

METHODOLOGY FOR THE ESTABLISHMENT OF EFFICIENT WASTE MANAGEMENT PLANS AT UNIVERSITY CENTERS. APPLICATION TO UNIVERSITAT JAUME I

Gallardo Izquierdo, Antonio; Renau, Mireia; Edo, Natalia; Carlos, Mar

Universitat Jaume I

To contribute to the correct management of the waste generated by society is very useful the design and the implantation of tools that from the analysis of the initial situation allow to reduce the quantity of generated waste, and to improve their management. The lack of waste characterization at universities reflects the need to investigate and study the composition of this type of waste in order to have the necessary information to propose measures to minimize and to exploit it.

A waste management plan is an organization tool that after an exhaustive analysis and a good knowledge of the quantity and type of generated waste sets out measures to be applied, in this case at universities, in order to improve the waste management generated at it and to reduce as far as possible waste generation.

In this paper we have defined a methodology to propose a plan of waste management adapted to the universities. Afterwards, the designed methodology has been applied to the specific case of the Universitat Jaume I, to identify and quantify all kind of wastes generated at it, and to propose a set of measures that allow a more efficient waste management than the current one.

Keywords: *University waste; Waste management plan; Characterization; Minimization measures*

METODOLOGÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE GESTIÓN EFICIENTE DE RESIDUOS EN CENTROS UNIVERSITARIOS. APLICACIÓN A LA UNIVERSITAT JAUME I

Para contribuir a la correcta gestión de los residuos que se generan en la sociedad actual es muy útil el diseño e implantación de herramientas que, a partir del análisis de la situación de partida, permitan reducir la cantidad de residuos generados y mejorar su gestión. La falta de estudios de caracterización de residuos procedentes de centros universitarios, deja patente la necesidad de investigar en este campo, con el objetivo de disponer de datos suficientes para proponer medidas destinadas a la minimización y aprovechamiento de los mismos.

Un Plan de Gestión de Residuos es una herramienta de planificación que tras un análisis exhaustivo y un buen conocimiento de la cantidad y tipo de residuos, plantea una serie de medidas a aplicar, en este caso en las universidades, para mejorar su gestión y reducir en lo posible su tasa de generación.

En este trabajo se ha definido una metodología para proponer un plan de gestión eficiente de los residuos adaptado a los centros universitarios. Posteriormente se ha aplicado al caso concreto de la Universitat Jaume I, para identificar y cuantificar todas las corrientes de residuos generadas en ella, y así proponer un conjunto de medidas que permitan mejorar la actual gestión.

Palabras clave: *Residuos universitarios; Plan de gestión de residuos; Caracterización; Medidas de minimización*

Correspondencia: gallardo@uji.es

1. Introducción

El diseño de programas de gestión de residuos en las universidades de los países industrializados comenzó hace más de 20 años, varían desde los programas voluntarios hasta los institucionalizados (Armijo de Vega et al., 2003). Los estudios realizados y publicados son muy variados: La Universidad Simón Bolívar (USB), en el año 2007 propuso un programa de reciclaje que permitiese la reducción de residuos (Pellegrini y Reyes, 2009); la Universidad de Massey (Nueva Zelanda) realizó una descripción detallada de cómo implementar un programa de “residuos cero” en el campus (Manson et al., 2003), y el Campus Prince George de la Universidad de Northern British Columbia (UNBC), en el curso 2007-2008 realizó un estudio sobre la generación y composición de sus residuos (Smyth et al., 2010).

Son varias las universidades que han realizado estudios para conocer sus tasas de generación de residuos, obteniendo resultados muy diversos. En la Universidad de Tabriz, en el año 2010 se obtuvo una tasa de generación de residuos de 131,5 g/usuario/día-lectivo (Taghizadeh et al. 2012); en la Universidad de Covenant también se realizó un estudio en el mismo año obteniéndose una tasa de 60,50 g/usuario/día-lectivo (Okeniyi & Anwan, 2012), y, finalmente, en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) la tasa de generación obtenida fue de 45,60 g/usuario/día-lectivo, en el año 2008 (Armijo de Vega *et al.*, 2008).

En las universidades españolas se ha prestado mayor atención e interés respecto al impacto que causan estos residuos sobre el medio ambiente (CRUE, 2004). Las Universidades Autónomas de Barcelona y de Madrid (UAB y UAM) fueron pioneras proponiendo medidas para reducir su impacto (Pujol & Espinet, 2002). Por otro lado, la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) fue también de pionera en el diseño de planes de gestión de residuos, realizando varios trabajos de investigación relacionados con la gestión de los residuos en la universidad (Tejedor, 2011).

