cada imagen. Después, las medidas se compararon contra aquellas del método cualitativo. La Tabla 1 presenta los resultados de dicha comparación.

Imagen	Metodo Cualitativo	Metodo con segmentación
1	4.15	3.99
2	3.98	4.15
3	3.46	3.19
4	2.84	2.65
5	6.16	5.94
6	5.31	5.59
7	4.34	4.02

Tabla 1 Comparación de ambos métodos de medición, cualitativo y cuantitativo (el último a través de segmentación de imágenes)

Cabe mencionar que la variación entre mediciones en ambos métodos es pequeña, causada por la pérdida y agregación de regiones de actividad enzimática del método cualitativo como se muestra en las Figuras 3 y 4.

La Gráfica 1 muestra los resultados de ambos métodos, cualitativo y cuantitativo, para la actividad con celulosa a 30° después de 24 horas en diferentes concentraciones. Después, un modelo de regresión lineal (mostrados en las gráficas 1 y 2) se calculó para ambos métodos obteniendo una tendencia lineal con un error del 5%. La Gráfica 2 muestra el resultado de actividad enzimática a 30° después de 48 horas. Hay que notar que la pendiente de la línea se incrementa entre los 24 y 48 horas de actividad.

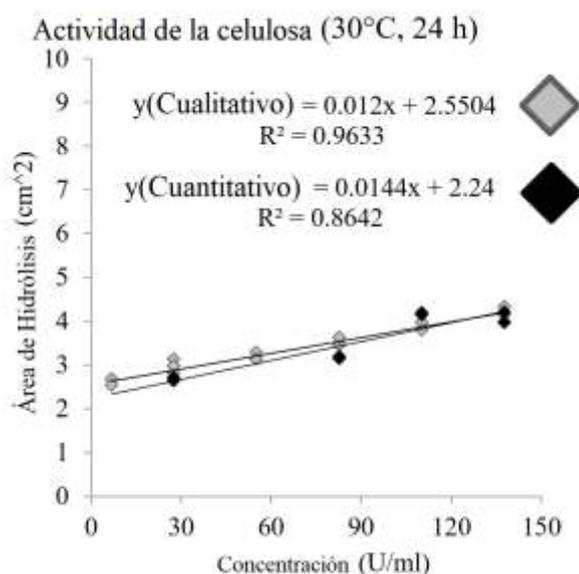


Gráfico 1 Actividad con celulosa a 30° después de 24 horas

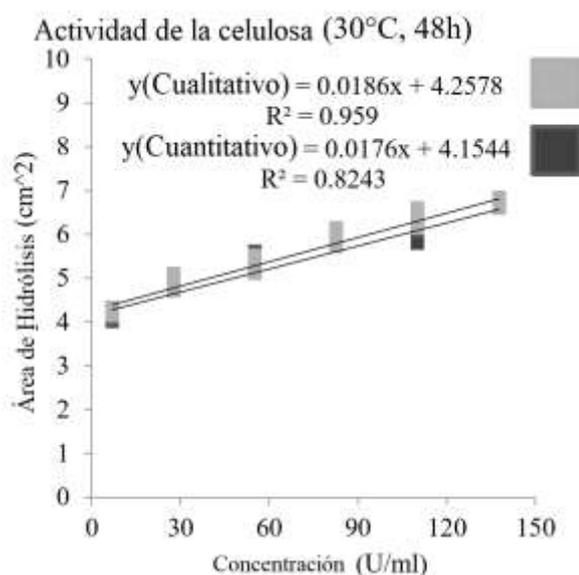


Gráfico 2 Actividad con celulosa a 30° después de 48 horas

Finalmente el coeficiente de determinación (R^2) se calculó usando las medidas de ambos métodos.

Después de 24 horas de actividad, R^2 es 0.96 y 0.86 para los métodos cualitativos y cuantitativos respectivamente. En el caso de 48 horas de actividad, R^2 fue de 0.95 y 0.82 para los métodos cualitativo y cuantitativo respectivamente. Se debe notar que en ambos casos R^2 se redujo para el método cuantitativo, probablemente porque refleja una conducta más certera de la actividad enzimática.

