Critical Agrarian Studies Colloquium
International Institute of Social Studies -ISS-

International Institute of Social Studies

ICAS
Initiatives in Critical Agrarian Studies

ETXALDE
nekazaritza traunkorra

EL FUTURO DE LA ALIMENTACIÓN Y RETOS DE LA AGRICULTURA PARA EL SIGLO XXI:

Debates sobre quién, cómo y con qué implicaciones sociales, económicas y ecológicas alimentará el mundo.

THE FUTURE OF FOOD AND CHALLENGES FOR AGRICULTURE IN THE 21st CENTURY:

Debates about who, how and with what social, economic and ecological implications we will feed the world.

ELIKADURAREN ETORKIZUNA ETA NEKAZARITZAREN ERRONKAK XXI. MENDERAKO:

Mundua nork, nola eta zer-nolako inplikazio sozial, ekonomiko eta ekologikorekin elikatuko duen izango da eztabaidagaia

DISEÑO DE UNA FACHADA VEGETAL PARA EL EDIFICIO QUE ALBERGA LAS SECCIONES DE INGENIERíA TÃ‰CNICA INDUSTRIAL Y MINAS Y OBRAS PÃšBLICAS DE LA ESCUELA DE INGENIERíA DE BILBAO

Arritokieta Ortuzar Iragorri

Paper # 45

Apirila – Abril – April
24, 25, 26
2017

elikadura21

NAZIOARTEKO HIZKETALDIA
COLOQUIO INTERNACIONAL
INTERNATIONAL COLLOQUIUM

www.elikadura21.eus

eman ta zabal zazu
Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

2017

DISEÑO DE UNA CUBIERTA VEGETAL PARA EL EDIFICIO QUE ALBERGA LAS SECCIONES DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL Y MINAS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

Arritokieta Ortuzar Iragorri

Zaloa Azkorra Larrinaga

24/03/2017

DISEÑO DE UNA CUBIERTA VEGETAL PARA EL EDIFICIO QUE ALBERGA LAS SECCIONES DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL Y MINAS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES 4

1.1. Información sobre residuos generados en la Escuela 5

1.2. Información sobre residuos generados en la Escuela después de las medidas de minimización 10

2. ACTUALIDAD Y OBJETIVOS 14

2.1. Utilización de los residuos generados en la Escuela mediante compost 16

3. ¿POR QUÉ UNA CUBIERTA VEGETAL? 17

3.1. Beneficios de las cubiertas vegetales 17

3.1.1. Beneficios públicos 17

3.1.2. Beneficios privados 19

4. ¿QUÉ TIPO DE CUBIERTA VEGETAL? 20

4.1. Cubiertas verdes extensivas 20

4.2. Cubiertas verdes intensivas 21

5. FACTORES QUE AFECTAN AL DISEÑO DE CUBIERTAS AJARDINADAS 21

5.1. Factores arquitectónicos 21

5.2. Factores agronómicos 22

5.3. Factores climáticos 22

6. DISEÑO DE UNA CUBIERTA AJARDINADA 23

6.1 Vegetación 23

6.2 Sustrato 24

6.2.1 Espesor de sustrato 25

6.2.3 Requisitos 25

6.2 Capa de filtro 25

6.3. Capa de drenaje 26

6.4. Capa de impermeabilización y anti-raíz 26

6.5 Aislamiento..... 26

6.6. Membrana impermeabilizante..... 27

6.7 Cubierta edificio 27

8. CONCLUSIONES 27

9. AGRADECIMIENTOS..... 27

10. BIBLIOGRAFÍA 27

DISEÑO DE UNA CUBIERTA VEGETAL PARA EL EDIFICIO QUE ALBERGA LAS SECCIONES DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL Y MINAS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

1. ANTECEDENTES

El trabajo actual, el diseño de una cubierta vegetal para el edificio que alberga las secciones de Ingeniería Técnica Industrial y Minas y Obras Públicas de la Escuela de Ingeniería de Bilbao y estudio de impacto ambiental, deriva de un trabajo previo, que consistió en inventariar los residuos alimenticios generados en la cafetería-restaurante del edificio de las secciones de Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas e Ingeniería Técnica Industrial de la UPV/EHU, y en diseñar e implementar medidas de reducción y tratamiento de los mismos.

Durante los últimos años habíamos conocido muchas iniciativas interesantes en pos de la minimización de residuos. Técnicas sencillas, tales como la cocina de aprovechamiento y más sofisticadas tales como el uso de software para grandes cocinas de hospitales, centros escolares, asilos, cárceles, etc.… que permiten una gestión optimizada nutricionalmente, económicamente, logísticamente y, por lo tanto, medioambientalmente de los recursos. Entre estas iniciativas para la minimización de residuos, también supimos de las realizadas por muchos municipios e instituciones en Euskadi.

En una charla organizada por Ihobe en 2015, conocimos que, en Orendain, el primer pueblo con 0 residuos de Euskadi, entre otras medidas, se utilizaban compostadores circulares. Consideramos que esta opción sería adecuada, entre otras, para la gestión parcial o total de residuos de cualquiera de las sedes de la Escuela de Ingeniería en Bilbao. Tanto por la sostenibilidad y la gestión de residuos per se, como por las posibilidades docentes e investigadoras que tal opción podría representar así como por cuestiones éticas y de proyección.

Teniendo en cuenta la considerable inversión económica que suponía comprar una compostadora, la inseguridad de que la Universidad permitiera su colocación en la azotea o en otra ubicación y el acceso a la misma, el compromiso que exigía el encargo periódico de separar y recoger los restos orgánicos compostables de la cafetería-restaurante, las necesidades de aprovisionarse de materia estructurante y de distribuir el compost generado, el desconocimiento de la cantidad aproximada de orgánico compostable y el ritmo al que se producía el compost, la posibilidad de que a corto largo plazo el Ayuntamiento de Bilbao extendiera a Basurto la oferta del contenedor marrón…optamos por dedicarnos , en primera instancia, a conocer mejor el funcionamiento de la cafetería-restaurante de la antigua Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica Industrial e Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas de Bilbao mediante una entrevista con su responsable Jone Varela (Tabla 1) y la cantidad y calidad de residuos que se generaban en la misma así como en algunas cafeterías del entorno (Tablas 2, 3 y 4).

A continuación, se diseñaron e implementaron medidas mediante las que se pretendió mejorar la separación y posterior gestión de los residuos generados para llegar a minimizarlos. También se difundió el proyecto tanto entre el personal y la clientela de la cafetería así como en otros foros.

1.1. Información sobre residuos generados en la Escuela

Tabla 1. Entrevista al personal de cafetería. Pregunta (P), respuesta (R).

P. ¿Cómo se planifican los menús? ¿Qué variables se consideran: nutricional ,económica , producto local y/o disponibilidad de producto según temporada?
R. Los menús vienen preparados desde la central de Peñaskal Kooperatiba. Se observan parámetros tales como que todos los días haya pescado, siempre haya alguna carne suave… Los jóvenes suelen querer pasta y arroz y por lo tanto suelen ofrecerlo en el menú frecuentemente. En la cafetería se cocinan otros: platos combinados, hamburguesas… En la elaboración de casi todos los platos se utiliza producto ecológico.
P. ¿Se coordina la compra junto con otras cafeterías?
R. Todos los centros de Pañaskal Kooperatiba cuentan con el mismo proveedor, pero cada centro solicita su parte.
P. ¿Hay algún software de gestión de compras?
R. No.
P. ¿Cómo se gestionan los residuos en cocina y comedor?
R. Ahora todos los residuos se vierten a un mismo contenedor.
P. ¿Cuánta basura generáis?
R. Unos cinco cubos de unos 90 L cada día, cinco días por semana lectiva.
P. Respecto al tamaño de las raciones:¿los comensales dejan muchos restos en el plato? ¿Cómo gestionáis que algunos clientes quieran más y otros menos?
R. El menú se suele agotar. Si hubiera una parte que no se sirviera, la plantilla se la come al día siguiente. En la cafetería además del menú (1er plato 2ndo plato, postre, pan y bebida) ofrecen medio menú: bebida, un plato, postre, pan.
P. ¿Ofrecéis envases para llevar la comida que sobra?¿permitiríais que la gente se llevase la comida sobrante en su envase?
R. Si, hay gente que se lleva parte del menú para su posterior consumo en un envase que le proporciona la cafetería de modo gratuito. Si la solicitud del recipiente fuera masiva, se cobraría el envase.
P. En la cocina: ¿utilizáis todas las partes de las verduras-troncho brócoli, piel de patatas…?
R. La comida les viene cocinada. Sin embargo, cuando algo se va poner malo les mandan productos de la tienda ecológica (p.ej. brócoli) , normalmente demasiado escaso como para ofertarlo.
P. En la cocina: tenéis un tamaño de ollas específico y/o espacio suficiente que os permita adaptaros a todo tipo de volúmenes para cocinar para más o menos comensales?
R. No. El menú viene hecho y los platos combinados que hacen ya son individuales
P. Si se dispusiera de un software que permitiera que la gente eligiese el menú antes de venir a comer: ¿con qué plazo de tiempo os gustaría que la clientela realizará los pedidos? ¿el tamaño de ollas y/o el espacio de la cocina os permite adaptaros a realizar tal ajuste o por esta y/u otras variables (especificar por favor) el menú se cocina para un número fijo de comensales
R. No. Es difícil porque esta cafetería-restaurante es abierta y viene gente diferente.
P. ¿Qué hacéis con la comida que no se sirve? ¿se podría destinar a comedores sociales?
R. Se la la plantilla al día siguiente.
P. Por lo que nos contáis desde la cafetería no separáis los residuos porque no hay espacio para emplazar cubos que incorporen separadores en la cocina. ¿Queréis comentar este tema? ¿Sugerís soluciones específicas al respecto?
R. Vamos a comprar cubos (de 80 L: amarillo, 1 verde y uno azul para cocina).
P. Otros aspectos que queráis indicar
R. El espacio es muy limitado y no hay un espacio designado para la zona de separación de residuos. Cada 15 días como mucho cambian aceite. Consumen un bidón de unos 50 L cada para la freidora-freidora 25 L Peñaskal Koop. está en la Agenda 21 y en la central si gestionan residuos.