En este estudio se propone una metodología para determinar la generación y composición de los residuos universitarios en la Universitat Jaume I de Castellón. A partir del conocimiento de esta información se propone un conjunto de medidas de actuación a incorporar en su plan de gestión de residuos para minimizar la generación y mejorar la gestión actual.

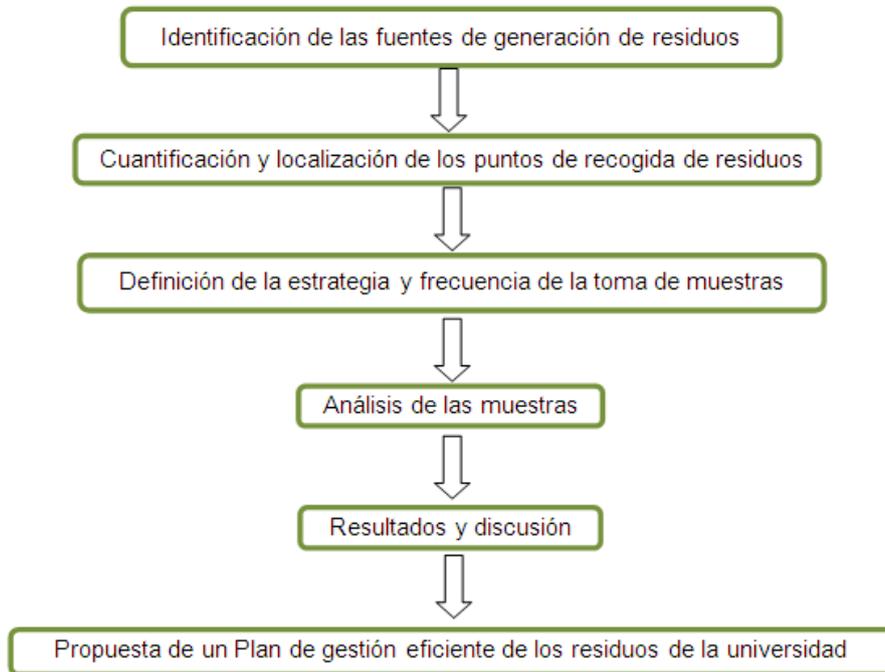
2. Metodología

A partir de la bibliografía consultada se ha propuesto la siguiente metodología que tiene por objetivo el establecimiento de un plan de gestión eficiente de los residuos en una institución de educación superior. La secuencia de tareas planteada se muestra en la figura 1.

En primer lugar es necesario tener un buen conocimiento de la situación inicial en la universidad; identificar las corrientes de los diferentes tipos de residuos generados y la gestión que se hace de las mismas. Para ello es necesario determinar los focos de generación y decidir la estrategia de muestreo para cuantificar y conocer la composición de las corrientes de residuos que se generan en la universidad.

Una vez planificada la toma de muestras se procederá a su ejecución y a la organización de todos los datos recopilados, tanto de las cantidades generadas de residuos como de su composición. Al finalizar el periodo de muestreo se analizarán los resultados de la composición y se cuantifica cada una de las corrientes de residuos; obteniendo las diferentes tasas de generación de residuos en la universidad.

Figura 1. Metodología para el diseño de un Plan de gestión de los residuos en una universidad



Finalmente se propondrá un conjunto de medidas a adoptar para reducir las cantidades de residuos generados, así como para mejorar la eficiencia en su recogida y gestión. Con esta propuesta metodológica, las medidas de minimización y de mejoras en la gestión propuestas se ajustarán a la situación real de la universidad, ya que estarán basadas en los resultados de campo obtenidos de la situación actual. Finalmente, como en todo plan de gestión, se establecen unas medidas de seguimiento del plan y de mejora continua.

3. Aplicación de la metodología al caso de la Universitat Jaume I (UJI)

La metodología propuesta se utilizó como una herramienta para estimar la generación y composición actual de residuos en la Universitat Jaume I y a partir de ahí proponer medidas de mejora al actual plan de gestión de residuos.

En la actualidad la Universidad cuenta con 16.600 estudiantes, 1.192 docentes y/o investigadores (PDI) y 597 personas de administración y servicios (PAS). El campus está formado por un conjunto de edificios distribuidos en las siguientes zonas: tres Facultades y una Escuela, las instalaciones deportivas, la biblioteca, el edificio de rectorado y los laboratorios/talleres. Las tres facultades, la Escuela y el Rectorado tienen cafetería y comedor. Existe una zona comercial abierta a toda la sociedad que no se ha tenido en cuenta en el estudio.

El período estudiado fue el primer semestre del curso 2012/2013, que va de septiembre a febrero.

