04-024

STUDY OF ALTERNATIVES FOR THE COLLECTION OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN A RESOURCE POOR CITY

Carlos Alberola, Mar [(1)]; Gallardo Izquierdo, Antonio [(1)]; Barreda Albert, Esther [(1)]; Colomer Mendoza, Francisco J. [(1)]

[(1)] Universitat Jaume I

Municipal waste collection is an essential task to ensure citizens health conditions. This daily task in countries with resources is not as usual in other places. When there is not a waste collection plan, means that quite often waste is not placed is the appropriate site and that it is sometimes uncontrolled burned. But the organization of the collection is complicated as there is not information like waste generation, population distribution in the town or the layout of the streets. The lack of economic resources makes it difficult to use geographic information systems or the acquisition of the suitable bins and trucks. This work defines the starting points to organize a waste collection of a town with low economical resources suggesting several alternatives when data is missing. First of all, the study analyses the characteristics and needs of the town. From the initial data, the waste fractions to collect are determined as well as the way of collection adapted to the available resources. The study is applied at Nikki, an African town without a waste collection plan.

Keywords: collection; municipal solid waste; available resources; developing countries

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA RECOGIDA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN UNA CIUDAD CON ESCASEZ DE RECURSOS

La recogida de residuos sólidos urbanos es una tarea fundamental para garantizar las condiciones de higiene y salubridad de las personas. Esta tarea es habitual en ciudades con recursos, pero no en lugares con limitaciones económicas. El no disponer de un plan de recogida, supone que los residuos se depositen en cualquier lugar o que se recurra incluso a incineraciones incontroladas. La organización de la recogida es complicada cuando existe una falta de información como la generación de residuos, la distribución de la población o el trazado de las calles. Por otro lado, la falta de recursos económicos dificulta el uso de sistemas de información geográfica o la adquisición de los contenedores y camiones idóneos. En este trabajo se definen los puntos de partida necesarios para organizar una recogida de residuos de una población con bajos recursos proponiendo una serie de alternativas ante la falta de datos. En primer lugar, se analizan las características y necesidades de la población. A partir de los datos iniciales se determinan las fracciones que conviene recoger y el modo de recogida adaptado a los recursos disponibles. El estudio se aplica a Nikki, una ciudad africana que carece de un servicio de recogida de residuos.

Palabras clave: recogida; residuos sólidos urbanos; recursos disponibles; países en desarrollo

Correspondencia: Antonio Gallardo Izquierdo gallardo@uji.es

©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

1. Introducción

La gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los problemas ambientales más complejos en los países en desarrollo donde los servicios suelen ser deficientes. Concretamente en Benín, se recogen menos del 42% de los residuos generados (UNEP, 2018). El rápido crecimiento urbano, acompañado por la creciente densidad de población, el aumento de la generación per cápita de residuos sólidos y la falta de infraestructura adecuada para la eliminación de residuos, empeoran los problemas ya significativos de la gestión de residuos sólidos. Los residuos no recolectados que se dejan cerca de las casas, en las calles o en los mercados bloquean los desagües abiertos con el consiguiente estancamiento del agua. Esto favorece la reproducción de mosquitos que pueden ser portadores de enfermedades como la malaria y dengue.

