

Desarrollo de una aplicación móvil para el control de una flotilla vehicular de recolección de residuos sólidos urbanos

M.T.I. Jorge Carranza Gómez¹, Ing. Leslie Yajaira Peña Vazquez²,
M.T.I. Juan Miguel Hernández Bravo³ y M.T.I. Rafael Hernández Reyna⁴

Resumen—Este artículo presenta alternativas de localización GPS para el desarrollo de una aplicación móvil que permita obtener el seguimiento de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos, con esta aplicación se busca que el administrador pueda observar la posición actual de cada vehículo en tiempo real, así como también conocer la ruta y horarios mediante la propuesta del aplicativo móvil.

Palabras clave— Residuos Sólidos, Métodos de recolección, Geolocalización.

Introducción

Los acumulamientos de basura generan día con día una muy mala imagen al Puerto de Acapulco, además provocan problemas de salud a las familias que habitan cerca de estos mismos. En ciertos lugares (calles, avenidas, andadores) se puede observar “puntos negros de basura”, los cuales tardan días en recolectarlos.

Anteriormente la disposición final de los residuos sólidos en Acapulco se hacía en tiraderos a cielo abierto clandestinos, desde 1970 a 1985 se comienza a depositar en el sitio denominado Lázaro Cárdenas, de 1985-2000 en el sitio denominado Carabalí. En el año 2000 la disposición se realizaba en el Ejido del Paso Texca; funcionando como un sitio controlado, es a partir del 3 de mayo de 2002, cuando se inaugura el primer relleno sanitario de la entidad, ubicado en el municipio de Acapulco, se ubica en el Kilómetro 25, de la carretera México, Acapulco, entre los paralelos de latitud norte 16° 58' y 33.28", los 99° 49' y 57.8" de longitud oeste. Durante la administración 2002-2005, en el municipio de Acapulco por disposición del Cabildo se instituyó la variable ambiental como requisito indispensable para las estrategias y acciones de todos los planes de trabajo del Gobierno Municipal. Al efecto, se elaboró el manual de operaciones para la orientación, organización e implementación de la variable ambiental.

La generación de los residuos sólidos urbanos se relaciona directamente con las actividades económicas y patrones de consumo de las sociedades modernas. En México los residuos sólidos urbanos (RSU) son una atribución directa a los municipios de acuerdo con la constitución política general y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR). Los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley de otra índole.

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) está relacionado con dichos residuos definidos en la LGPGIR como: conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Recientemente, se ha visto una tendencia en países en desarrollo de la participación del sector privado en el sector de los residuos sólidos urbanos, en parte impulsada por estándares más estrictos del medio ambiente y el reconocimiento de que el sector privado puede desempeñar un papel importante en la mejora de los problemas ambientales y de higiene en la recolección de desechos sólidos y su eliminación. En México, en la década de los años 80, se realizaron esfuerzos encausados al desarrollo de modelos matemáticos para el diseño de rutas de recolección de basura a través de una computadora (INE, 2000).

En lo que respecta a la revisión de casos en el contexto mexicano, se observa que aunque la aplicación de dispositivos GPS figura no es nueva, no hay evidencias técnicas documentadas de los resultados alcanzados, pues

¹ M.T.I. Jorge Carranza Gómez es docente de la Maestría en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Acapulco, jcarranzamx@gmail.com

² Ing. Leslie Yajaira Peña Vazquez es estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales en un programa PNPC en el Instituto Tecnológico de Acapulco, leylapena22@gmail.com (autor correspondiente)

³ M.T.I. Juan Miguel Hernández Bravo es docente de la Maestría en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Acapulco, jmhernan@gmail.com

⁴ M.T.I. Rafael Hernández Reyna es docente de la Maestría en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Acapulco, rherman7@yahoo.com.mx

la información de acceso público que se tiene disponible sólo permite presentar un panorama del por qué las administraciones municipales optaron por implementar esa tecnología sin dar a conocer los resultados o impactos reales (Eduardo Betanzo Quezada, 2016).