3.1. Identificación de las fuentes generadoras de residuos

Para conocer la situación actual de la gestión de los residuos en la universidad se recopiló toda la información disponible y se realizaron entrevistas a los responsables de la gestión y la limpieza. La Oficina de Prevención y Gestión Medioambiental (OPGM) es la encargada de la gestión de todos los residuos. Lleva un control y seguimiento de los residuos peligrosos (residuos de productos químicos, vidrio contaminado, plástico contaminado, pilas, aparatos eléctricos y electrónicos, etc.) y los no peligrosos recogidos separadamente (papel-cartón,

envases y vidrio), y desde 2003 elabora extensos informes anuales. Uno de los indicadores que elabora es la Tasa de gestión, en la que considera los residuos controlados por la Oficina y el conjunto de la comunidad universitaria: estudiantes, PAS y PDI. Durante 2012 gestionó 10,39 kg de residuos por usuario, teniendo en cuenta que el año tiene 215 días lectivos la Tasa de gestión unitaria fue de 48,32 g/persona/día-lectivo. Pero este indicador no refleja la tasa de generación, puesto que existen flujos no contabilizados por la Oficina.

En el interior de todos los edificios existen contenedores de recogida selectiva de residuos y papeleras. A medida que se llenan se van vaciando en los puntos de acopio exteriores a los edificios, donde aparecen contenedores de mayor tamaño (de 1.100 a 3.200 litros). En algunos edificios existen contenedores de pilas, aparatos eléctricos y electrónicos y envases de tintas/tóner. Existe una estación de transferencia para los residuos peligrosos, que de forma separada se recogen en todos los laboratorios/talleres.

En cuanto a la gestión, se debe considerar la diferente situación entre los residuos peligrosos, definida por la legislación vigente, y los no peligrosos. Éstos últimos, por política de la Universidad, se separan en origen en cuatro corrientes: envases, papel-cartón, vidrio y "resto". Las tres primeras están contabilizadas y la fracción restos no se contabiliza, los servicios municipales se encargan de su recogida diaria. Por tanto, será necesario estimar la cantidad y composición de todos los focos generadores de residuos "restos", o residuos mezcla.

En esta primera etapa de la metodología fue necesario identificar los puntos en los se depositaban. A partir de la información facilitada por las diferentes fuentes se identificaron y ubicaron todos los puntos de acopio de estos residuos. También se hizo un rastreo por todo el campus para confirmar que la información era cierta. Dispersos por todo el campus universitario se encontraron diez puntos de recogida de residuos mezcla. En dichos puntos se depositaban bolsas procedentes de la limpieza de las instalaciones universitarias (despachos, oficinas, salas de espera, aseos, pasillos y laboratorios/talleres) y los residuos de las cafeterías (cafeterías y comedores).

3.2. Estimación de la generación de residuos mezcla

Para determinar la cantidad de residuos mezcla generada en el primer semestre del curso 2012/13 (108 días lectivos) se decidió monitorear el llenado de los contenedores de los diez puntos de recogida. Para ello, en primer lugar hubo que averiguar el número de días de monitoreo necesarios para que los resultados obtenidos fuesen representativos.

Para determinar el tamaño de muestra (número de días de monitoreo) se utilizó la ecuación descrita por Bartlett et al. (2001) para datos continuos:

$$n_0 = \left(\frac{tS}{e\bar{X}} \right)^2 \quad (1)$$

Donde t es el nivel de confianza que viene determinado por el valor de α . Se tomó un nivel de confianza del 90% ($\alpha=0,1$), por ello $t=1,28$. S es la desviación estándar, \bar{X} la media y e, el error aceptable para la media, se tomó el 10%. Como no se disponía de datos sobre media y varianza, a priori se monitoreó una semana lectiva (6 días), obteniendo una media de 831,43 kg de residuos/día y una desviación estándar de 206,94 kg. Aplicando la ecuación 1, se obtuvo que con 11 días de monitoreo era suficiente.

Finalmente se hizo el seguimiento durante las últimas dos semanas (12 días) de octubre. A las 21:30h, cuando ya ha finalizado el servicio de limpieza, se procedió a contabilizar las bolsas de basura depositadas en cada punto. La utilización de bolsas de diferente color por parte del personal de limpieza y cafeterías permitió diferenciar y cuantificar por separado los

residuos mezcla según su procedencia. El primer día se pesaron todas las bolsas y se obtuvo el peso medio de bolsa.

De esta forma, a partir del número de bolsas de cafetería y/o de limpieza en cada punto y del peso medio de las bolsas, se obtuvo la cantidad de residuos mezcla depositados en cada punto.