Como se observa en la Tabla 1; en la cocina de la cafetería de la Escuela, los residuos no se separaban, por lo que el trabajo de inventariado consistió, en primera instancia, en separar los residuos según el contenedor de destino para su posterior pesaje:

1) Papel, contenedor azul. Dentro de esta categoría se detalló la cantidad de mono dosis de papel de sal y de azúcar moreno.

2) Recipientes, contenedor amarillo. Dentro de esta categoría se detalló la cantidad de mono dosis de plástico de café descafeinado, kétchup, mahonesa…

3) Resto, contenedor verde. Dentro de esta categoría se detallaron la cantidad de orgánico no cocinado y orgánico cocinado. Se prevé que en un futuro el Ayuntamiento de Bilbao dote la zona de la Escuela de Ingeniería (barrio Basurto) de contenedores marrones donde depositar lo orgánico compostable. Dentro de esta última categoría (orgánico compostable) se detallaron las cantidades de bollos de pan y de cajas de madera.

4) Botellas, contenedor de vidrio.

A continuación en la tabla 2 se da información sobre residuos generados en otras cafeterías – restaurantes distintos.

Tabla 2. Información sobre los residuos de otras cafeterías-restaurantes distintas a la de la Escuela de Ingeniería (Secciones Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas e Ingeniería Técnica Industrial).

Empresa	Residuos		Observaciones	Fecha
Sodexo-EITB (Bilbao)	Generación aceite usado de cocina (L).	710.00	Disposición por separado en contenedores de la zona	Junio 2016
	Generación residuos de plástico (vasos café vending)	1,198.77		
	Generación residuos de cartón (kg)	2,887.43		
	Generación residuos de vidrio (kg)	279.44		
Bar Antxi	Unas 3 bolsas grandes al día-(suponemos que de 90 L bolsa^{-1}), unos 270 L de basura al día		Sólo separan vidrio, aluden sobrecarga de trabajo	Junio 2016
Bar Las Cañitas	Unas 4-5 bolsas grandes al día-(suponemos que de 90 L bolsa^{-1}), unos 360-450 L de basura al día		Separan vidrio, cartón, orgánico Indican la necesidad de contenedores de vidrio en los que se pueda volcar el vidrio desde el carro. Dicen haberlo solicitado hace un tiempo al Ayuntamiento de Bilbao.	Junio 2016
Garai (Leioa)	175 menús al día		Separan orgánico	2013

Tabla 3. Residuos contabilizados en kilogramos antes de la implementación de medidas de minimización y gestión de residuos.

Muestreo	Orgánico (excepto pan)	Pan	Envases	Total
	kg			
1	27,6	3,5	6	37,1
2	58,5	5	8	71,5
3	36,5	5	7	48,5
4	36	11	8	55,0
5	34	4,5	7	45,5
6	42	7	4	53,0
7	52	7	8,5	67,5
Promedio	**40,9**	**6,1**	**6,9**	**54,0**

Tabla 4. Residuos contabilizados en unidades antes de la implementación de medidas de minimización y gestión de residuos.

Muestreo	Cajas de madera	Cajas de cartón	Botellas de vidrio	Monodosis		
				Aceite y vinagre	Azúcar	Otros (sal, Cola-Cao…)
	Unidades					
1	5	SC	0	3	104	30
2	3	SC	0	12	126	8
3	3	SC	0	18	110	31
4	4	SC	0	2	177	13
5	2	3	3	8	128	16
6	2	3	4	11	96	19
7	0	SC	5	14	104	54
Promedio	**3,2**	**3**	**4**	**9,7**	**120,7**	**24,4**

En base a las observaciones realizadas, se implementaron las siguientes medidas de minimización y/o de gestión de los residuos generados a partir de mediados de febrero de 2016.

1. Contenedores que facilitan la recogida separada de los residuos en comedor y/o cocina.

2. Con fecha de22/02/2016 se solicitó un contenedor de vidrio al Ayuntamiento de Bilbao y éste se instaló aproximadamente una semana después.

3. Oferta de yogur en vaso de cristal en vez de en plástico para disminuir la generación de residuos plásticos en forma de vasos de yogur.

4. Disminución de la ración de pan ofertada de 100 a 80 g.

5. Bandejeros en el comedor para que los/las clientes devuelvan su bandeja y así facilitar la separación y distribución de los residuos en el contenedor correspondiente.
6. Botes grandes de kétchup y mahonesa para reducir el consumo de monodosis de estas salsas.
7. El personal de cafetería reparte los cubiertos junto con el menú para evitar su pérdida y que se devuelvan sin usar pero con la necesidad de lavarlos, consumiendo agua, jabón y energía y generando más residuos, gases de efecto invernadero…
8. Desde la cafetería se pretende ajustar la cantidad de productos Ekoizan (productos ecológicos) que ofrecen a la clientela para reducir la cantidad de productos que no se venden y desechan. Estos productos están envasados en una atmósfera protectora y su fecha de caducidad es mayor.

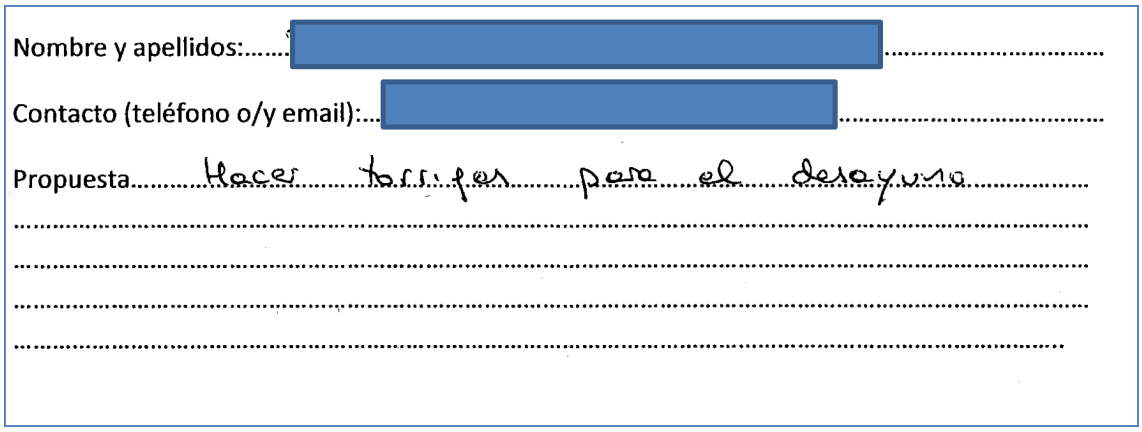
9. Instar al Ayuntamiento de Bilbao a que instale contenedores marrones en las inmediaciones de la Escuela.

Se descartaron las siguientes medidas, por las razones que se describen a continuación:

1. Pan recién cortado. Requiere a un miembro del personal encargándose del reparto del pan en rebanadas.
2. Servilletas menores para comer. En cafetería nos informan de que ya hay servilletas menores que se usan para servicio de catering, pero los menús consideran que se necesita servilletas de mayor tamaño y más consistentes.
3. El uso de aceiteros y saleros no procede por impedimento legal (BOE, 2013)
4. Actualmente, a la clientela se le ofertan monodosis de aceite y vinagre que van empaquetadas juntas. Se propone separar el aceite y el vinagre de manera que el cliente coja solo lo que va a utilizar. No existe barrera legal que impida poner a disposición de los usuarios un envase grande de vinagre, pero se considera engorroso ofrecer monodosis de aceite por un lado y la botella de vinagre por otro al/ a la cliente que aliña con ambos. Además, en cafetería se recoge la monodosis separada con el vinagre que la clientela no usa, y en cocina se reutiliza como vinagreta para aliñar las ensaladas en la cocina.
5. Jarras de agua. Los botellines de agua están comprendidos en el precio del menú. Se teme que a la clientela la oferta de jarras de agua les parezca poco higiénica.

En cuanto a la difusión del proyecto, se realizó una campaña dirigida a la clientela de la cafetería-restaurante en el espacio que ésta ocupa dentro del edificio de la Escuela de Ingeniería (Secciones Ingeniería Técnica Minera y de Obras Públicas e Ingeniería Técnica Industrial): se expusieron varios posters en Euskera y Castellano. En los posters iniciales, se animaba a proponer medidas de minimización de residuos que se pudieran realizar en la cafetería-restaurante o que la población encuestada ya realizara en otros ámbitos (Figura 1). En los carteles posteriores a las medidas de minimización se instaba a responder a una serie de preguntas relacionadas con los hábitos de la población (Figura 2). En ambas ocasiones, se sortearon sendos premios (una estancia de dos días en un hotel y un paseo en barco por Bermeo) que animaron a la participación. Además, se colgó otro poster en el comedor del

alumnado (no gestionado por la Kooperatiba Peñaskal) que instaba a recoger y separar los residuos generados en sus contenedores correspondientes.