De acuerdo con estudios realizados en México, publicado en la revista Medio Ambiente, se estima que en promedio generamos 0.63 kg/hab/día de residuos sólidos domiciliarios (RSD). Si tomamos en cuenta los residuos sólidos municipales (RSM), es decir, los domiciliarios más otros residuos de origen comercial o que surgen de la limpieza de calles, parques y jardines, el número asciende a 0.93 kg/hab/día (INEGI, 2015).

Tomando estos datos, asumimos que una persona genera 0.63 kg RSD por día, una persona que viviera 75 años generaría a lo largo de su vida 17.2 toneladas de residuos. Una familia típica de cuatro miembros genera en promedio 70 toneladas de residuos, lo que equivale a un valor aproximado de 1 millón de latas de aluminio. Considerando este estudio y de acuerdo con el censo de la población en el estado de Guerrero existe una población de 3,533,251 habitantes, de modo que se estima que se produce alrededor de 3 mil toneladas de basura al día (INEGI, 2015).

El Estado de Guerrero tiene una superficie territorial de 64,281 km², en el cual viven poco más de tres millones de personas, lo que hace que se clasifique como la 12^a entidad más poblada de México; la mayoría de la población se concentra en la Ciudad y Puerto de Acapulco, de acuerdo con el INEGI tiene una población de 810,669 habitantes. Considerando, que en el puerto se producen de 142,540 toneladas a 290,240 toneladas de basura por semana (INEGI, 2015).

Lugar	Nota	Fecha	Fuente	Liga
Guadalajara, Jal.	"Prometen GPS en camiones de basura"	1 Ene. 2009	El Informador	http://limpiemoselsalto.blogspot.mx/2009/01/prometen-gps-en-camiones-de-basura.html
Tijuana, B.C.	"Municipio compra GPS para camiones de basura"	19 Dic. 2012	El Sol de Tijuana	http://www.oem.com.mx/elsoldetijuana/notas/n2813202.htm
Tijuana, B.C.	"Ayuntamiento coloca GPS en obsoletos camiones de basura"	5 Oct. 2013	www.zetatijuana.com	http://zetatijuana.com/2013/10/05/ayuntamiento-coloca-gps-en-obsoletos-camiones-de-basura/
Cajeme, Son.	"Eficientan recolección de basura con GPS en unidades"	19 Mar. 2010	elregionaldesonora	http://www.elregionaldesonora.com.mx/noticia/6632
Cajeme, Son.	"Contarán con GPS camión recolector de basura"	10 Sep. 2011	correorevista.com	http://correorevista.com/sur/contaran-con-gps-camion-recolector-de-basura/
Ciudad Madero, Tamps.	"Contaran con GPS camión recolector de basura"	15 Sep. 2011	Panucoaldia diariodebate	http://panucoaldia.diariodebate.info/index.php/2011/09/d16019-vigilaran-con-gps-a-camiones-recolectores-de-basura/
Matamoros, Tamps.	"Instalarán GPS a camiones de basura de Matamoros"	4 May. 2012	Grupo mi radio	http://www.grupomiradio.mx/portal/?p=55330
Aguascalientes, Ags.	"Controlará GPS rutas de basura"	8 Ago. 2013	Periódico am	http://www.am.com.mx/aguascalientes/local/controlara-gps-rutas-de-basura-37716.html
Guanajuato, Gto.	"Monitorean con GPS camiones de la basura"	7 Ene. 2014	El Sol de León	http://www.oem.com.mx/elsoldeleon/notas/n3248180.htm
Ciudad Juárez, Chih.	"Podrán incluir GPS para eficientar levantamiento de basura"	21 Feb. 2014	Noticias de Chihuahua	http://www.larednoticias.com/noticias.cfm?n=126150
Culiacán, Sin.	"Rastreo GPS para la Gestión de Residuos"	2014	GPS América	http://www.gpsamerica.com.mx/cms/index.php/en/mercados/gobierno/recoleccion-de-basura

Figura 1 Resumen del uso de sistemas de geo posicionamiento global (GPS) al servicio de recolección de residuos sólidos urbanos en ciudades mexicanas (Eduardo Betanzo Quezada, 2016)

Métodos de recolección

Métodos De Recolección.