3.3. Estimación de la composición de los residuos

Como en el caso anterior, en primer lugar hay que determinar el número de muestras a caracterizar para determinar la composición de la fracción mezcla representativa del primer semestre. Tampoco se disponía de datos sobre composición, por lo que se realizó una primera caracterización por separado de los residuos de cafetería y de limpieza. Se aplicó la ecuación 1 a las fracciones mayoritarias de cada una de las dos corrientes de residuos (limpieza y cafetería). La tabla 1 muestra los resultados obtenidos. Se requieren un mínimo de 3 días de muestreo (caracterización de una muestra por día) para que la composición de los residuos mezcla obtenida fuese representativa del primer semestre (aceptando un error del 10%).

Tabla 1. Resultados de la primera caracterización y resultado del tamaño de muestreo (n_o)

	Fracciones mayoritarias	Media (%)	Varianza (%)	n _o
Residuos de cafetería	Materia orgánica	61,02	8,03	3
	Plásticos	9,67	1,28	
Residuos de limpieza	Papel sucio	12,73	1,14	3
	Papel limpio	43,95	5,92	

Para la caracterización se recogieron seis muestras de residuo, tres de cafetería y tres de limpieza (93,9 kg de residuos de las cafeterías y 36,4 kg de limpieza, en total), y se analizaron en el laboratorio del grupo de investigación INGRES, de la UJI. En la caracterización se diferenciaron un total de 15 categorías: plásticos (PP, PS, PET, PEBD y PEAD), metales féreos y no féreos, papel limpio y sucio, cartón limpio y sucio, tetrabrik, vidrio, materia orgánica, celulosa sanitaria, goma/cuero, residuos peligrosos, residuos inertes y bolsas de plástico.

Una vez realizada la separación en laboratorio, se obtuvo el porcentaje en peso de cada fracción húmeda respecto al total y se determinó el contenido en humedad de cada fracción por separado.

4. Resultados y discusión

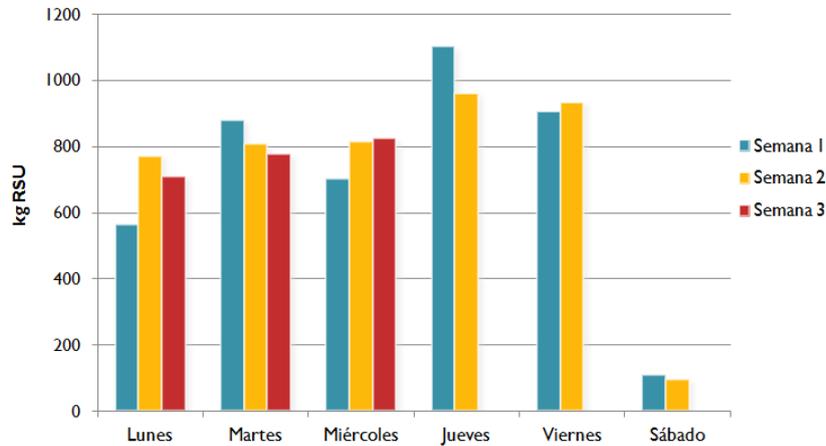
4.1. Generación de residuos en la UJI

Se obtuvo que en la UJI se generó en el primer semestre del curso 2012/2013 una cantidad media de 299 kg de residuos de limpieza y 513 kg de residuos de cafeterías por día lectivo, en suma una cantidad de 812 kg con una desviación típica de 135,81 kg, por día lectivo. Los puntos de más generación fueron las cuatro cafeterías, donde se depositan tanto residuos de cafetería como de limpieza. En el resto de puntos (seis) solo aparecen residuos de limpieza.

El muestreo se realizó durante 2 semanas completas, por lo que se pudo estudiar la evolución semanal de la generación de residuo mezcla (figura 2). La cantidad diaria de residuos siguió una tendencia muy similar a lo largo de las dos semanas lectivas

monitoreadas: de lunes a jueves fue ascendiendo la cantidad, alcanzando su máximo los jueves (alrededor de una tonelada de residuos); los viernes se observó una ligera reducción y finalmente los sábados la generación fue ínfima respecto al resto de días.

Figura 2. Evolución semanal de la generación de residuos mezcla en la UJI



La tasa de generación de residuos mezcla fue de 46,55 g/usuario/día-lectivo. Si a estas cantidades se le suman las contabilizadas por la OPGM, la tasa de generación de residuos se estima en 94,87 g/usuario/día-lectivo, para el primer semestre del curso 2012/13.

En la tabla 2 se muestran las tasas de generación de residuos obtenidas en otras universidades, siendo la de la UJI la segunda más alta.