Nombre y apellidos:.....[redacted].....

Contacto (teléfono o/y email):....[redacted].....

Propuesta..... Hacer tortitas para el desayuno .....

.....

.....

.....

.....

Figura 1. Encuesta previa a la implementación de las medidas de minimización y/o separación residuos.

Como se ha mencionado, el trabajo realizado también se dio a conocer en los siguientes foros

- IV Jornadas de Educación para la Sostenibilidad de Euskadi "Educación y sostenibilidad hacia el futuro". Celebrado en Bilbao entre el 25 y el 28 de noviembre de 2015.
- IX congreso iberoamericano de docencia universitaria. Celebrado en Murcia entre el 31 de marzo y el 2 de abril de 2016.
- Congreso de investigación en Innovación Educativa. Compromiso Social y otras competencias transversales. Celebrado en Bilbao el 24 y 25 de mayo de 2016.

1.2. Información sobre residuos generados en la Escuela después de las medidas de minimización

Tabla 5. Encuesta posterior a la implementación de las medidas de minimización y/o separación residuos.

1) ¿Te has percatado de la puesta en marcha de una campaña de la minimización de residuos y optimización en su separación realizada por la cafetería-restaurante de la Escuela? (Tanto en la cafetería como en el comedor se han colgado posters al respecto, se recogían propuestas y se sorteaba un premio. Además, en la cafetería se dispone de nuevos contenedores		1) Eskolako kafetegiak hondakinen murrizketarako eta bilketaren optimizaziorako abian jarritako ekimenaz ohartu zara? (Kafetegian eta jantokian honi buruzko posterrak zintzilikatu dira, proposamenak batzeko kutxatilak zeuden eta proposamenen artean sari bat zozkatzen zen. Gainera, hondakinentzako edukiontzi berriak daude)	
Si	No	Bai	Ez
2) Si has contestado que sí en la pregunta anterior, responde por favor: ¿Ha tenido algún impacto positivo esta campaña en tus hábitos?		2) Bai erantzun badiozu aurreko galderari erantzun iezaiozu honi ere bai, mesedez: Kanpaina honek zure ohituretan inpaktu positiborik izan du?	
Si	No	Bai	Ez
3) Si has contestado que sí en la pregunta anterior, responde por favor cuáles de estas acciones realizas a raíz de esta campaña:		3) Bai erantzun badiozu aurreko galderari erantzun iezaiozu hurrengokoei ere, mesedez:	
No solicito que me sirvan comida que preveo que no podré comer		Jan ezin izango dudan janaria ez dut eskatzen.	
Separo mis residuos en los contenedores apropiados		Nire hondakinak banatu eta edukiontzi aproposetan banatzen ditut.	
Planifico mi compra según mis necesidades		Nire erosketak nire beharren arabera planifikatzen ditut.	
Compro producto local cuando es posible		Ahal denean bertako produktua erosten dut.	
Otro:		Besterik:	
4) ¿Te sientes parte integrante de la marcha de la universidad?		4) Unibertsitatearen martxan funtsezkoa zarela pentsatzen duzu?	
Si	No	Bai	Ez
5) ¿Después de esta encuesta te replantearás tus hábitos de consumo y gestión de tus residuos?		5) Inkesta honen ostean, zure kontsumo ohiturak eta hondakinak zelan kudeatzen dituzun berriz ere baloratuko duzu?	
Si	No	Bai	Ez

Gracias por tu participación. ***Milesker parte hartzeagatik***

Tras la implantación de las medidas de minimización, se separaron e inventariaron hasta en cuatro ocasiones los residuos generados en la cafetería-restaurante en las categorías que se cita a continuación (Tablas 6 y 7):

Tabla 6. Residuos contabilizados en kilogramos tras la implementación de medidas de minimización y gestión de residuos.

Muestreo	Orgánico (excepto pan)	Pan	Envases	Total
	kg			
8	31,8	3,7	10	45,5
9	27,2	1,5	5,6	34,3
10	35,7	4,2	10,9	50,8
11	27,4	2,8	10	40,2
Promedio	**30,5**	**3,1**	**9,1**	**42,7**

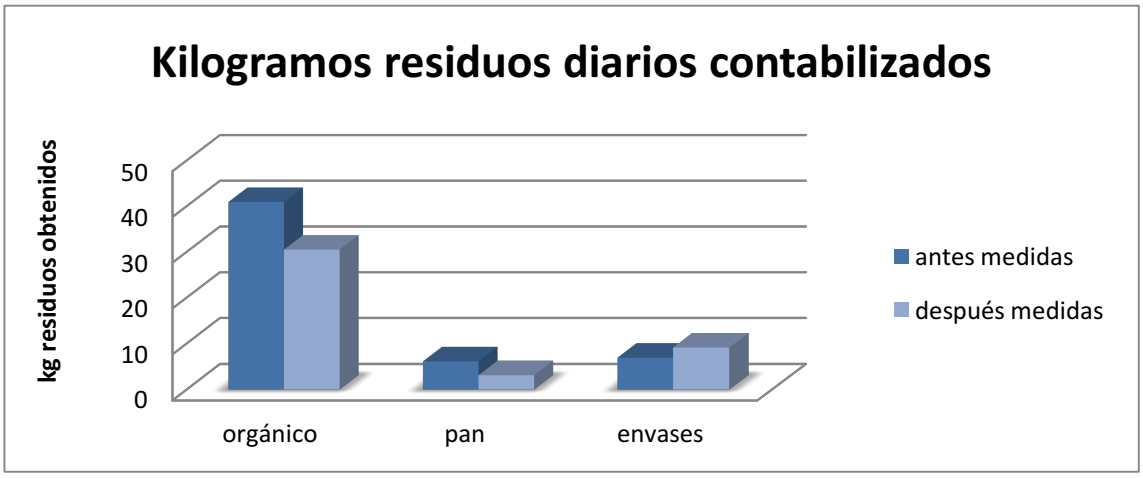


Tabla 7. Residuos contabilizados en unidades tras la implementación de medidas de minimización y gestión de residuos.

Muestreo	Cajas de madera	Cajas de cartón	Botellas de vidrio	Monodosis		
				Aceite y vinagre	Azúcar	Otros (sal, Cola-Cao…)
	Unidades					
8	0	0	4	6,5	114	30
9	0	3	0	5	91	23
10	0	Sc	2	4	99	43
11	1	6	0	8	61	29
Promedio	1	4,5	3	5,9	91,2	31,2

El rendimiento del proyecto se trató de valorar en masa de CO_2 mediante la aplicación Eco Audit de la herramienta CES Edupack, disponible en la biblioteca de la UPV /EHU. Para ello, se trataron de considerar como entradas al balance los productos facturados, los viajes (los relacionados con los regalos y el correspondiente al congreso iberoamericano de docencia universitaria, celebrado en Murcia) y el contenedor de vidrio que procuró el Ayuntamiento y, como salidas, el ahorro en toneladas de CO_2 que supone la minimización y gestión de los residuos de la cafetería comedor derivados de este proyecto. Sin embargo, no fue posible llevar a buen puerto este balance dado que algunos de los comercios donde se adquirieron estos productos no proporcionaron información sobre su composición y origen, o, la que proporcionaron, fue en algunos casos muy detallada pero en otros resultó insuficiente dependiendo del proveedor (Figura 2).

Arritxu Ortuzar Iragorri

De: SAC.Eroski@saceroski.com
Enviado el: Tuesday, 5 July 2016 7:50 PM
Para: arritxu.ortuzar@ehu.eus
Asunto: Servicio Att. al Consumidor EROSKI.

Estimada Arritokieta Ortuzar Iragorri,

En relación a su consulta sobre el Palo Eroski 140cm le informamos que el metal utilizado es chapa metalica de 0,34, y va forrado en plástico. Ademas lleva un capuchon de plastico negro de 10g.

Lamentamos no poder decirle el origen de cada uno de los elementos, ya que es informacion confidencial.

Por favor, no responda a esta dirección de e-mail. Si quiere continuar comunicandose con nosotros por este medio, deberá dirigirse a nuestra página web www.eroski.es . Recuerde que también puede utilizar nuestro Teléfono de Atención al Consumidor (902 540 340), en el que le atenderemos de lunes a sábado de 9.00 a 22.00 hrs.

Gracias por confiar en Eroski.

Figura 2. Email del servicio al cliente de Eroski en el que se informa sobre un producto Eroski.

No obstante, la información detallada que se obtuvo se utiliza a día de hoy en la asignatura "Ingurumen Teknologiak" de 4º curso en los grados de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica e Electrónica Industrial y Automática para ilustrar el impacto del diseño, fabricación, transporte, explotación y vertido de diferentes productos mediante el uso del programa antes citado CES-Edupack (Figura 3).

En cuanto a los resultados del proyecto, según se deduce de la tabla 3, la media de residuos generados antes de la implementación de las medidas de minimización y optimización de la gestión de residuos, era de 54 kg/día. Estimando que este caudal de basuras ocurría a lo largo de las aproximadamente 30 semanas lectivas del curso, al año se generarían unas 8.1 toneladas de basura. El porcentaje de lo orgánico, sin contar las cajas de madera y contando el pan, equivale, de media, a cerca del 60% de la masa de residuos generada.