La recolección de los residuos, uno de los más costosos elementos funcionales, es la parte medular del sistema de manejo de residuos sólidos y tiene como objeto primordial preservar la salud pública mediante la recolección de los residuos en todos los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento y/o disposición final, de la manera más sanitaria posible, eficientemente y con el mínimo costo.

Método de parada fija o de esquina.

Este método consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles, en donde previamente por medio de una campana se comunica la llegada del camión y los usuarios acuden a entregar sus residuos. El método de parada fija es de los más comunes y económicos, sin embargo cuando no hay quien tire la basura, ésta puede acumularse en exceso y ser arrojada clandestinamente.

Método de acera.

Consiste en que simultáneamente al recorrido del camión por su ruta, los "peones" de la cuadrilla van recogiendo los residuos, previamente colocados por los residentes en el frente de sus casas. Este método debe tener un horario y una frecuencia cumplida, y los residentes deben estar informados de ello, para sacar sus bolsas con

residuos en el momento adecuado evitando así que los perros u otros animales rompan las bolsas y derramen los residuos cuando se colocan con demasiada anticipación al paso del vehículo.

Con este fin, pueden instalarse soportes con canastillas metálicas para colocar las bolsas lejos del alcance de los animales. La cuadrilla del vehículo debe estar integrada por un chofer y dos peones, los cuales se encargarán de ir recogiendo las bolsas plásticas con los residuos y depositarlas en el vehículo, cada peón tendrá a su cargo una acera. El chofer de cada camión tiene como obligaciones cumplir con las rutas, horarios y frecuencias que se le hayan asignado, así como accionar el mecanismo de compactación cada vez que sea necesario.

Método de Contenedores.

La recolección mediante contenedores, requiere de empleo de camiones especiales y que los contenedores estén ubicados en forma accesible al vehículo recolector. Es un método ideal para centros de gran generación de basura; hoteles mercados, hospitales, industrias, tiendas de autoservicio, etc., exige que la recolección se haga con la debida oportunidad, ya que de lo contrario puede ocasionar focos de contaminación, al mantener almacenados grandes cantidades de residuos, en diferentes sitios de la ciudad.

Objetivo General

Desarrollar una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android, para el monitoreo del seguimiento de las rutas designadas a los vehículos de recolección de residuos sólidos urbanos.

Objetivos Específicos

- Analizar el proceso manual que se lleva a cabo en la Coordinación General de Servicios Públicos Municipales sobre el control de flotillas vehicular de residuos sólidos.
- El sistema podrá registrar las visitas a cada contenedor, hora de llegada y salida, con evidencia fotográfica en tiempo real, con la finalidad de obtener reportes de los servicios realizados durante el día de forma inmediata.
- El sistema permitirá conocer la ubicación del vehículo en tiempo real, para enviar una alerta al Coordinador cuando algún operador se desvíe de su ruta.
- Con el sistema podrá visualizar las actividades y el tiempo de traslado de un contenedor a otro.

Patrones de Diseño

Un *patrón de diseño* se caracteriza como “una regla de tres partes que expresa una relación entre cierto contexto, un problema y una solución”. Para el diseño de software, el *contexto* permite al lector entender el ambiente en el que reside el problema y qué solución sería apropiada en dicho ambiente. Un conjunto de requerimientos, incluidas limitaciones y restricciones, actúan como *sistema de fuerzas* que influyen en la manera en la que puede interpretarse el problema en este contexto y en cómo podría aplicarse con eficacia la solución (Pressman, 2010).

A partir de esta sección describiré el patrón de arquitectura para el diseño de software como alternativa para dar estructura y ayude al desarrollo de la aplicación móvil.

Modelo-Vista-Controlador o MVC (Model-View-Controller)

Es un patrón de arquitectura de software, que separa los datos y la lógica de negocio de una aplicación de su representación y el módulo encargado de gestionar los eventos y las comunicaciones. Para ello MVC propone la construcción de tres componentes distintos que son el modelo, la vista y el controlador, es decir, por un lado define componentes para la representación de la información, y por otro lado para la interacción del usuario. Este patrón de arquitectura de software se basa en las ideas de reutilización de código y la separación de conceptos, características que buscan facilitar la tarea de desarrollo de aplicaciones y su posterior mantenimiento (Fernández Romero, 2012).