Tabla 2. Tasas de generación de residuos en varias universidades

Universidad	Tasa generación de residuos (g/usuario/día-lectivo)
Universidad de Tabriz	131,50
Universitat Jaume I (UJI)	94,87
Covenant University	60,50
Universidad de Northern British Columbia (UNBC)	59,20
Universidad Autónoma de Baja California (UABC)	45,60
Massey University	8,40

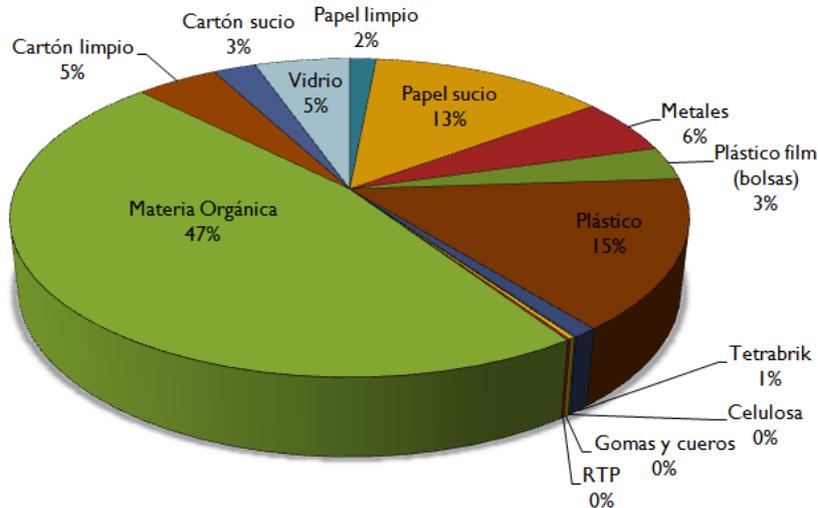
Finalmente, se ha podido comprobar que la tasa de generación de los residuos mezcla y de los recogidos selectivamente son similares. Ello muestra la importancia y el peso que tiene la corriente de residuos mezcla respecto al total de los residuos generados en la UJI. Por tanto, en la propuesta de mejora del plan de gestión de residuos será interesante actuar sobre esta corriente.

4.2. Composición de los residuos mezcla de la UJI

La composición de los residuos mezcla generados en las tres cafeterías fue muy similar; la fracción mayoritaria es la materia orgánica (alrededor del 60% en peso húmedo), seguida del papel sucio y de los plásticos. La fracción de plástico, papel (limpio y sucio) y cartón sumaron un 31% en peso del residuo húmedo. Si estos residuos se hubiesen depositado en los contenedores de recogida selectiva, se reduciría en 150 kg los residuos mezcla

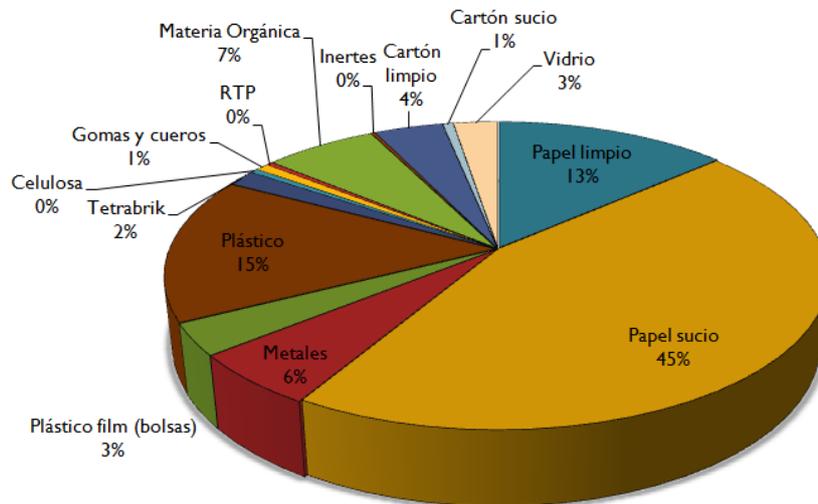
generados cada día lectivo. La composición media del residuo mezcla seco procedente de las cafeterías, se muestra en la figura 3.

Figura 3. Composición media del residuo mezcla seco procedente de las cafeterías de la UJI



Respecto a los residuos de limpieza, también se determinó la composición media, en base húmeda y seca. El 48,5% en peso húmedo fue papel sucio, el 12,0% plástico y el 11,7% papel limpio. La composición media del residuo mezcla seco procedente de la limpieza se muestra en la figura 4.