La recogida de residuos de una población es una tarea esencial para garantizar la higiene y salud de las personas que allí conviven. Este servicio que hoy en día garantizan muchos municipios, no es todavía una realidad en algunos puntos del planeta. No recoger los residuos urbanos implica que éstos acaben en lugares no apropiados, o que se eliminen inadecuadamente. Alves et al. (2020) han encontrado que por ejemplo en Brasil existen unos 3.000 vertederos incontrolados distribuidos entre 1.600 ciudades. Aunque se han hecho esfuerzos por eliminar el vertido incontrolado, no se han logrado erradicar. Estos autores propusieron un sistema de bajo coste capaz de tratar el residuo orgánico que estuviera adaptado al presupuesto municipal. Olukani et al (2020), a partir de encuestas que realizaron en Nigeria, constataron que el 36,6% de las personas encuestadas depositaban sus residuos en vertederos incontrolados. Otros métodos utilizados para la eliminación de residuos por las municipalidades, en este caso de estudio, era la quema y el soterramiento de los residuos. En este estudio también comprobaron que la mayoría de los encuestados admitía que conocía la presencia de agencias en sus comunidades dedicadas a la recogida de residuos, pero un 24% comentaron que dicha recogida solamente se efectuaba una vez al mes. Para que los ciudadanos confíen plenamente en el servicio de recogida, es evidente que hay que tener una frecuencia de recogida adecuada y que les resulte más fácil la tarea de depositar los residuos en contenedores cercanos a sus casas que depositarlos en vertederos incontrolados a cielo abierto. De no ser así, el sistema de recogida de residuos no será aceptado entre la población y tenderá al fracaso. En este sentido, es importante concienciar a la población de la necesidad de disponer los residuos en los lugares específicamente destinados a ello, para lo cual se debe realizar una campaña de formación e información. Mofid-Nakhaee et al. (2020) mostraron el impacto de realizar una campaña de formación, comparando los resultados obtenidos en un sistema de gestión de residuos sólidos en el cual no se había realizado una formación de los ciudadanos. En la recogida con información previa a los ciudadanos se observó una reducción del 40% del coste total del servicio y un incremento del 17% en el impacto social.

Otro aspecto a tener en cuenta en un sistema de gestión de RSU es decidir las fracciones de residuos a recoger, de manera que se puedan recuperar materiales y conseguir que éstos sean de mayor calidad a la obtenida si los residuos se recogen conjuntamente. En algunos estudios sobre caracterización de residuos en países con situaciones similares a Benín, como por ejemplo el de Haile, Mohammed y Gebretsadik (2019) en una zona de Etiopía, se ha determinado que la fracción orgánica es la mayoritaria representando el 34% del total y que de las fracciones recuperables el plástico es la más abundante (6,08% del total). En estas zonas, altamente agrícolas, la recogida separada de la fracción orgánica cobra un gran sentido ya que se podría utilizar como compost de calidad en este sector. La fracción de plásticos es, de las fracciones recuperables, la más elevada y que se suele

recoger de manera informal en estos países para darle un segundo uso. Cobra sentido pues, plantear una recogida separada también de esta fracción para aumentar su calidad.

Finalmente, destacar que para garantizar que los objetivos de recogida de residuos se puedan cumplir en lugares con bajos recursos económicos, las propuestas de gestión que se realizan deben adaptarse al contexto al que van destinadas.

2. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es diseñar una propuesta de recogida de RSU adaptada al contexto de una ciudad en la que actualmente no existe. La recogida de residuos en un municipio es una actividad esencial para garantizar la salubridad de las personas que allí habitan. Para lograr este objetivo se debe analizar la situación de partida de la población en cuanto a la gestión de RSU, posteriormente definir y recopilar la información necesaria para iniciar el análisis y finalmente proponer una recogida adaptada a los recursos y necesidades de dicha población. En este caso, se ha analizado la situación de Nikki, una población situada en Benín (África) (Figura 1). Se trata de una ciudad que no dispone de una recogida de residuos organizada y cuyos recursos son limitados. El rápido crecimiento urbano, acompañado por la creciente densidad de población, el aumento de la generación per cápita de RSU y la falta de terrenos convenientemente ubicados para la eliminación desechos, apuntan a un rápido empeoramiento de los problemas ya significativos de la gestión de RSU.

Figura 1: Ubicación de Nikki (Benín)

Las alternativas de recogida que se generen para un caso como el de Nikki, deben estar adaptadas a sus características y recursos para que pueda convertirse en una realidad. En este artículo se analizan las necesidades y restricciones que presenta una ciudad que no dispone de recogida organizada de RSU y se plantean posibles soluciones teniendo en cuenta las características socioeconómicas propias de la población.