La media de monodosis de aceite y vinagre, azúcar, Cola Cao y otros fue de 154.8 unidades al día (Tabla 4). Si de nuevo, estimamos que este caudal de desecho de monodosis ocurría durante las aproximadamente 30 semanas lectivas del año, se desechaban aproximadamente unas 23250 unidades al año, 18.000 de ellas sólo de azúcar

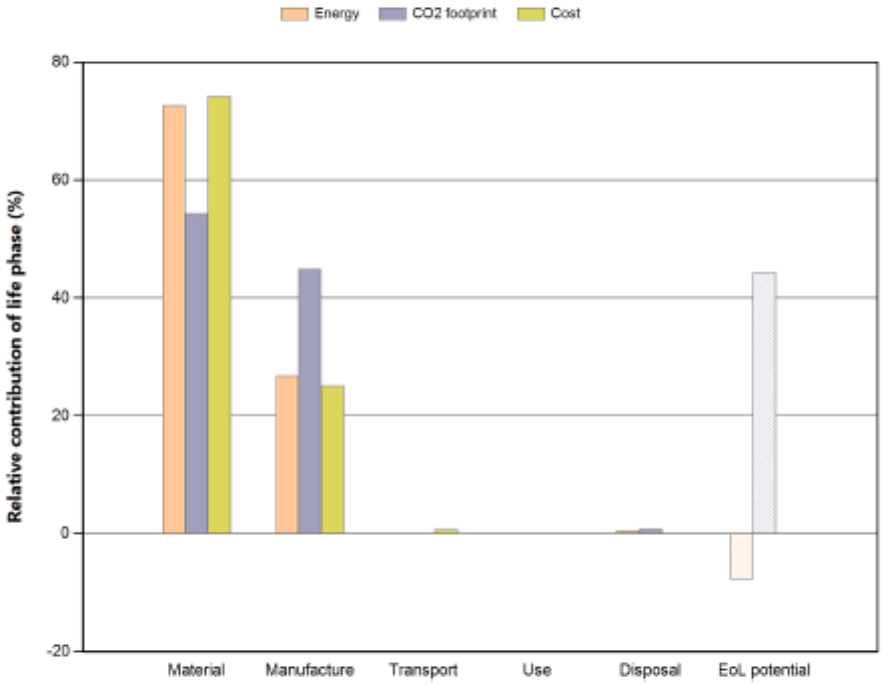
Según se observa en la tabla 6, tras la implantación de las medidas de minimización, el promedio total de los residuos diarios es de unos 42,7 kg día, lo que equivale a un descenso en el caudal de residuos del 21%. Además el pan desechado desciende en aproximadamente un 50% en masa. En cuanto a las monodosis, su disposición descendió en un 18% (en unidades), y en el caso de las monodosis de azúcar, desaparecieron de la basura en un porcentaje del 24%. Sin embargo, ha de indicarse que los gestores de la cafetería han decidido volver a partir monodosis de azúcar para evitar el robo de los azucareros de tipo "churrero" y el mayor gasto de azúcar.

CES 2016 EDUPACK

Eco Audit Report

Product name	Fregona
Country of manufacture	World
Country of use	Spain
Product life (years)	1

Summary:



Energy details CO2 footprint details Cost details

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)	Cost (EUR)	Cost (%)
Material	12,3	72,7	0,435	54,3	0,673	74,1
Manufacture	4,52	26,8	0,359	44,9	0,227	25,1
Transport	0,00867	0,1	0,000516	0,1	0,00637	0,702
Use	0	0,0	0	0,0	0	0
Disposal	0,085	0,5	0,00595	0,7	0,001	0,11
Total (for first life)	**16,9**	**100**	**0,801**	**100**	**0,907**	**100**
End of life potential	-1,3		0,355			

Figura 3. Parte del informe generado por la herramienta Eco Audit del programa CES-Edupack sobre una fregona.

2. ACTUALIDAD Y OBJETIVOS

El edificio que alberga las secciones de Ingeniería de Minas y Obras Públicas e Ingeniería Técnica Industrial de la Escuela de Ingeniería de la UPV/EHU en Bilbao se sitúa entre el estadio de San Mamés y el acceso a Bilbao, que, por ser una carretera de mucho tráfico, cuenta con una barrera acústica a lo largo del edificio. El edificio, además, está revestido con una cubierta

ventilada de color verde a lo largo de la cual se muestra el logo de la UPV/EHU. Por otro lado, como consecuencia de las acciones descritas anteriormente, actualmente los residuos de la cafetería del edificio que ocupamos se separan en las fracciones: resto, envases y vidrio con mayor o menor eficacia y, según el último recuento (Tabla 6) se generan unos 33 kg de residuos orgánicos al día, unas 5 toneladas durante el curso (Figura 4).

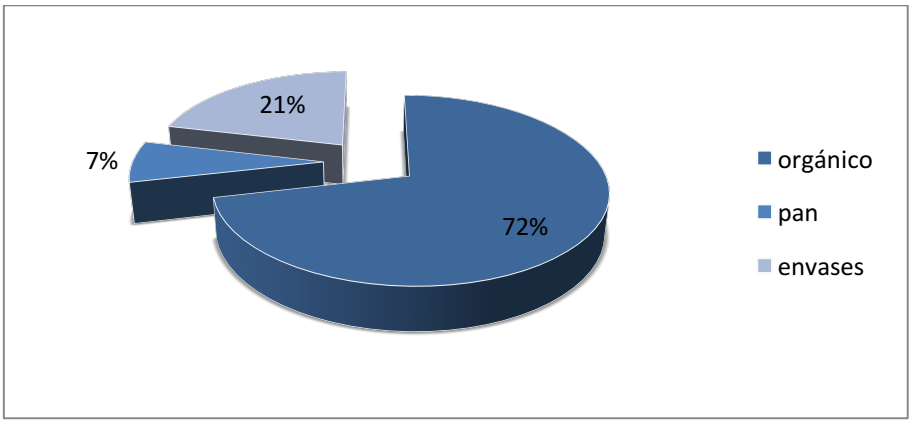


Figura 4. Porcentaje de residuos generados en la cafeteria de la Escuela de Ingeniería.

Sin embargo, en Bilbao, como en muchas ciudades europeas, el crecimiento y desarrollo ha llevado a una situación de falta de zonas verdes. Consecuentemente, una de las cuestiones a responder en el caso de que se lograra compostar los residuos orgánicos generados en la cafetería, sería la distribución del compost producido.

Con todo lo anteriormente citado, en este trabajo, se propone el diseño de una cubierta vegetal en el edifico con el sustrato originado por el compostaje de residuos alimenticios generados en la cafetería del propio edificio. Se pretende el aprovechamiento de la fracción orgánica de un modo eficaz y de la obtención de un compost de calidad mediante una separación selectiva en el propio origen.

Se pretenden conseguir los siguientes OBJETIVOS:

1) Un edificio energéticamente más eficiente.
2) Un edificio acústicamente más amable El valor calculado del coeficiente de absorción acústica ponderado es de $\alpha w = 0.40$, lo que confirma el elevado potencial de las cubiertas vegetales como elemento de absorción acústica de para edificios (Azkorra, 2015).
3) Un edificio mejorado paisajísticamente y un reclamo para la comunidad universitaria y la ciudadanía, reflejo del compromiso de la UPV/EHU con las necesidades de la sociedad vasca, así como las derivadas de su historia y de sus transformaciones socioeconómicas, políticas y culturales, difundiendo en ella los conocimientos de la cultura y la ciencia universal, ejerciendo su actividad cotidiana de manera sostenible económica, social y ambientalmente (Plan estratégico UPV/EHU 2012-2017).
4) Un sumidero de CO_2.
5) La valorización de los residuos generados en la cafetería del mismo edificio mediante su compostaje en pos de los principios de apertura y disipación de los ecosistemas, jerarquía, autosuficiencia… propios de la biomimesis (Bermejo, 2014) y al residuo cero.

2.1. Utilización de los residuos generados en la Escuela mediante compost

El estudio que llevamos a cabo tiene en cuenta que la generación de residuos sólidos urbanos, tanto en las grandes ciudades como en las zonas rurales españolas, ha aumentado considerablemente en los últimos 30 años. En algunas ciudades, la producción media de residuos por habitante y día alcanza los 1,3 kg. A lo largo del estudio, hemos comprobado que entre un 45 y un 60 % en peso de las basuras está constituido por residuos de carácter orgánico. De esta fracción orgánica se puede obtener el compost de residuos urbanos que tiene aplicaciones como abono orgánico e incluso como componente de sustratos de cultivo.

El compost es el producto de un proceso biológico termófilo aerobio mediante el cual la materia orgánica se descompone y estabiliza dando como resultado un material más seco e higienizado. Se trata de un producto de aspecto terroso, ausente de olores y libre de microorganismos patógenos y de semillas y que puede emplearse en múltiples aplicaciones como abono de fondo, sustituyendo a los fertilizantes químicos tradicionales, más agresivos con el medio. El compost enriquece el suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas por el aporte de materia orgánica y elementos fertilizantes de liberación lenta.

La aplicación de los compost en suelo supone un aporte de materia orgánica con el consiguiente aumento de la fertilidad (Montejo et al., 2015). Este aporte se traduce en una serie de ventajas físicas, químicas y biológicas para el mismo. La influencia de la aplicación de los composts en las propiedades físicas está relacionada con la mejora de la estructura del sustrato: reducción de la densidad aparente; aumento de la estabilidad de los agregados que conlleva una mejora de la aireación y del drenaje; incremento de la capacidad de retención de agua; aumento de la temperatura del suelo.