- Modelo es el objeto que representa los datos del programa. Maneja los datos y controla todas sus transformaciones. El Modelo no tiene conocimiento específico de los Controladores o de las Vistas, ni siquiera contiene referencias a ellos. Es el propio sistema el que tiene encomendada la responsabilidad de mantener enlaces entre el Modelo y sus Vistas, y notificar a las Vistas cuando cambia el Modelo.
- Vista es el objeto que maneja la presentación visual de los datos representados por el Modelo. Genera una representación visual del Modelo y muestra los datos al usuario. Interactúa preferentemente con el

Controlador, pero es posible que trate directamente con el Modelo a través de una referencia al propio Modelo.

- Controlador es el objeto que proporciona significado a las órdenes del usuario, actuando sobre los datos representados por el Modelo, centra toda la interacción entre la Vista y el Modelo. Cuando se realiza algún cambio, entra en acción, bien sea por cambios en la información del Modelo o por alteraciones de la Vista. Interactúa con el Modelo a través de una referencia al propio Modelo.

Modelo: datos y reglas de negocio.

Vista: muestra la información del modelo al usuario.

Controlador: gestiona las entradas del usuario.

La figura 2 ilustra los elementos del patrón y la interrelación entre estos.

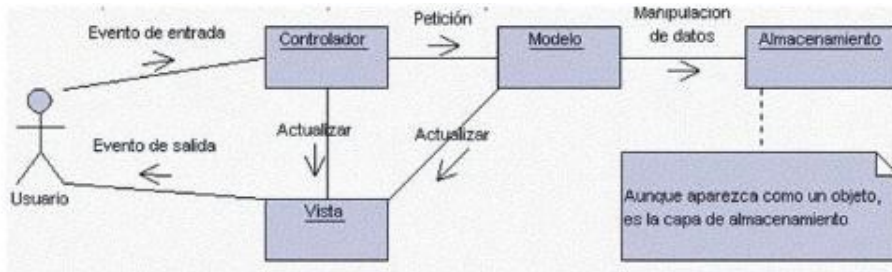


Figura 2 Interrelación entre los elementos del patrón MVC (Fernández Romero, 2012)

Arquitectura de Software

Arquitectura Cliente-Servidor

Es un modelo de aplicación distribuida en el que las tareas se reparten entre los proveedores de servicios, llamados servidores y los demandantes de estos servicios son llamados clientes. Un cliente realiza peticiones a otro programa, el servidor es quien le da una respuesta. Esta arquitectura puede ser aplicada a programas que se ejecutan en una sola computadora.

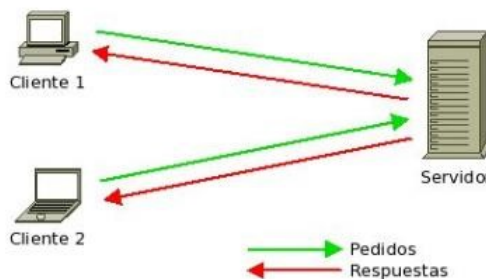


Figura 3 Modelo Cliente-Servidor

En esta arquitectura la capacidad de proceso está repartida entre los clientes y los servidores, aunque son más importantes las ventajas de tipo organizativo debidas a la centralización de la gestión de la información y la separación de responsabilidades, lo que facilita y clarifica el diseño del sistema. En la figura 3 podrá observar que tanto el Cliente como el Servidor son entidades abstractas que pueden residir en la misma máquina o en máquinas diferentes (Gallego, 2012).

Metodología de desarrollo de software

Para el desarrollo de la aplicación móvil descrita se propone la metodología *SCRUM*, debido a que este proyecto, debido a que es ágil y flexible para gestionar el desarrollo de software. Para el desarrollo de cualquier sistema, existen modelos que describen un orden y como deben de efectuarse estas fases, en el proceso del proyecto se elaboran ciertos modelos de procesos y diagramas, donde nos basaremos en la construcción primero la funcionalidad de la aplicación, en los principios de inspección continua, adaptación, autogestión e innovación del proyecto. Así lograr una aplicación de calidad y que cumpla con los requerimientos del cliente de forma satisfactoria.