Figura 4. Composición media del residuo mezcla seco procedente de la limpieza de las instalaciones de la UJI



La fracción mayoritaria fue el papel sucio; en gran medida procedente del papel utilizado en los lavabos para el secado de las manos. Esta fracción ascendió a 145 kg diarios (en base húmeda); de forma que cada semestre se generaban 12,3 toneladas de papel sucio. Por otra parte, la correcta gestión de plásticos y papel limpio provocaría una reducción de 70 kg diarios de los residuos generados en la limpieza.

La determinación de la composición de los residuos de limpieza y de cafetería permitió tener un mayor conocimiento de los residuos mezcla depositados diariamente en los diez puntos

de recogida. De esta forma, la propuesta de medidas para la reducción de la generación de residuos fue mucho más ajustada a la realidad de los residuos de la UJI.

5. Propuesta de un conjunto de mejoras en la gestión de los residuos sólidos generados en la UJI

Una vez analizados los resultados, se presentan seis medidas a aplicar en el campus universitario que hagan más eficiente el actual Plan de gestión de residuos de la UJI. Su objetivo está encaminado a reducir la cantidad de residuos mezcla y mejorar la recogida selectiva.

I. Incorporación de secadores de manos eléctricos en los lavabos.

En la caracterización de los residuos de limpieza se comprobó que el papel sucio representaba un 48% del total. El objetivo de esta medida fue eliminar esta fracción de los residuos de limpieza.

Con el dato de la cantidad de papel sucio se pudo calcular que en la Universidad se consume diariamente 65,9 kg de papel seco, lo que supone un coste de 184,52 € diarios en su adquisición. Con la finalidad de estudiar la viabilidad de la medida, se han comparado tres alternativas de secamanos (tabla 3). Para realizar la comparación se han considerado los 150 lavabos en los que se pueden instalar estos secamanos. En la tabla 3 aparecen los costes de implantación y operación de dos alternativas de secado, con aire caliente y con aire frío.

Tabla 3. Comparación económica de tres métodos secamanos. Fuente: Elaboración propia a partir de catálogos de producto

	Precio unitario de la máquina	Precio total máquinas (€)	Precio de operación de secado semanal (€)	Beneficio semanal respecto a la 1º opción (€)
Papel secamanos	49,18	7.377	922,60	-
Secamanos eléctrico aire caliente	153,60	28.800	522,12	400,40
Secamanos eléctrico aire frío	434,00	81.375	98,08	824,52

Sustituyendo la forma de secado de manos utilizada en la UJI (papel), cada semana se reducirá en 725 kg la corriente de residuos mezcla. Los secamanos eléctricos de aire frío son los que tienen un menor consumo energético (Montalbo, Gregory & Kirchain, 2011) y menores costes de mantenimiento durante su vida útil; aunque por el contrario el precio de cada máquina es el más elevado. A partir del estudio realizado por la consultora Environmental Resources Management (ERM), se ha podido calcular los beneficios económicos que aportaría la aplicación de esta medida (Tabla 3).

II. Instalación de fuentes públicas

En el análisis de los residuos de limpieza se obtuvo que diariamente se generaba una media de 299 kg de residuos, con un contenido medio del 5,29 % de envases PET. Lo que supone una generación de 15,82 kg de residuos de envases PET semanalmente. El objetivo de esta medida es eliminar la fracción de PET de la corriente de residuos de limpieza.

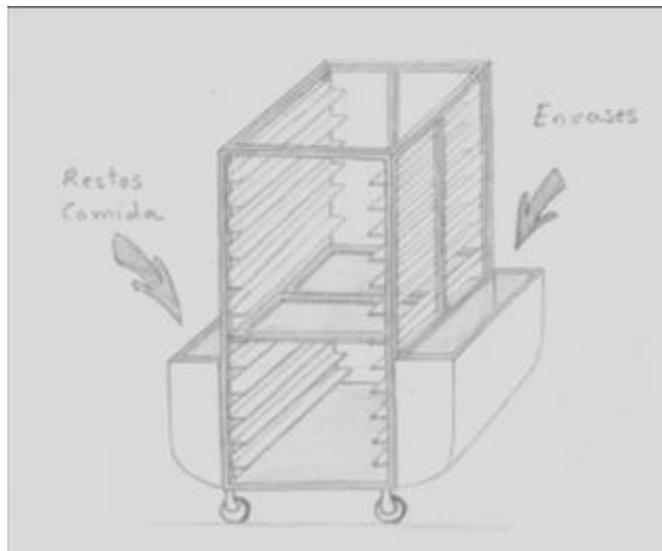
Para ello se plantea la instalación de 10 fuentes públicas en el campus de la UJI, tanto en instalaciones exteriores como interiores. La inversión inicial de la implantación de esta

medida asciende a 5.000 €. Además de reducir la producción de residuos de envases PET, proporcionaría un servicio más a los usuarios del campus.