En cuanto al aspecto biológico, los compost favorecen la coexistencia de diversas especies de microorganismos e incrementan espectacularmente la microflora del suelo. Entre los efectos químicos que los compost ocasionan en el suelo destacan: incremento del pH, incremento de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), aporte de elementos nutritivos tanto de macro como micronutrientes; potenciación de la accesibilidad del potasio y fósforo a la planta; formación de complejos con la materia orgánica, actuando como fertilizante de liberación lenta.

En nuestro caso, la reutilización de los residuos orgánicos generados en la Escuela de Ingeniería de Bilbao se llevará a cabo mediante el compostaje en una compostadora en vaso: los materiales orgánicos se introducen en un tambor o silo donde la temperatura, la humedad y el mezclado mecánico de los materiales se controlan perfectamente, acelerando así el proceso de producción de compost, que se obtiene en tan solo 72 horas. El compostaje en estos sistemas requiere mucho menos espacio que los montones o pilas convencionales, no se ve afectado por la climatología y logra acelerar el proceso de descomposición sin tener que preocuparse de olores ni lixiviados.

El proceso es el siguiente: un tambor rotatorio de acero de 1 metro de diámetro y 2,5 metros de longitud, mezcla los materiales y mantiene controladas todas las variables que afectan a la descomposición. La entrada de desperdicios se produce a través de una tolva que tritura y transporta los residuos al interior del vaso. Durante el proceso de transformación aeróbica la temperatura puede alcanzar los 700º C. Un motor eléctrico y unos engranajes situados en la base del cilindro se encargan de remover los materiales durante el proceso de compostaje. Al final del proceso, se extrae el compost que puede ser utilizado directamente en la cubierta vegetal.

3. ¿POR QUÉ UNA CUBIERTA VEGETAL?

Durante la última década la presencia de vegetación integrada en los edificios, se ha convertido es una de las estrategias más importantes para mejorar tanto el aspecto ecológico, el funcional, como el estético de los edificios que habitamos. Mediante esta solución constructiva se trata de convertir la cubierta planas no utilizada del edificio de las secciones de Ingeniería de Minas y Obras Públicas e Ingeniería Técnica Industrial de la Escuela de Ingeniería de la UPV/EHU en Bilbao en una superficie ajardinada, mediante la reutilización de los residuos orgánicos compostados originados en el propio edificio, lo que conllevará importantes repercusiones, tanto medioambientales como energéticas.

3.1. Beneficios de las cubiertas vegetales

Como acabamos de comentar las cubiertas vegetales o ajardinadas proporcionar grandes beneficios tanto públicos, relacionados con el medio ambiente, y beneficios privados, cuyos beneficiarios son fundamentalmente los usuarios de los edificios. A continuación se detallan estos beneficios.

3.1.1. Beneficios públicos

- Mejora estética de los edificios:

La aportación más obvia de las cubiertas vegetales es la mejora visual de las ciudades. El aspecto natural de la cubierta vegetal constituye un valor añadido para cualquier edificio, mejorando la calidad paisajística del espacio público haciéndolo más agradable y mejorando la calidad de vida humana (Ahern, 2014)

- Disminución de los residuos de la construcción:

Las cubiertas ajardinadas pueden contribuir a la minimización de residuos los destinados a vertederos debido a que:

a) Prolonga la vida útil de las membranas impermeabilizantes, reduciendo los desperdicios asociados después de su vida útil.

b) Pueden emplearse materiales reciclados en el medio de cultivo (sustratos de residuos derivados de la industria hortícola) u obtenidos mediante el compostaje de los residuos sólidos urbanos.

c) Prolonga de la vida útil de los sistemas de calefacción, ventilación y climatización, gracias a la reducción y ahorro de la energía en el edificio por a la mejora del comportamiento térmico de las cubiertas ajardinadas,

- Gestión de agua de pluviales:

En las cubiertas ajardinadas, el agua se almacena en el sustrato y a continuación, es tomada por las plantas para su desarrollo vegetativo, devolviéndola a la atmosfera gracias a la evotranspiración. En verano, dependiendo de las plantas y profundidad de medio de cultivo, las cubiertas verdes retienen entre el 70 y el 90% de la precipitación que cae sobre ellas. Así, la capacidad de retención del agua de lluvia en base anual puede variar entre un 75 % en techos

verdes intensivos equipados con una capa de drenaje y un 45 % en los techos verdes extensivos (Yang, 2015) (Schroll, 2011)

Uno de los efectos más importantes de las cubiertas verdes es que reducen la cantidad de escorrentía de aguas pluviales y también retrasan el momento en que se produce la escorrentía. Como consecuencia, disminuye la presión sobre los sistemas de alcantarillado de los entornos urbanos en los períodos de flujo máximo de caudales, reduciendo así la carga de la red de alcantarillado y de los sistemas de saneamiento (Teemusk, 2009)

Utilizando la cubiertas vegetales en un 10 % de los edificios se tendría como resultado una reducción de la escorrentía del 2.7 % para la región y del 54 % para los edificios individuales. Por lo tanto, las superficies vegetadas son un instrumento útil para reducir la escorrentía urbana (Mentens, 2006)

- Disminución efecto "Isla de Calor Urbana":

El calentamiento global, el aumento de superficies impermeables y el exceso de calor de los edificios residenciales, la industria y el tráfico están dando lugar a un aumento de la temperatura dentro de las aglomeraciones urbanas. La mitad de la población mundial vive en las áreas urbanas y las perspectivas a corto plazo señalan que su porcentaje será del 60 % para el año 2030, debido a la continua migración de la población rural a las ciudades (Tsilini, 2015)

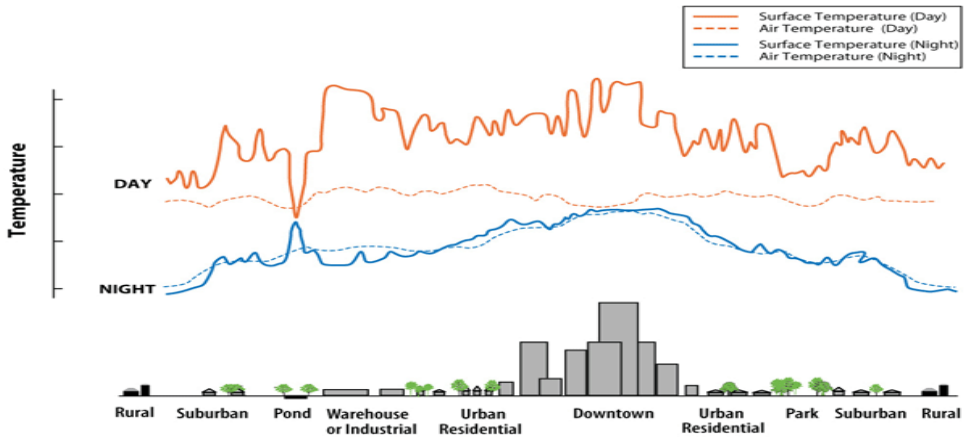


Figura 5. Gráfica de la variación de las temperaturas superficiales y atmosféricas sobre diferentes áreas de uso de la tierra (Mirzaei, 2010) .

A través del rocío diario y del ciclo de evaporación, las plantas son capaces de enfriar las ciudades durante los meses calurosos y reducir el efecto Isla de Calor Urbana (ICU). En superficies sin ajardinar, la luz absorbida por la vegetación se convierte en energía térmica que calienta progresivamente las ciudades.

En varios estudios realizados sobre cubiertas vegetales se demuestra cómo utilizando estos elementos constructivos la reducción de la temperatura del aire que rodea las superficies de las edificaciones se reduce entre 2 y 5 ºC de promedio en verano (Wong, 2013) (Santamouris, 2014)

- Mejora de la calidad del aire:

La mayor aportación de las fachadas verticales es en forma de beneficios ambientales, contribuyendo a la atenuación del cambio climático. Eliminan directamente el CO_2 de la

atmósfera a través de la absorción fotosintética durante el día y lo liberan en forma de O_2, renovando así el aire del entorno y mejorando la calidad de este (Velasco & Roth, 2010)

Otro aspecto a tener en cuenta durante el proceso metabólico de la fotosíntesis es la captura y transformación del dióxido de carbono (CO_2) en carbono (C) y su almacenamiento como biomasa reduciendo así los niveles de CO2 atmosféricos (Demuzere et al, 2014)

En las áreas urbanas la concentración de O_2 puede verse reducida en torno a un 17-18 %, en relación a los espacios naturales (Whittinghill et al, 2014), por lo que conseguir áreas con superficies verdes de dimensiones adecuadas podría suponer una importante mejora en la calidad del aire de las metrópolis.

Este efecto, contribuye a reducir la demanda de energía de las ciudades, y potencialmente reducir la cantidad de CO_2 generada. La energía más ecológica es la que no se consume.

La vegetación actúa de sumidero sobre la contaminación, tanto porque en el sustrato que las mantiene se depositan partículas que son aprovechadas o metabolizadas por la microflora del suelo (hongos y bacterias) como, porque sobre las mismas superficies foliares se precipitan esas partículas que la planta absorbe y fijar en sus tejidos, captando así, contaminantes como el plomo, el cadmio u otros metales pesados, que de otro modo permanecerían en suspensión en el aire (Ottele et al, 2010)

- Aumento de la biodiversidad urbana:

Las cubiertas verdes pueden sostener una variedad de plantas e invertebrados, y proporcionan un hábitat para diversas especies de aves. Al actuar como un hábitat de trampolín para la migración de especies, pueden vincular especies y hábitats que de otro modo estarían fragmentadas.