3. Metodología. Caso de estudio

El caso de estudio se centra en una población africana que no cuenta con una recogida organizada de RSU. En primer lugar, se ha determinado la situación actual de la población definiendo las necesidades principales y las restricciones del entorno. En segundo lugar, se ha procedido a la búsqueda de la información básica de partida. Cabe decir, que este punto

ha sido uno de los más costosos ya que uno de los obstáculos a los que se ha hecho frente es la falta de datos, tanto institucionales como privados, necesarios para proceder al diseño del proceso de recogida. Datos como el número de habitantes, así como su distribución en el núcleo urbano no han sido fáciles de determinar debido a la ausencia de información. Por otro lado, ante la falta de datos propios se ha estimado tanto la generación de RSU como su composición, a partir de datos de una ciudad cercana. Dicha ciudad tiene unas características similares al caso de estudio. Finalmente, se ha procedido a definir las fracciones de residuos a recoger de forma separada en función de las características singulares de Nikki, la cantidad de contenedores en los que los ciudadanos deberán depositar los residuos y finalmente el número y tipo de vehículos necesarios. La figura 2 resume la metodología seguida en este estudio.

Figura 2. Metodología para la implantación del sistema de recogida

4. Resultados

El caso de estudio se centra en una población africana, Nikki (Benín). El municipio de Nikki tiene una superficie de 3.171 km^2. Se encuentra en el departamento de Borgou, a 529 km de Cotonú (capital económica de Benín) y a 115 km de Parakou. Es uno de los distritos administrativos más antiguos del departamento de Borgou y está limitado al norte por la comuna de Kalalé, al sur por el de Pèrèrè, al este por la República Federal de Nigeria y al oeste por las comunas de Bembèrèkè y N'Dali

La economía de Nikki se caracteriza por ser una economía basada en la agricultura y la ganadería. Concretamente, más del 70% de la población activa vive de la agricultura. Los principales productos que se cultivan son algodón y mandioca. Según OAN International (2019), organización que trabaja exclusivamente en Nikki junto a los agentes locales del desarrollo, esta región es una de las zonas más rurales y con menos recursos de la nación.

Actualmente en Nikki no existe ningún control sobre la gestión de residuos. Solo se conoce una recogida informal de los residuos plásticos y de chatarra. Estos residuos se venden posteriormente en Cotonou donde se acondicionan para ser reutilizados. Pero la mayor parte de los residuos domésticos generados se depositan en lugares no acondicionados, espacios abiertos, vías de acceso cercanas a las viviendas, cursos de agua o vertederos incontrolados como muestra la figura 3. Una vez acumulados los residuos, una gran parte de los mismos se queman en el mismo lugar con los consiguientes problemas de contaminación e insalubridad que esto conlleva.

Figura 3. Vertidos incontrolados en la ciudad.

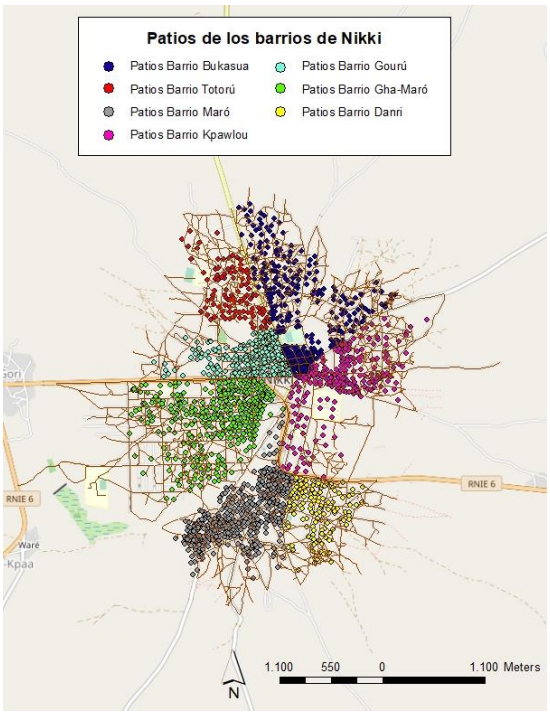
Nikki cuenta con una serie de restricciones tanto de carácter legislativo y económico como social que dificultan la puesta en marcha de un plan de recogida de residuos. Al escaso presupuesto económico se une una falta de legislación al respecto, poco personal técnico, poca concienciación social respecto a la recogida de RSU y una gran ausencia de datos que permitan abordar la problemática en torno a la gestión de residuos.