III. Utilización en la cafetería de carros de recogida de bandejas con separación de residuos

En las cafeterías actualmente no se realiza una separación en la recogida de los restos de comida, sino que los usuarios al terminar de comer depositan los residuos en las bandejas de la comida y éstas a su vez se depositan en carros que una vez llenos se llevan a la cocina donde los residuos son vertidos en la misma bolsa. En esta medida se propone la modificación de los carros actuales para que permita la separación por parte de los usuarios de los plásticos y materia orgánica. Los carros actuales tienen la posibilidad de ubicar dos bolsas de recogida selectiva. La Figura 5 muestra un boceto de carro de recogida de bandejas con dichas bolsas. La solución propuesta sería bastante económica y viable.

Figura 5. Boceto de carro de recogida de bandejas con bolsas de separación de residuos



La recogida selectiva de la materia orgánica generada en las cafeterías supondría una reducción de 307,80 kg de residuos cada semana, además esta materia orgánica podría compostarse obteniendo un beneficio económico y ambiental. Por otra parte, la recogida selectiva de los plásticos reduciría en 230,85 kg la cantidad de residuos mezcla generados cada semestre.

IV. Separación de residuos por parte del personal de limpieza

Esta medida consiste en incentivar al personal de limpieza para que realice una separación de los residuos en los carros de limpieza. Esto permitiría la separación en origen de las fracciones de plásticos y papel-cartón.

En el análisis de los residuos de limpieza se observó que de los 299 kg de residuos generados diariamente, 45,60 kg procedían de papel y cartón limpio y 36,20 kg de plásticos. Si la separación de las corrientes de plásticos y papel-cartón fuera del 100%, la corriente de residuos de limpieza se reduciría en 409 kg cada semana. Para ello habría que proponer un paquete de incentivos a los trabajadores, como el revertir en su sueldo el valor que proporcionaría la venta de esos materiales.

V. Jornadas de información para dar a conocer cómo realizar una buena gestión de los residuos por parte de los usuarios

La formación de todo el personal de la universidad es una cuestión clave para conseguir una mayor y mejor separación de los residuos; de forma que se consiga una gestión más eficiente. La aplicación de esta medida tiene como objetivo conseguir un cambio en la conducta habitual de los usuarios de la UJI con respecto a los residuos que generan.

La información sobre cómo realizar una buena gestión de los residuos debe ir dirigida a toda la comunidad universitaria. Esta medida propone la realización de jornadas, carteles informativos o talleres prácticos en todos los centros de la UJI, con el fin de dar a conocer a todos los usuarios las medidas a aplicar diariamente para que eviten la generación de residuos, por una parte, y que ayuden a la buena gestión de los mismos, por otra.

VI. Implantación de un Plan de seguimiento y mejora continua

Una de las medidas esenciales que debe acompañar a un plan de gestión eficiente de los residuos es la realización de un seguimiento de las consecuencias que va teniendo la implantación de las medidas propuestas.

La implantación de las medidas de minimización debe hacerse de forma progresiva y fijando objetivos intermedios. Dichos objetivos deberán ser alcanzables y cuantificables. Así pues, llevando a cabo un seguimiento se podrá realizar un balance sobre si la aplicación de las medidas ha tenido la repercusión esperada.

6. Análisis cuantitativo de las medidas de mejora

En este punto se han analizado de forma cuantitativa las cuatro primeras medidas propuestas. En la tabla 4 se han agrupado los cálculos obtenidos, de forma que se facilita la comparación entre las medidas respecto a: inversión inicial requerida, reducción en la generación de los residuos y beneficio económico aportado a la Universidad. Atendiendo a la tabla 4, se observa que la aplicación de las medidas 3 y 4 son las que proporcionan una mayor reducción de la corriente de residuos con una nula inversión inicial. El aporte económico de su implantación es bastante discreto, pero hay que recalcar que el objetivo principal de la implantación de éstas medidas es la reducción de la cantidad de residuos. La primera de las medidas es la que requiere una mayor inversión inicial, pero el ahorro económico que supone su implantación provocaría que rápidamente se recupere la inversión.