- Mejora de la salud y el bienestar:

La reducción de la contaminación y el aumento de la calidad del agua que los techos verdes aportan, pueden disminuir la demanda de atención de sanitaria. Además, los techos verdes pueden servir como centros de la comunidad, fomentando el aumento de la cohesión social, el sentido de comunidad y la seguridad pública.

La presencia de vegetación en las ciudades tiene efectos psicológicos positivos sobre los seres humanos. En los núcleos urbanos con mayor presencia de espacios verdes, se observa mayor sentido de comunidad y menor riesgo de delincuencia y violencia (Johnston, &. Newton, 2004)

- Educación ambiental:

Los techos verdes en las instalaciones educativas (colegios, escuelas, universidades, etc.) pueden proporcionar una visión de fácil acceso para enseñar a los estudiantes y visitantes sobre la biología, la tecnología verde techo, y los beneficios de los techos verdes.

3.1.2. Beneficios privados

- Eficiencia energética:

El mayor aislamiento térmico ofrecido por las cubiertas verdes, reduce la cantidad de energía necesaria para climatizar el interior del edificio. La cubierta del edificio es el cerramiento de la envolvente que mayores pérdidas de calor sufre en invierno, mientras que durante el verano sufre las temperaturas más altas.

Mediante cubiertas vegetales se puede reducir hasta 8.4 ºC la temperatura de las ciudades durante el día. Cuanto más caliente y seco sea el clima mayor es el efecto de la vegetación sobre la reducción de temperatura urbana, pudiendo llegar a ahorra energía para la refrigeración de los edificios entre un 32 y 100 % (Alexandri &. Jones, 2008).

Durante periodos estivales, la cubierta ajardinada reduce las demandas de refrigeración hasta un 75%, en el caso de que ésta se mantenga saturada de agua, debido a que la tierra y plantas absorben mucho mejor la radiación solar que la cubierta de grava (Erkoreka, 2012)

- Aumenta la durabilidad de la impermeabilización:

La presencia de una cubierta verde protege frente a la exposición a la intemperie la membrana impermeabilizante de la cubierta, fundamentalmente respecto a las oscilaciones térmicas fluctuaciones de temperatura, radiaciones ultravioleta y agentes atmosféricas que degradan las membranas, lo que contribuye a prologar su vida útil.

- Aislamiento acústico aéreo:

Las cubiertas verdes tienen una excelente atenuación del ruido aéreo, sobre todo para los sonidos de baja frecuencia. Debido a sus características, hace años que las plantas y los árboles se utilizan como barreras contra el ruido producido por el tráfico y la contaminación acústica urbana. Las cubiertas vegetales tienen efecto de amortiguación y absorción del ruido, pudiendo actuar como pantallas acústicas del mismo modo que son capaces de aislar frente al ruido (Cook & Van Haverbeke, 1997)

El valor calculado para una fachada vegetal del coeficiente de absorción acústica ponderado es de α_w = 0.40, lo que confirma el elevado potencial de las fachadas vegetales como elemento de absorción acústica para edificios (Azkorra, 2015).

La fachada vegetal proporciona las mismas o mejores características de absorción de sonido que muchos de materiales de construcción tradicionales a bajas frecuencias. Por otra parte, aunque la fachada vegetal no puede competir con materiales tales como la fibra de vidrio, también funciona bien a altas frecuencias (Azkorra, 2015).

4. ¿QUÉ TIPO DE CUBIERTA VEGETAL?

A la hora de realizar el proyecto se propusieron varias alternativas para la reutilización de los residuos orgánicos originados en la Escuela de Ingeniería de Bilbao. Una vez decidido el proyecto de la instalación de la cubierta vegetal, debido a su viabilidad y múltiples beneficios tantos medioambientales como energéticos. Surgía una nueva duda o pregunta: cuál sería el tipo de cubierta más idónea.

Para ello se llevo a cabo una búsqueda sobre los diferentes tipos de cubiertas vegetales más comunes. Las cubiertas verdes se dividen básicamente en dos tipos diferentes en función de los usos, de la vegetación y de los requisitos de mantenimiento, factores que inciden en su construcción y de los métodos utilizados para su realización. En este sentido, se distinguen claramente las cubiertas verdes extensivas e intensivas.

4.1. Cubiertas verdes extensivas

Las cubiertas ajardinadas extensivas, también denominadas cubiertas ecológicas, son sistemas constructivos ligeros implantados con poco sustrato (entre 10 y 25 cm), en general pobre en

nutrientes, que albergan una vegetación aparentemente natural, que requiere muy pocos cuidados para su mantenimiento y correcto desarrollo. En este caso las plantas a utilizar son resistentes para que puedan desarrollarse en unas condiciones extremas de cubiertas, sin prácticamente recursos y con buena capacidad para poder regenerarse fácilmente. Este tipo de plantas serán las mejor adaptadas a la situación climática local de la cubierta para su completa integración y desarrollo. Se trata de conseguir un tapiz verde natural que cubra la cubierta empleando los mínimos materiales y recursos para su desarrollo y mantenimiento.

Para la correcta selección de plantas generalmente se suelen utilizar plantas suculentas, frecuentemente plantas del género *sedum.* Para conseguir una superficie naturalizada se pueden añadir de especies autóctonas no invasoras, para poder recuperar así hábitats naturales degradados, o fomentar la biodiversidad. Debido a las características de este tipo de plantaciones, generalmente estas áreas no se consideran superficies transitables.

4.2. Cubiertas verdes intensivas

Las cubiertas ajardinadas intensivas, o más comúnmente denominada cubierta ajardinada, están generalmente diseñadas para un uso recreativo asemejándose a parques urbanos o jardines convencionales. En este caso son sistemas constructivos más pesados ya que son necesarios espesores de sustrato generalmente superiores a 60 cm de espesor. En las cubiertas intensivas se pueden implantar una gran variedad de plantas de diferentes tipologías ofreciendo una diversidad de vegetación comparable a los jardines que podemos encontrar a nivel del suelo.

En este caso, se trata de conseguir un tapiz verde ornamental que cubra la cubierta empleando los mínimos materiales y recursos para su desarrollo y mantenimiento.

Debido a las características de este tipo de jardinería, se precisa de un mantenimiento de la vegetación de forma regular contemplando las labores de propias de este ámbito como son: limpieza, riego, replantaciones, control fitosanitario, fertilización, poda, siega, etc.

5. FACTORES QUE AFECTAN AL DISEÑO DE CUBIERTAS AJARDINADAS

Una vez decidido llevar a cabo el proyecto de la instalación de una cubierta ajardinada extensiva se tuvieron en cuenta una serie de factores que intervienen en el diseño de la cubierta, de cara a garantizar el éxito de la solución constructiva desde diferentes puntos de vista, estabilidad estructural, estanquidad al agua de la cubierta y correcto desarrollo de la vegetación seleccionada. Por lo tanto, se han tenido en cuenta diversos factores que inciden en la cubierta ajardinada de cara a garantizar el éxito del sistema. Estos factores son arquitectónicos, agronómicos y climáticos:

5.1. Factores arquitectónicos

- Altura de muretes perimetrales: Se tendrá en cuenta el espesor de todo el sistema constructivo a la hora de diseñar la altura de los muros perimetrales necesarios para contener el sistema de cubierta ajardinada.

- Cargas: Se tendrá en cuenta el peso propio del sistema de cubierta ajardinada de cara a la estructura del edificio. Además, se considerará el peso de elementos de contención de agua y el peso de la vegetación en su crecimiento posterior.

- Pendientes: debido a que las pendientes en las cubiertas ajardinadas son recomendables para facilitar y conducir el agua de drenaje hacia los sumideros. En el diseño de la capa de drenaje, se asegurará que no se formen encharcamientos en la cubierta que provoquen la saturación de la capa de enraizamiento y la consecuente asfixia de las raíces y posterior mortalidad de las plantas. En el diseño no se han contemplado pendientes fuertes que puedan provocar problemas estructurales de deslizamiento y erosión de la tierra.

- Materiales: Todos los materiales de la cubierta ajardinada, serán evaluados según su función prevista en el sistema. En este sentido, deberán funcionar correctamente frente a la luz solar, presencia de agua, drenaje, desagüe, aireación y nutrientes. Para este fin, se seleccionarán materiales resistentes a la penetración de raíces, materiales de protección y almacenamiento de agua, materiales drenantes, materiales filtrantes, sustratos y vegetación específica. En este documento (punto 6), se especifican las diferentes capas necesarias para el correcto funcionamiento de la cubierta vegetal.

5.2. Factores agronómicos

- Sustrato: El sustrato del cultivo constituye la base principal para el desarrollo de la vegetación y además, es el elemento que en mayor medida determinará el correcto drenaje de la cubierta. Desde el punto de vista de su función como sustento de la vegetación, deberá permitir una buena penetración y desarrollo de raíces, deberá ser estable estructuralmente, tener capacidad de retención de agua así como contener un volumen de aire adecuado. Es el elemento que en mayor parte determinará el drenaje de la cubierta ya que el agua deberá atravesar todo su espesor hasta llegar a las capas drenantes. Por esta razón, se debe prestar especial atención a la granulometría del mismo para no condicionar negativamente el movimiento del agua y provocar encharcamientos.

- Vegetación: Para que la vegetación llegue a establecerse correctamente y de manera duradera en una cubierta ajardinada, se identificarán y se tendrán en consideración los factores condicionantes de la zona de actuación antes de la selección de las plantas. En esta selección de la vegetación se tendrán en cuenta todos los factores comentados en este punto: arquitectónicos, agronómicos y especialmente los climáticos.