En cuanto al número de habitantes, los datos más recientes encontrados han sido los correspondientes al Plan Desarrollo Comunal de la República de Benín (PDC) que indican que la población ascendía a 66.109 habitantes. Esta población se distribuye en siete barrios: Bukasua, Gha-Maró, Kpawlou, Gourú, Danri, Totorú y Maró, pero no se tienen datos sobre la distribución de la población por barrios. Este dato es esencial para determinar la generación en cada barrio y así poder dotarlos de las infraestructuras necesarias. Para conocer la distribución de la población y ubicarla en la ciudad tal y como hicieron autores como Gallardo et al. (2014), se ha necesitado en primer lugar, digitalizar toda la red de calles, ya que es uno de los datos que no estaban disponibles. Para ello, se ha utilizado el programa informático ArcGis y se ha tomado tomando como base los datos en Open Street Maps. Además, Nikki tiene una característica especial en cuanto a la configuración de su casco urbano. Las viviendas se agrupan en grupos de cuatro o cinco casas alrededor de un patio común dónde conviven conjuntamente diversas familias. Estos patios han sido introducidos en un mapa digitalizado con la ayuda de Open Street Map como muestra la figura 4. En esta figura se puede observar la distribución de los patios en los siete barrios en los que se divide la ciudad. Se considera que estos patios serían el lugar idóneo para ubicar los contenedores ya que se encuentran cerca de las casas y están en zonas comunes en las que, en la actualidad, las familias conviven. Como en cualquier otra ciudad, los contenedores deben ubicarse cerca de los ciudadanos para conseguir que se involucren en el proceso. La contrapartida de ubicar los contenedores en los patios es que se accede en ocasiones por calles muy estrechas y sin pavimentar por las cuales un vehículo de recogida no podría entrar. La gran mayoría de las calles de Nikki están sin pavimentar, son estrechas y se deterioran en la estación de lluvias. Por tanto, se necesitaría también ubicar unos puntos de parada de los vehículos de recogida en las calles principales de la ciudad y que estuvieran cerca de los patios. Los ciudadanos serían los encargados de acercar los residuos al punto de recogida más cercano ubicado en una de las calles principales circundantes en los días especificados.

La información relativa a trazado de calles, ubicación de patios, viviendas y posibles puntos de recogida se ha recogido en un mapa con el programa Arc Gis. Para ello, se han trazado un total de 3.418 líneas relativas a las calles, se han ubicado 6.996 puntos que corresponden a las viviendas, 1.752 puntos para los patios y 813 puntos para ubicar los

puntos de recogida. Esta gran labor de búsqueda y organización de datos, ya supone un gran avance para la gestión de los residuos en Nikki.

Figura 4. Patios por barrios en la ciudad de Nikki



La tabla 1 muestra el número total de patios y de viviendas en cada barrio de la ciudad. Los tres barrios con más viviendas son Maró con un total de 1.637 viviendas, seguido de Gha-Maró con 1.467 viviendas y Bukasua con 1.202 viviendas. Le siguen en orden de número de viviendas Kpawlou con 921, Gourú con 867 y Danri con 516 viviendas. Por su parte, el barrio menos poblado es Toturú con únicamente 386 viviendas. Al no disponer de una información previa relativa a la distribución de las personas en la ciudad, estos datos son clave para determinarla.