Tabla 4. Comparación de los beneficios aportados por la implantación de las 4 primeras medidas sugeridas en el Plan de gestión de los residuos sólidos

Medida	Inversión inicial requerida (€)	Reducción en los residuos mezcla semanal (kg residuo/semana)	Beneficio económico semanal (€/semana)
1. Sustitución papel secamanos	81.375	145,00	824,52
2. Incorporar fuentes	5.000	79,10	-
3. Separación de plástico orgánica y en cafeterías	0	230,10	53,11
4. Recogida selectiva en limpieza	0	409,00	45,24

7. Conclusiones

Se ha definido una metodología para proponer la mejora del plan de gestión de los residuos generados en la Universidad Jaume I de Castellón, que puede ser aplicada a cualquier universidad. Una de las ventajas de dicha propuesta es que se basa en el conocimiento real de todas las corrientes generadoras de residuos, permitiendo así diseñar un plan de actuación ajustado a la realidad.

La aplicación de la metodología a la mejora del plan de gestión de la Universitat Jaume I, permitió identificar y cuantificar todas las corrientes de residuos que se generan en la UJI. Las corrientes de residuos peligrosos y los recogidos selectivamente ya estaban cuantificadas; pero no ocurría lo mismo con la corriente de residuos mezcla.

A partir del estudio realizado, se obtuvo que en el primer semestre del curso 2012/13 en la UJI se tenía una tasa de generación de residuos de 94,87 g/persona/día-lectivo, de los cuales 46,55 g son residuos mezcla procedentes de la limpieza de las instalaciones y de las cafeterías. Dicha tasa es una de las más altas comparándola con otras universidades de las que se disponía de información.

La determinación de la composición de los residuos de cafetería y de limpieza permitió tener un mayor conocimiento de los residuos mezcla. Se obtuvo que de los primeros la fracción mayoritaria era la materia orgánica (47% en peso sobre materia seca) y el papel sucio (45% en peso sobre materia seca) de los segundos. Por otro lado, también sirvió para definir más acertadamente las medidas de mejora.

La propuesta de mejora del actual plan de gestión de residuos sugiere en primer lugar seguir con la gestión y seguimiento de los residuos peligrosos y los residuos no peligrosos mayoritarios (envases, papel-cartón y vidrio) y minoritarios (pilas, eléctricos y electrónicos, etc.) recogidos separadamente, ya que funciona correcta y eficientemente. En segundo lugar aconseja la puesta en marcha de seis medidas de mejora: dos van dirigidas a la minimización de la corriente de residuos mezcla; otras dos pretenden mejorar la separación de los residuos y las últimas dos son medidas que persiguen involucrar y motivar a los usuarios a aplicar buenas prácticas en el manejo de los residuos. La implantación de dichas medidas supondría una importante reducción de la corriente de residuos mezcla y un beneficio económico para la UJI.

8. Referencias

- Armijo de Vega, C., Ojeda, S. & Ramírez, M^a. E. (2003). Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 39, 283-296.
- Armijo de Vega, C; Ojeda, S. & Ramírez, M^a. E. (2008). Solid waste characterization and recycling potencial for a university campus. *Waste management*, 28, S21-S26.
- Manson, I.G., Brooking, A.K., Oberender, A., Harford, J.M. & Horsley, P.G. (2003). Implementation of a zero waste program at a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, 38, 257-269.
- Montalbo, T., Gregory, J. & Kirchain, R. (2011). *Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems*. Prepared by Material Systems Laboratory and Massachusetts Institute of Technology. Commissioned by Dyson, Inc.
- Okeniyi, J.O. & Anwan, E.U. (2012). Solid wastes generation in Covenant University, Ota, Nigeria: Characterisation and Implication for Sustainable Waste Management. *J. Mater. Environ. Sci.*, 3 (2), 419-424.
- Pellegrini, N.C. & Reyes, R.E. (2009). Reciclaje de papel en la Universidad Simón Bolívar. *Revista de investigación*, 67 Vol. 33, 45-57

- Pujol, R. M. & Espinet, M. (2002). *Aspectos Ambientales de la Institución. En Arbat. E. y Geli, A.M. Eds. Ambientalización Curricular en los Estudios Superiores. I. Aspectos Ambientales de las Universidades*. Girona: Servei de Publicacions de la Universitat de Girona y Red ACES.
- Smyth, D., Fredeen, A. & Booth, A. (2010). Reducing solid waste in higher education: The first step towards “greening” a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 1007-1016.
- Taghizadeh, S., Ghassemzadeh, H.R., Moghadam M. y Fellegari, R. (2012). Solid waste characterization and management within university campuses case study: university of Tabriz. *Elixir Pollution*, 43, 6650-6654.
- Tejedor, G. (2011). *El ciclo de materiales en la UPC: Aproximación a la percepción social de los residuos y su gestión en la ETSAV y la ESAB*. Trabajo Final de Máster: Máster de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.