5.3. Factores climáticos

Estos factores afectan fundamentalmente al éxito de la vegetación. Los factores que se consideraran para la selección de plantas son los siguientes:

- Clima regional que determinará el abanico inicial de posibles plantas a elegir.
- Microclima local y el posible efecto de emisiones de conductos o presencia de instalaciones en las cubiertas de los edificios.
- Pluviometría y su incidencia en la cubierta debido a la configuración del edificio.
- Exposición a la luz solar y la determinación de áreas soleadas, semi-sombreadas y sombreadas, e incluso posibles reflejos de fachadas colindantes sobre la vegetación.
- Periodos de sequía de cara a contemplar posibles sistemas de riego adicionales.
- Vientos dominantes y su incidencia particular sobre la cubierta del edificio (zonas más expuestas). En lugares donde la exposición al viento sea elevada se contemplarán medidas contra la erosión del suelo, mediante el empleo de mallas o incluso mediante el empleo de lastres con materiales pesados como gravas.

6. DISEÑO DE UNA CUBIERTA AJARDINADA

En este proyecto se plantea una cubierta vegetal extensiva con escaso mantenimiento y sin necesidad de irrigación. Se trata de una cubierta no transitada, que alberga las instalaciones de ventilación del edificio y al tratarse de un edificio ya construido, por lo que es necesario que la cubierta vegetal sea ligera y de poco profundidad, adecuada a la estructura de soporte de hormigón previamente construido.

Las plantas que se seleccionarán son resistentes al clima y permitirán mediante un mínimo mantenimiento su desarrollo, lo que evita instalar un sistema de riego y permite la reutilización del agua de lluvia, dando un extra a la calidad medioambiental.

Siguiendo las especificaciones de Silva (2016) la estructura de la cubierta vegetal será la siguiente:

Figura 6. Estructura de cubierta vegetal (Silva, 2016).

6.1 Vegetación

Se utilizarán diferentes criterios de selección de la vegetación en primer lugar deberán requerir un bajo mantenimiento y poder adaptarse a las condiciones climáticas locales. El objetivo principal de la vegetación en este caso es alcanzar una porcentaje máximo de cobertura de la superficie de terreno utilizando principalmente plantas tapizantes. Para ello se realizara un plano detallado de la distribución paisajista de la superficie a vegetar.

En este caso de cubierta extensiva, las condiciones para el desarrollo de las plantas son muy exigentes ya que crecen en unos espesores mínimos de sustrato mineral, y deben aguantar, en ocasiones, largos periodos de sequía, temperaturas extremas y alta radiación solar. Por lo que optaremos por plantas de raíces poco profundas, con buena capacidad de regeneración y unos portes bajos inferiores a 50 cm. Las características que deberán tener son las siguientes:

- Mínimos requisitos de mantenimiento
- Resistencia a largos periodos de sequía
- Resistencia a altas temperaturas
- Resistencia a heladas
- Resistencia al encharcamiento temporal
- Resistencia a fuertes radiaciones
- Resistencia a vientos
- Tolerancia a la contaminación urbana
- Persistencia durante años
- Crecimiento controlado
- Rápida cobertura del terreno
- Peso bajo
- Bajo riesgo de incendio
- No ser alergógenas

Algunas de las plantas que mejor se adaptan a estas condiciones son las plantas suculentas de la familia de las *Crassulaceae* y especialmente el género *Sedum.* También se prestara especial atención, a una selección de plantas autóctonas ya que son las que mejor se adaptan a las condiciones particulares de este tipo de cubierta. Las plantas deberán estar sanas y suficientemente endurecidas al clima local. Además, también se utilizaran plantas herbáceas perennifolias, vivaces, cespitosas y subarbustivas.

La implantación de esta vegetación se realizara mediante el empleo de plantas o semillas utilizando las densidades más adecuadas en función de las especies vegetales ya que la densidad de plantación de cada especie es vital para el correcto desarrollo de cada unidad de plantación.

6.2 Sustrato

El sustrato desempeña las funciones de suministrar nutrientes, agua y oxígeno, filtración y de soporte físico de la vegetación. Por lo tanto, será el elemento clave que condicionará el éxito de la implantación de una cubierta ajardinada. Esta capa de sustrato, junto con la capa drenante y filtrante, conforman la denominada capa de enraizamiento del sistema de ajardinamiento.

Diferentes estudios, (DDC, 2007; FLL, 2002) recomiendan que el porcentaje de los constituyentes inorgánicos en el sustrato de la cubierta vegetal sea de más del 80% de esta manera se puede reducir el peso total de la cubierta. (Vijayaraghavan K, Raja FD 2014) El uso de compost en un 100% también debe evitarse en las cubiertas extensivas ya que esto pudiera causar la asfixia de la vegetación, favorecer el crecimiento de malas hierbas, aumentar la carga en la azotea lo que pondría en peligro el éxito a largo plazo del proyecto.

Teniendo en cuenta todo lo anteriores, el sustrato será una mezcla de compost 20% procedente de los residuos de la cafetería de la Escuela de Ingeniería, perlita 30%, vermiculita 20%, arena 10% y gravilla 20% procedente de recuperación. Las características de la mezcla s

Esta mezcla se extenderá a lo largo del perímetro seleccionado a ajardinar de la cubierta mediante vertido, rastrillado y ligero compactado. Sobre este sustrato se llevara a cabo la implantación de plantas. La cubierta dispone de toma de agua para que en el momento implantación el sustrato mezcla tenga la humedad adecuada para trabajar en su extensión sobre la cubierta y evitar su desecación y prevenir de la erosión del viento.

6.2.1 Espesor de sustrato

El espesor de la capa de sustrato depende de tres parámetros:

- Resistencia de carga de la cubierta para asegurar la estabilidad estructural de la cubierta.
- Tipo de vegetación prevista con el fin de que pueda albergar correctamente el desarrollo de las raíces de las plantas.
- Compactación estimada a lo largo del tiempo. En nuestro caso el aporte de de materia orgánica en el sustrato será constante con lo que evitaremos su degradación y así podremos controlar el espesor de este.

La profundidad mínima de sustrato será de 7 cm. El sustrato es el elemento que más condicionará el correcto drenaje de la cubierta ajardinada ya que agua tiene que atravesar todo el sustrato y dirigirse hacia las capas drenantes. La presencia de partículas finas en la formulación del sustrato será determinante para este fin.

6.2.3 Requisitos

El sustrato debe asegurar el correcto funcionamiento de la vegetación y en general cumplir con los siguientes requisitos:

- Utilizar materias primas locales, en nuestro caso residuos orgánicos compostados
- Buena capacidad de rehumectación
- Bajo contenido en caliza activa
- Distribución granulométrica adecuada
- Contenido mínimo en materia orgánica
- Resistente a heladas
- Estabilidad estructural de agregados
- Adecuada permeabilidad
- Baja presencia de sales
- Capacidad de retención de agua
- Contenido mínimo de aire
- Valores neutros de pH
- Bajo contenido en sales
- Mínimo contenido de nutrientes
- Permitir germinaciones

6.2 Capa de filtro

La función principal de una capa de filtro será separar el sustrato de crecimiento de la capa de drenaje y, de este modo, evitar que las partículas pequeñas del medio, tales como residuos de plantas y suciedades, entren y obstruyan la capa de drenaje En este caso se tratará de un lamina geotextil.

Esta capa deberá tener una eficacia de filtración efectiva, que fundamentalmente dependerá de la abertura de los poros que la componen. Además deberá tener las siguientes características:

- Permisibilidad a la penetración de raíces.
- Resistencia a las condiciones de suelo.
- Resistencia a la acción de microorganismos.
- Resistencia mecánica a tracción, elasticidad y fricción.

Por ello se colocará una lámina de geotextil hacia arriba, como capa filtrante, en contacto con el sustrato de 7 cm de espesor.

6.3. Capa de drenaje

La capa de drenaje es crucial para el éxito de la cubierta vegetal. Proporcionará un equilibrio óptimo entre aire y agua en el sistema. Teniendo en cuenta que la mayoría de la vegetación requiere un substrato aireado y no encharcado para su buen crecimiento, la capa de drenaje ayuda en la eliminación del exceso de agua del sustrato para asegurar que el sustrato se encuentra en estado aeróbico. La capa de drenaje también protege la membrana de impermeabilización y mejora las propiedades térmicas de la cubierta.

Po ello, se colocará una capa drenante que cumplirá las funciones de evacuación del agua de precipitaciones hacia los elementos de desagüe de forma rápida y en condiciones de lluvia continuada, evitando el estancamiento del agua y que permitirá la correcta difusión de oxígeno y vapor de agua.

Esta membrana deberá ser resistente física y químicamente para mantener sus prestaciones duraderas y estables en el tiempo y será inocuo para las plantas. Esta capa también tendrá función de retención de agua, de tal forma que pueda almacenar agua procedente de las precipitaciones para eliminar riegos sobre la cubierta.

En este caso se elegirá una la lámina drenante de polietileno de alta densidad sobre la membrana impermeabilizante. Cada panel dispondrá de cavidades que garanticen la acumulación de agua en periodos de sequía. Así como de perforaciones que permiten el rápido drenaje en periodos de lluvia. También permitirá la aireación del sistema de raíces de las plantas.

6.4. Capa de impermeabilización y anti-raíz

La capa de impermeabilización y anti raíz tendrá la doble función de asegurar la estanquidad al agua de la cubierta del edificio y a la penetración de las raíces. En este caso, las membranas impermeabilizantes deberán ser resistentes a los microorganismos, y a la penetración de raíces que pueden ocasionar la perdida de estanquidad.