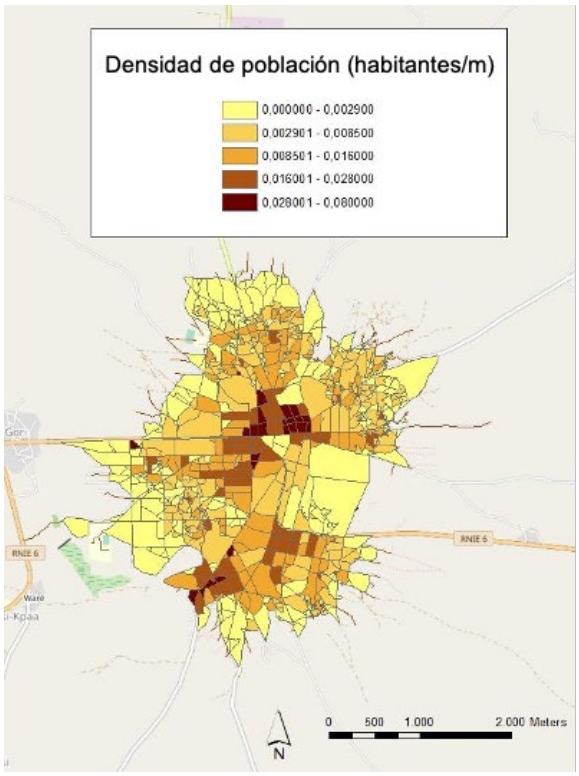
Tabla 1. Viviendas y patios por barrios.

Barrios	Bukasua	Kpawlou	Danri	Maró	Gha-Maró	Gourú	Totorú
Nº de viviendas	1.202	921	516	1.637	1.467	867	386
Nº de patios	301	231	129	410	367	217	97

Seguidamente, se ha calculado la distribución lineal de la población en el casco urbano. Teniendo en cuenta que en cada casa conviven una media de 8,8 personas según los datos del PDC y conociendo la distribución de los hogares mostrados en la figura 5, se ha calculado y representado la distribución lineal de la población en el entorno urbano. La figura 5 muestra la distribución lineal de habitantes en la ciudad. De esta figura se desprende que las zonas más pobladas se encuentran preferente en el centro de la ciudad, es el caso de los barrios Bukasua y Gha-Maró. También se observa una zona densamente poblada en el barrio de Maró. La parte periférica de la ciudad, indistintamente del barrio al que pertenezca,

está menos poblada y por tanto tendrá unas necesidades diferentes, aunque en algunas de estas zonas menos habitadas, existen algunos puntos concretos de concentración de personas.

Figura 5. Distribución lineal de la población



Como se ha comentado anteriormente, en Nikki no existen datos de generación de residuos. Para paliar esta desinformación, se ha recurrido a buscar datos en poblaciones cercanas de características similares. Según el INSAE, en 2003, en Bembéréké, la media de generación por habitante era de 0,99 $\pm$ 0,16 kg·día^{-1} de residuos domésticos en la estación seca y de 0,87 $\pm$ 0,19 kg·día^{-1} en la temporada de lluvias. En cuanto a la composición anual en peso de los residuos, según Nghane (2015), la fracción de plásticos representa un 3,21%, la de papel y cartón un 1,60%, la de tela/cuero es de 0,99%, los metales 0,89%, la goma 0,07%, las baterías 0,28%, el vidrio/cerámica 0,37%, la materia orgánica biodegradable un 37,71% y una última fracción formada por escombros y finos un 54,87%.

A la vista de los datos anteriores y de la observación de campo efectuada por OAN International (2019), se extrae que las fracciones que sería interesante recoger de manera separada serían por una parte el plástico por otra parte, la fracción orgánica y finalmente, una fracción de residuos mixtos que incluya el resto de fracciones. Desde dicha organización se muestran especialmente preocupados por el aumento en los últimos años de los plásticos procedentes de bolsas de plástico principalmente. La fracción orgánica y los plásticos son dos de las fracciones mayoritarias que pueden ser posteriormente reutilizadas y se les puede sacar un valor adicional. El residuo orgánico se podría convertir en compost y darle uso en la agricultura (que es el principal sector económico de la zona) y el plástico puede venderse para ser reciclado posteriormente. Cuanto más puras se encuentren estas fracciones, mayor es su valor posterior para que puedan ser recicladas. En la tabla 2 se muestran los datos de generación de cada una de las fracciones que se pretenden recoger

de forma separada. Se ha tomado el valor más elevado para cubrir las necesidades en la situación más desfavorable.