Agradecimientos

Agraecemos al Tecnológico Nacional de México (TecNM) y al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP, ITESCOAC-PTC-046) por su apoyo.

Conclusiones

Este artículo presenta los resultados experimentales para la cuantificación de regiones de actividad enzimática para la biodegradación de residuos orgánicos usando análisis y procesamiento de imágenes para segmentación, considerando la investigación previa desarrollada cuyos resultados son cualitativos. Esta tarea es alcanzada mediante la segmentación de actividad enzimática a través de la selección de áreas que caen dentro de cierta distancia Euclídeana comparado contra una región seleccionada por el usuario. Contrastado contra el método original, este trabajo presenta resultados consistentes y reproducibles que pueden posteriormente usarse para la caracterización de otras enzimas o bacterias.

Como trabajo futuro se realizará la automatización del método debido a que actualmente se requiere de ayuda del usuario para la selección de las regiones de interés.

Referencias

- Aguilar C.N., Guitérrez-Sánchez G., Prado-Barragán L.A., Rodríguez-Herrera R., Martínez-Hernández J.L., Contreras-Esquivel J.C. (2008). *Perspectives of solid state fermentation for production of food enzymes* Am. J. Biochem. Biotechnol. 4:354-366.
- Alonso Hernández, L., Benítez Quecha, Claribel, Morales García O., Silva Martínez, D. (2016), *Análisis de algoritmos para reconocimiento de imágenes digitales*, ECORFAN Revista de Sistemas Computacionales y TIC's, Vol. 2 No. 5 p. 82-93.
- Ambriz-Colín, F., Aviléz-Ferrera, J. J., Cano-Ramírez, J., Florez-Pérez, J. M. (2015), *Desarrollo de Interfaz Gráfica para la Experimentación de la Detección de Células*, ECORFAN Revista de Sistemas Computacionales y TIC's, Vol. 1 No. 1 p. 70-74.
- Aranda Delgadillo M., Medina Muñoz L. A., Rodríguez Espinoza I., González López S. (2017), *Aplicación de Técnicas de Visión Artificial y Sistemas Expertos para la Determinación del Valor de Monedas* ECORFAN Revista de Prototipos Tecnológicos, Vol. 3 No.7 p.7-12.
- Bangham, J.A., Ruiz-Hidalgo J., Harvey R.W., Cawley G.C (1998). *The segmentation of images using scale-space trees*. British Machine Vision Conference (BMVC-98), 1, 33-43.
- Chen, J., Pappas, T. N., Mojsilovic, A., Rogowitz, B. E. (October 2005), *Adaptive Perceptual Color-Texture Image Segmentation*, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 14.
- Dass., R., Priyanka, Devi, S. (March 2012) *Image Segmentation Techniques*. The International Journal of Electronics & Communication Technology, 3(1). 66-70.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (2008). *Digital Image Processing*, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Lárraga Altamirano, H. Piedad Rubio, A., Zapata Garay, N., Espinosa Guerra O., (2016), *Algoritmo para control de calidad mediante procesamiento de imágenes aplicado a la industria alimenticia*, ECORFAN Revista de Aplicación Científica y Técnica Vol. 2 No 3, p. 1-7.
- Malik, J., Belongie, S., Leung, T., Shi, J. (2001). *Contour and Texture Analysis for Image Segmentation*, International Journal of Computer Vision. 43(1), 7–27.
- Montoya-Aguilar, M., Cruz-Duarte, J. M., Aviña-Cervantes, J. G., (2015), *Multiumbral optimal segmentation through a metaheuristic optimization algorithm*, ECORFAN Journal – Democratic Republic of Congo, Vol. 1 No. 1 p. 31-37.
- Raof, R.A.A., Salleh, Z., Sahidan, S.I., Mashor, M.Y., Md Noor, S.S., Idris F. M., Hasan, H., (December 2008). *Color thresholding method for image segmentation algorithm of Ziehl-Neelsen sputum slide images*. Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control, 212-217.
- Torres-Mancera, M.T., Pérez-Torres, J.R., Lezama-Álvarez, S., Saucedo-Castañeda, G. (2016). *Estudio de la cuantificación de la actividad xilanasa, pectinasa y celulasa en cajas de Petri*. Proceedings of XXXVII Encuentro Nacional de la AMIDIQ, Puerto Vallarta, México.
- Torres-Mancera, M.T. (2013). *Obtención de ácido clorogénico de la pulpa de café a partir de extractos enzimáticos producidos por fermentación en medio sólido*. (Doctoral dissertation).
- Yang V.W., Zhuang Z., Elegir G., Jeffries T.W. (1995). *Alkaline-active xylanase produced by an alkaliphilic Bacillus sp isolated from kraft pulp*. J. Ind. Microbiol. Vol. 15, p. 434-441.