Colocaremos una lámina de polietileno de baja densidad de color negro, que evita la penetración de las raíces en la capa de impermeabilización.

6.5 Aislamiento

Con el fin de limitar los intercambios térmicos y acústicos entre el exterior e interior de la cubierta, para limitar el consumo de energía del edificio tanto en durante periodos cálidos como fríos.

El aislamiento térmico, se colocará encima del sistema de impermeabilización para proteger la membrana y aumentar su vida útil. Para ello, se emplearán aquellos materiales aislantes resistentes a estas condiciones de humedad y presencia de agua.

Se colocan los paneles de poliestireno extruido de 5 cm de espesor, sobre la membrana impermeabilizante para mejorar el aislamiento térmico de la cubierta.

6.6. Membrana impermeabilizante

La membrana impermeabilizante se realizará con materiales bituminosos, con un cierto contenido reciclado, como productos a partir de polietileno o caucho sintético. Serán membranas monolíticas, de modo que no haya juntas por donde sea posible que se produzcan filtraciones cuando se den condiciones de agua estancada.

6.7 Cubierta edificio

Previo a la construcción de la cubierta vegetal se realizará una inspección de la cubierta a ajardinar. Comprobando que el soporte base de impermeabilización este correctamente regularizado, sin picos u oquedades que puedan dañar la posterior instalación de la membrana impermeabilizante. Además deberá estar seco, limpio, carente de cuerpos extraños y tener la resistencia necesaria para albergar el peso del sistema de cubierta ajardinada.

7. CONCLUSIONES

En la cafetería del edificio de la Escuela de Ingeniería de Bilbao (Secciones Ingeniería Técnica Industrial e Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas) se generan unos 33 kg de residuos orgánicos al día o 5 toneladas por curso. Se propone la instalación de una compostadora en vaso para la obtención de compost que se aprovechará en la instalación de **una** cubierta vegetal extensiva con escaso mantenimiento y sin necesidad de irrigación en el mismo edificio.

Las plantas seleccionadas, de la familia de las *Crassulaceae* y del género *Sedum,* son resistentes al clima y permitirán mediante un mínimo mantenimiento su desarrollo; lo que evitará la instalación de un sistema de riego y permitirá la reutilización del agua de lluvia, dando un extra a la calidad medioambiental. Así, se obtendrán beneficios a nivel estético; en cuanto a la gestión de residuos y las aguas pluviales, se contribuirá a la disminución del efecto isla de calor urbana, al aumento de la biodiversidad urbana y a la educación ambiental. Además, también se prevén mejoras en la eficiencia energética del edificio y en su aislamiento acústico.

8. AGRADECIMIENTOS

- Al Vicerrectorado de Estudiantes, Empleo y Responsabilidad Social por la concesión de la ayuda del proyecto de innovación para la sostenibilidad objeto de este trabajo
- A la antigua Escuela de Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas por la cesión del laboratorio para el inventariado de residuos.
- Al Departamento de Ingeniería minera y metalúrgica y ciencia de los materiales, por préstamo de la báscula durante el proyecto.
- A los/las trabajadores/trabajadoras de la Peñaskal Kooperatiba por su colaboración.
- A todos aquellos que han participado en los cuestionarios y encuestas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Ahern, J., S. Cilliers,S., J. Niemelä,J. 2014.The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation, Landscape Urban Planning,125: 254-259.
- Alexandri, E., Jones ,P. 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green

walls and green roofs in diverse climates, Building and Environment, 43 : 480-493.

- Azkorra, Zaloa. 2015. Estudio comparativo de eficiencia energética. Fachada ventilada frente a fachada vegetal. Tesis de la UPV/EHU.
- Bermejo, R. 2014. Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. Hegoa, Bilbao.
- BOE, 2013. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-12006
- CES, Edupack. Disponible en: http://www.ehu.eus/documents/1738121/1751702/Edupack+2015?version=1.0)
- Cook, D.I. , Van Haverbeke, D.F. 1997. Suburban noise control with plant materials and solid barriers, NE: University of Nebraska, College of Agriculture, Agricultural Experimental Station : 234-241.
- DDC. 2007. DDC Cool and Green Roofing Manual. Prepared for New York City Department of Design & Construction Office of Sustainable Design, by Gru- zen Samton Architects LLP with Amis Inc. Flack & Kurtz Inc., Mathews Nielsen Landscape Architects P.C., SHADE Consulting, LLC.
- De Luis Álvarez, Ana; Menéndez Ruiz, Amaia.; Ortuzar Iragorri, Mª Arritokieta; Aranguiz Basterrechea, Itziar; Bilbao Ergueta, Elena. ; Echevarria Astarloa, Jesús Carmelo.; Ruiz Ojeda, Mª Pilar.; Varela Castiñeira, Jone. 2016. Primera fase del proyecto de innovación para la sostenibilidad: análisis y reducción de residuos alimenticios generados en una de las cafeterías universitarias de la Escuela de Ingeniería de Bilbao. Actas del IX Congreso Iberoamericano de docencia universitaria.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O. , Olazabal, E. , Geneletti, D., Orru, H. , Bhave, A.G., Mittal, Feliu, N. E. , Faehnle, M. 2014.Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure, Journal of Environmental Management, 146 : 107-115.
- Erkoreka, Aitor. 2012. Modelling and testing of green roof using the paslink methodology for characterization of its energy behaviour. Tesis de la UPV/EHU.
- FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. 2002. Guideline for the planning, execution and upkeep of green-roof sites. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau .
- MAGRAMA, 2013. Estrategia "Más alimento, menos desperdicio". Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/estrategia-mas-alimento-menos-desperdicio/Libro_estrategia_desperdicio_baja_tcm7-271306.pdf (consultado el 27 de abril de 2016).
- Johnston, J., Newton, J. 2004.Building green: a guide to using plants on roofs, walls and pavements., London.
- Plan estratégico UPV/EHU 2012-2017. Disponible en: https://www.ehu.eus/documents/2007376/3869011/Plan-Estrategico-UPV-EHU.pdf
- Ottelé, M., van Bohemen, H.D., Fraaij ,A.L.A. 2010. Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation on living walls, Ecological Engineering, 36 : 154-162.
- Schroll, E., J. Lambrinos, J., Righetti, T., Sandrock D.2011. The role of vegetation in regulating stormwater runoff from green roofs in a winter rainfall climate, Ecological Engineering, 37: 595-600.
- J. Mentens, D. Raes, M. Hermy, Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff

problem in the urbanized 21st century?, Landscape Urban Plann. 77 (2006) 217-226.

- Teemusk,A., Mander, Ü . 2009. Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia, Build. Environ. 44 643-650.
- Tsilini, V., Papantoniou, S., Kolokotsa, D. ,Maria, E. 2015.Urban gardens as a solution to energy poverty and urban heat island. Sustainable Cities and Society. 14:323-333.
- Montejo et al., 2015. Influence of input material and operational performance on the physical and chemical properties of MSW compost. Journal of Environmental Management ,162: 240–249.
- Mirzaei ,P.A., Haghighat, F. 2010. Approaches to study Urban Heat Island – Abilities and limitations, Build. Environ. 45 (2010) 2192-2201.
- Parizotto, S., Lamberts, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil, Energy Build. 43 (2011) 1712-1722.
- Velasco, E., Roth, M. 2010. Cities as net sources of CO_2: Review of atmospheric CO_2 exchange in urban environments measured by eddy covariance technique, Geography Compass. 4 : 1238-1259.
- Vijayaraghavan, K, Raja ,FD. 2014. Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: Plant growth experiments and adsorption. Water Resersearch, 63:94–101.
- Whittinghill, L.J., Rowe, D.B., Schutzki, R., Cregg, B.M. 2014. Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems, Landscape Urban Planning, 123: 41-48.
- Wong, J.K.W., Lau, L.S.2013. From the 'urban heat island' to the 'green island'? A preliminary investigation into the potential of retrofitting green roofs in Mongkok district of Hong Kong, Habitat International. 39: 25-35.
- Yang, W. ,Li, D. ,Sun, T. Ni, G. 2015. Saturation-excess and infiltration-excess runoff on green roofs, Ecological EngIneering, 74: 327-336.

Nazioarteko Hizketaldia

ELIKADURAREN ETORKIZUNA ETA NEKAZARITZAREN ERRONKAK XXI. MENDERAKO:

Mundua nork, nola eta zer-nolako inplikazio sozial, ekonomiko eta ekologikorekin elikatuko duen izango da eztabaidagaia

2017ko apirilaren 24 / 26. Europa Biltzar Jauregia. Vitoria-Gasteiz. Araba. Euskal Herria. Europa.

International Colloquium

THE FUTURE OF FOOD AND CHALLENGES FOR AGRICULTURE IN THE 21st CENTURY:

Debates about who, how and with what social, economic and ecological implications we will feed the world.

April 24th - 26th. Europa Congress Palace. Vitoria Gasteiz. Álava. Basque Country/Europe

Coloquio Internacional

EL FUTURO DE LA ALIMENTACIÓN Y RETOS DE LA AGRICULTURA PARA EL SIGLO XXI:

Debates sobre quién, cómo y con qué implicaciones sociales, económicas y ecológicas alimentará el mundo.

24 / 26 de Abril, 2017. Palacio de Congresos Europa. Vitoria-Gasteiz. Álava. País Vasco. Europa.

GUNTZAILEAK/COLABORAN/COLLABORATING ORGANIZATIONS

LAGUNTZA EKONOMIKOA/APOYAN/WITH SUPPORT FROM