Tabla 2. Generación de las tres fracciones de residuos

	Residuo Mixto	Residuos Plásticos	Residuo Orgánico
Generación máxima (kg/habitante día)	0,75	0,04	0,36

A partir de los datos de la tabla 2, se puede calcular la cantidad de residuo que se generaría en cada patio. Este dato es necesario para calcular la necesidad de contenedores en cada zona. Además, para llevar a cabo el análisis del volumen necesario de los contenedores, se debe de tener en cuenta que los vehículos de recogida que se podrían utilizar no disponen de ningún dispositivo para descargar los contenedores. Por este motivo, los contenedores de basura deberán de ser levantados de manera manual por personas. Teniendo en cuenta la salud de los trabajadores encargados de descargar la basura en el vehículo, se ha fijado como carga máxima por contenedor un valor de 25 kg.

El número de contenedores a instalar para cada fracción dependerá, además, de la frecuencia de recogida (Fr) elegida. Para cada fracción de residuos se ha calculado el número necesario de contenedores según diferentes Fr: diaria, tres veces a la semana, dos veces a la semana y una vez a la semana. Los contenedores se ubicarán en cada patio y estarán accesibles a las viviendas entorno al mismo.

Tabla 3. Contenedores totales necesarios para la recogida de residuos según Fr

	Fr=7	Fr=3	Fr=2	Fr=1
Orgánica	1.752	1.752	1.776	2.349
Plásticos	1.752	1.752	1.752	1.752
Mixtos	1.752	2.343	2.962	4.808

Lo más importante a tener en cuenta es que debe haber una regularidad en la frecuencia del servicio de recogida ya que, de otro modo, lo único que se conseguiría sería una pérdida de confianza por parte de los ciudadanos en este proceso y por tanto que no se consiguiera involucrar a la ciudadanía en el proceso.

Las temperaturas ambientales afectan a la frecuencia a la que deben recogerse los residuos. Hay que tener en cuenta que el clima cálido de Nikki (tropical árido) debe influir, sin duda, en la frecuencia de recogida de las diferentes fracciones.

Es por ello que la frecuencia de recolección de los residuos mixtos debe ser al menos de 2 veces a la semana para evitar olores e insectos. En cuanto a cantidades generadas, se ha analizado que la cantidad generada de residuos mixtos provoca que haya un máximo de 1 contenedor por patio para la recogida diaria, 3 para una recogida de tres veces a la semana y 4 para la recogida de dos veces a la semana. De acuerdo con los datos de la tabla 3, para esta fracción de residuo, se necesitaría finalmente un total de 1.752 contenedores para la recogida diaria, 2.343 contenedores en caso de que se realice la recogida tres veces a la semana y 2.962 contenedores para la recogida de dos veces a la semana.

Por lo que respecta a los residuos plásticos, su frecuencia de recogida puede ser menor que la de los residuos mixtos, siendo suficiente una frecuencia de recogida de una vez a la

semana. Pero dado que este tipo de residuo podría estar impregnado de residuos orgánicos, se establece que la frecuencia mínima de recogida será de 2 veces a la semana para evitar malos olores y la proliferación de insectos. Teniendo en cuenta la generación de residuos plásticos se establece que, con un contenedor de residuos por patio, sería suficiente para cualquier frecuencia de recogida, lo cual equivale a un total de 1.752 contenedores.

Los residuos orgánicos, por su parte, debido a sus características deberían recogerse como mínimo dos veces a la semana, aunque sería preferible una frecuencia mayor. Teniendo en cuenta las cantidades generadas de esta fracción de residuo, se ha calculado que debería haber 2 contenedores por patio. Finalmente se ha calculado que sería necesario un total de 1.753 contenedores para la recogida de tres veces a la semana y 1.776 contenedores para la recogida de dos veces a la semana.