Instrucciones para Autores

[Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envio:Mes,Dia, Año); Aceptado(Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keyword

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper. Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para Autores

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

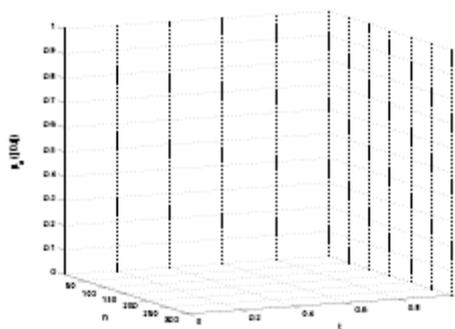


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

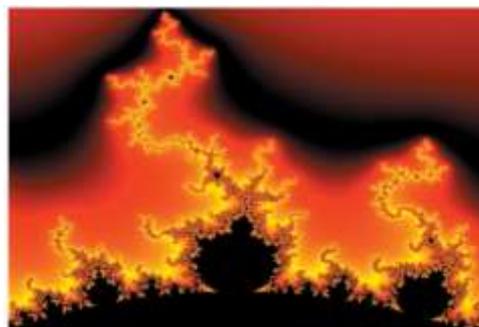


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Instrucciones para Autores

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia

Formato de Originalidad



Madrid, España a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Madrid, España a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Spain difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Spain to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Cómputo Aplicado

“Interfaz de ubicación de unidades de recolección de basura”

MARTINEZ-AGUILAR, Walter Fernando, PENICHE-RUIZ, Larissa Jeanette, GAMBOA-BORGES, José Raymundo, TURRIZA-PEÑA, José Armando

*Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Mérida*

“Generación automática de mapas de baches a partir de imágenes capturadas mediante dispositivos móviles”

GARCÍA-CARRASCO, Uriel, SABINO-MOXO, Beatriz Adriana, SÁNCHEZ-ACEVEDO, Miguel Ángel y MARQUÉZ-DOMÍNGUEZ, José Alberto

“Procesamiento y análisis de imágenes digitales de fondo de ojo para facilitar el tele-diagnóstico oportuno”

PONCE-RIVERA, Enrique, VILLALOBOS-CASTALDI, Fabiola Miroslaba, DAMIÁN-REYES, Pedro y CAMERO-BERRONES, Rosa Gabriela

*Instituto Tecnológico Superior de Pánuco
Universidad Nacional Autónoma de México
Universidad de Colima
Instituto Tecnológico de Cd. Madero*

“Algoritmo criptográfico con semilla caótica y generador congruencial para fortalecer la seguridad de los datos transmitidos de forma inalámbrica”

ELIZALDE-CANALES, Francisca Angélica, RIVAS-CAMBERO, Iván de Jesús, ARROYO-NÚÑEZ, José Humberto y RUEDA-GERMÁN, Clementina

“Módulo de administración para la comparativa SAT – UPFIM”

SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín y ÁNGELES-REYNA, Francisco

Universidad Politécnica de Francisco I. Madero

“Sistema de administración de almacén”

SOTO-FERNÁNDEZ, Susana Leticia, HERNÁNDEZ-ÁNGELES, Caín, ÁNGELES-REYNA, Francisco y HERNÁNDEZ-TAPIA, Zaila

Universidad Politécnica de Francisco I. Madero

“Cuantificación de actividad de crecimiento de enzimas en cajas de petri a partir de imágenes digitales”

PÉREZ-TORRES, José Roberto, TORRES-MANCERA, María Teresa y PÉREZ-SÁNCHEZ, Grethell Georgina

*Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco
Universidad Autónoma Metropolitana*