Metodología Scrum

El método de Scrum es un método ágil que ofrece un marco de referencia para la administración del proyecto. Se centra alrededor de un conjunto de sprints, que son periodos fijos cuando se desarrolla un incremento de sistema.

Scrum es una metodología ágil y flexible para gestionar el desarrollo de software, cuyo principal objetivo es maximizar el retorno de la inversión para su empresa. La planeación se basa en priorizar un atraso de trabajo seleccionar las tareas de importancia más alta para un sprint. Los programadores trabajan en equipos Scrum bajo la supervisión del Scrum master, que ejecuta reuniones diarias, reuniones cortas para revisar el progreso en el que las personas se paran físicamente en lugar de sentarse. Se centra principalmente a nivel de las personas y equipo de desarrollo que construyen el producto. Su objetivo es que los miembros del equipo trabajen juntos y de forma eficiente obteniendo productos complejos y sofisticados. Se puede entender Scrum como un tipo de ingeniería social que pretende conseguir la satisfacción de todos los que participan en el desarrollo, fomentando la cooperación a través de la auto-organización. De esta forma se favorece la franqueza entre el equipo y la visibilidad del producto. Los equipos se guían por su conocimiento y experiencias más que por planes de proyecto formalmente definidos. La planeación detallada se realiza sobre cortos periodos permitiendo una constante retroalimentación que proporciona inspecciones simples y un ciclo de vida adaptable (Gallego, 2012).

A continuación, se muestra en la figura 4 el ciclo de vida del desarrollo Scrum para un producto de software.

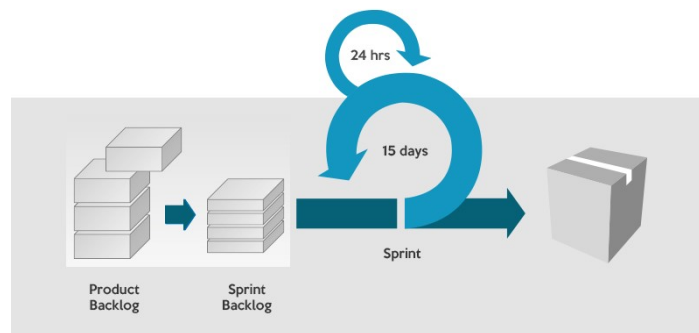


Figura 4 Modelo de desarrollo aplicando SCRUM

Scrum al ser una metodología de desarrollo ágil tiene como base la idea de creación de ciclos breves para el desarrollo, que comúnmente se llaman iteraciones que en Scrum se llamarán “Sprints”. Un *sprint* de Scrum es una unidad de planeación en la que se valora el trabajo que se va a realizar, se seleccionan las particularidades por desarrollar y se implementa el software. Al final de un *sprint*, la funcionalidad completa se entrega a los participantes. La figura 5 representa un diagrama del proceso de administración de Scrum. Este proceso no prescribe el uso de prácticas de programación, como la programación en pares y el desarrollo de primera prueba.

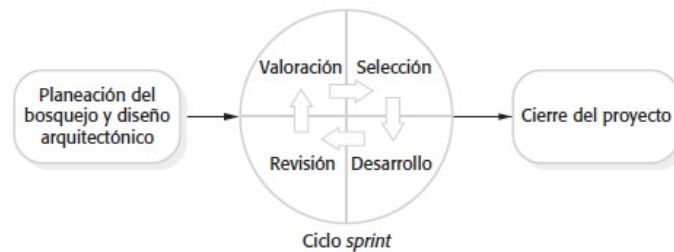


Figura 5 Proceso de un ciclo aplicando la metodología SCRUM (Sommerville, 2011)

Existen tres fases con Scrum. La primera es la planeación del bosquejo, donde se establecen los objetivos generales del proyecto y el diseño de la arquitectura de software. A esto le sigue una serie de ciclos *sprint*, donde cada ciclo desarrolla un incremento del sistema. Finalmente, la fase de cierre del proyecto concluye el proyecto, completa la documentación requerida, como los marcos de ayuda del sistema y los manuales del usuario, y valora las lecciones aprendidas en el proyecto.