En cuanto al tipo de vehículos de recogida, éstos deben cumplir una serie de requisitos como por ejemplo que su coste de adquisición y mantenimiento sea reducido, que se pueda adquirir en la zona, que el vehículo pueda circular por calles estrechas y sin pavimentar las cuales sobretodo en la temporada de lluvias se encuentran en mal estado y que los residuos puedan viajar cubiertos para evitar su derrame y olores en el entorno de la población. El vehículo que mejor cumple todas estas condiciones sería pues el triciclo motorizado con cabina, apto para recoger cualquiera de las tres fracciones propuestas. La capacidad del vehículo escogido es de 2,25 m^3. La ciudad se ha dividido en 6 sectores correspondientes a un sector por barrio. Así pues, cada uno de los barrios será un sector, excepto el sector 5, en el que engloba los barrios de Totorú y Danri, los cuales tienen un menor número de patios a recoger. De este modo, el barrio de Bukasua será el sector 1, Gha-Maró el 2, Kpawlou el 3, Gourú el 4, Danri y Totorú el 5 y Maró el 6. La tabla 4 muestra el número de vehículos necesarios para realizar la recogida en toda la ciudad según la frecuencia de recogida elegida.

Tabla 4. Número de vehículos necesarios en función de la Fr

	Fr=3	Fr=2	Fr=1
Orgánicos	13	9	5
Plásticos	12	9	5
Mixtos	15	13	11

5. Conclusiones.

En este trabajo se ha propuesto un plan para la recogida de residuos de Nikki, una ciudad que no cuenta con una recogida organizada y que presenta una serie de restricciones como la falta de recursos, de legislación al respecto y de concienciación social.

También se han tenido en cuenta las características urbanísticas de la población como es la agrupación de hogares entorno a patios. Se ha tenido que elaborar una gran cantidad de datos de partida y estimar algunos que no se encuentran disponibles. Para ello se han utilizado los datos referentes a trazado de calles, ubicación de viviendas y de patios disponibles en open Street Maps que se han ido configurando en un mapa con el programa ArcGis. Los datos correspondientes a generación y composición se han estimado a partir de datos disponibles en una ciudad cercana de características similares. Por tanto, se ha realizado una gran labor de búsqueda y de organización de la información, clave para plantear un buen servicio adaptado a las necesidades de este entorno.

Con la información de partida, se ha propuesto un sistema mixto que aunaría las ventajas de recogida puerta a puerta de los residuos, ya que los usuarios los depositan en los patios próximos, junto a un sistema de recogida a nivel de acera, ya que en los días de recogida estos residuos serán transportados por los usuarios a la parada de recogida de la calle principal más próxima.

Se ha planteado una recogida de tres fracciones: la fracción orgánica, la fracción de plásticos y una fracción de residuos mixtos. Para cada una de ellas, se ha realizado un estudio de la frecuencia de recogida apropiada y se ha determinado los contenedores y vehículos que harían falta en cada caso en función de la Fr estipulada.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la ONG "OAN International" por su labor en el intercambio de los datos de campo necesarios para llevar a cabo este estudio.

6. Referencias

Alves de Carvalho, J.P., Perez Ribeiro, N., da Rocha Franco, C., Catapan, A. & Borsato, M. A product-service-system proposal for municipalities in developing countries with tight budget to convert the organic waste in energy to eliminate dumps. Waste Management. Volume 106, 1 April 2020, Pages 99-109

Gallardo, A., Carlos, M., Peris & M., Colomer, F.J. 2014. Methodology to design a municipal solid waste generation and composition map: A case study. Waste Management 34, 1920-1931.

Haile, M.Z., Mohammed, ET. & Gebretsadik F.D. 2019. Physicochemical Characterization of Municipal Solid Waste in Sawla town, Gofa, Zone, Ethiopia. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. Vol 23 (11)

INSAE. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique. Ministère Chargé du Plan, d. L. (2003). Tome 3. Caractéristiques socioculturelles et economiques.

Mofid-Nakhaee, E., Barzinpour, F. & Pishvaee, M. S. A sustainable municipal solid waste system design considering public awareness and education: A case study. 2020. Waste Management and Research. https://doi.org/10.1177/0734242X20910206.

Ngahane E.L. 2015. Gestion technique de l'environnement d'une ville (Bembéréké au Benin): Caractérisation et quantification des déchets solides émis; connaissance des ressources en eau et approche technique. Doctoral Thesis. Université de Liège, Liège, Belgique. http://hdl.handle.net/2268/177863.

UNEP (2018). Africa Waste Management Outlook. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. (s.f.).