Android

Android es un entorno de software creado para dispositivos móviles. Incluye un núcleo basado en el sistema operativo Linux, una completa interfaz de usuario, aplicaciones finales de usuario, bibliotecas de código, aplicaciones frameworks, soporte multimedia, y mucho más. Mientras que los componentes del sistema operativo están escritos en C o C++, las aplicaciones de usuario para Android se escriben en Java. Incluso las aplicaciones propias incorporadas están desarrolladas en Java.

Una de las características de la plataforma Android es que no hay diferencia entre las aplicaciones que incorpora y las aplicaciones que se pueden desarrollar con el SDK. Esto significa que es posible crear aplicaciones que aprovechan todo el potencial de los recursos disponibles en el dispositivo.

La característica más notable de Android podría ser que es de código abierto, y los elementos que le falten pueden o serán desarrollados por la comunidad global de programadores. El núcleo del sistema operativo basado en Linux no incluye un sofisticado intérprete de comandos pero, en parte, porque la plataforma es de código abierto y tú puedes desarrollar o instalar un intérprete de comandos en el dispositivo (Ruiz, 2016).

Geolocalización

La geolocalización denominada también como georreferenciación, es aquella que puntualiza la localización de un objeto en un sistema coordenado. Gracias a la red de satélites que envuelve al planeta y el auge de los dispositivos móviles de última generación, cuyo hardware trae integrado un receptor GPS; podemos decir que la geolocalización está en continuo crecimiento y explotación, por lo que será relativamente fácil localizarnos las 24 horas del día, los 365 días del año. Se observa que la geolocalización es de gran ayuda para ubicar lugares de nuestro interés, sin embargo no deja de ser un riesgo si nuestros datos llegan a caer en manos de criminales (ISACA, 2012).

Conclusiones

Este artículo, se describe en base al análisis realizado en la problemática de la Coordinación General de Servicios Públicos Municipales. Así mismo, se describen los métodos de recolección que se utilizan hoy en día en este lugar. Se analizan los tipos de localizadores GPS para el desarrollo de la aplicación móvil. El crecimiento en la adquisición de dispositivos móviles junto a la ampliación de las redes de datos resulta muy beneficioso para el desarrollo de esta aplicación. Se pretende generar los diagramas UML y planeación de los requerimientos necesarios para la creación de los módulos que la integrarán, y que servirán como base para la codificación y pruebas en trabajos futuros.

Referencias

- Acurio G., Rossin A., Teixeira P.F. y Zepeda F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana. Washington, D.C., EUA, 130 pp.*
- Armijo de Vega C., Puma A. y Ojeda S. (2012). *El conocimiento de los habitantes de una ciudad mexicana sobre el problema de la basura. Rev. Int. Contam. Ambie. 1, 27-35.*
- Betancourt Rodríguez L.E. (2018). *Sistema de Geolocalización móvil para la optimización del transporte público brindado por la cooperativa flecha verde- ruta 55. Guayaquil, Ecuador.*
- ISACA (2010). Conferencia. *Geolocalización: Riesgos, problemas y estrategias.* PARÍS.
- Google Map. (2017). *Google Maps.* Obtenido de Google Maps APIs: <https://enterprise.google.com/intl/es-419/maps/products/mapsapi.html>
- SEDESOL, 1999. *Manual de Técnicas Administrativas para el Servicio de Limpia Municipal. Editado por Ingeniería para el Control de Residuos Municipales e Industriales, S.A. De C.V. D.F. México*
- CONAGUA. *Registro Mensual de Temperatura Media en °C. Inédito.*
- CONAGUA. *Registro Mensual de Precipitación Pluvial en m. Inédito.*
- CONAPO, 2008. (Consejo Nacional de Población).
- SEDESOL 2005, *Estimación de generación de residuos sólidos en el Municipio de Acapulco.*
- Coordinación de Servicios Públicos Municipales, 2007, *Datos sobre la generación de residuos sólidos.* H. ayuntamiento de Acapulco, Gro.
- Dirección de Saneamiento Básico Municipal (2008), *Datos estadísticos sobre residuos sólidos, Acapulco, Gro.*
- INEGI, 2000. *Cuaderno estadístico Municipal de Acapulco de Juárez, Guerrero*