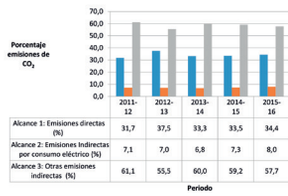
Instituciones universitarias sostenibles: determinación de gases efecto invernadero en un centro universitario y estrategias para disminuirlas



Sustainable university institutions: determination of gases greenhouse efect in a university center and strategies to decrease them

Alejandro Rodríguez-Andara, Rosa-María Río-Belver y Vanessa García-Marina
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Calle Nieves Cano, 12 - 01006 Vitoria, Álava (España).

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9247 | Recibido: 14/05/2019 • Inicio Evaluación: 16/05/2019 • Aceptado: 10/07/2019

ABSTRACT

- The objective of this work is to determine the carbon footprint of a university building. This work is considered as a contribution aimed at integrating sustainability in its management, determining the main sources of greenhouse gas emissions and proposing solutions to reduce its environmental impact. This educational center houses 1064 students of Engineering and is located at the campus of the University of the Basque Country in Vitoria-Spain. The methodology applied to calculate greenhouse gas emissions follows the guidelines issued by the Ministry of Agriculture, Food and Environment of Spain (MAPAMA). It was found that an adequate environmental management system eases the calculation of these emissions and the source identifications. It was assessed that the carbon footprint for the studied institution was 0.558 t CO_2 eq/ person-year and 0.635t CO_2 eq/student-year. With regard to direct emissions, 205.15 t CO_2eq / year and indirect 392 t CO_2eq / year were detected, for the last year studied.
  For this edifice, it is proposed that the appropriate measures to reduce the carbon footprint should focus on changing the current energy source used for the air conditioning of the building, what is now natural gas, and improving the insulation system. The calculation method depends on emission factors that are representative. Thus, it is recommended to continue researching in order to set emission factors, which can be applied specifically for university buildings. In this way, the methodology would be standardized and more accurate comparisons could be established between related studies.
- **Keywords:** Global Change, Carbon Footprint, Sustainability, Responsible university management, decrease carbon dioxide emissions.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar la huella de carbono de un centro universitario. El trabajo además de considerarse como una contribución destinada a integrar la sostenibilidad en la gestión universitaria, pretende determinar las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero y proponer soluciones para reducir su impacto ambiental. Este centro cuenta con 1064 estudiantes de ingeniería y está ubicado en el Campus de Álava de la ciudad de Vitoria-Gasteiz de la Universidad del País Vasco, España. La metodología aplicada para calcular las emisiones de gases efecto invernadero sigue las pautas emitidas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España (MAPAMA). Se encontró que un sistema de gestión ambiental adecuado facilita el cálculo de estas emisiones y la identificación de las fuentes. La huella de carbono del centro universitario fue de 0,558 t CO_2 eq / persona-año y 0,635 t CO_2 eq / estudiante-año. Con respecto a las emisiones directas, se detectaron 205,15 t CO_2eq / año e indirectas 392 t CO_2 eq / año, durante el último año estudiado.

Para este centro, se propone que las medidas apropiadas para reducir la huella de carbono se centren en cambiar la fuente de energía que actualmente se utiliza para el sistema de calefacción del edificio, que es gas natural, y mejorar el sistema de aislamiento. Los resultados obtenidos dependerán de los factores de emisión que se utilicen, por lo que se recomienda continuar investigando para determinar factores de emisión acorde con las actividades universitarias. De esta manera, la metodología podrá estandarizarse y se podrán establecer comparaciones más precisas entre estudios similares.

Palabras clave: Cambio global, huella de carbono, sostenibilidad, gestión universitaria responsable, disminución de emisiones de dióxido de carbono.

1. INTRODUCCIÓN

Según el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la influencia humana en el sistema climático es una cuestión manifiesta, las emisiones antropogénicas recientes de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia desde que existen registros confiables, el calentamiento en el sistema climático es una realidad, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios como lo son: pérdida de biodiversidad, aumento en la desertificación, aumento en la intensidad y frecuencia de fenómenos atmosféricos como huracanes e inundaciones, subida en el nivel del mar, etc. [15]. El 28 de noviembre de 2018, la Comisión Europea presentó su visión estratégica a largo plazo, para el logro de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra (sin emisiones) para el 2050. Ante esta situación, de gran impacto ambiental sin precedentes, muchas instituciones de educación superior están tomando medidas para hacer frente a los efectos que su actividad genera sobre el medio ambiente y determinar su contribución al cambio climático desde distintos puntos de vista. En primer lugar, se centran en el fortalecimiento de sus programas con contenido vinculado a la sostenibilidad [11], en segundo lugar, proponen la necesidad de implementar sistemas

de gestión medioambiental [8], muchas de ellas para mejorar la eficiencia energética de los edificios [17]. En tercer lugar, encontramos instituciones directamente interesadas en determinar cuál es su contribución al cambio climático para considerar alternativas que reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero [9,10,19,18].

En este escenario, nuestro centro universitario, la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, perteneciente a la Universidad del País Vasco, ha considerado contribuir con este tema. Este centro orientado a la docencia y a la investigación, se compone de un solo edificio con actividades administrativas, despachos para profesorado, laboratorios y aulas de clases (aunque la mayoría de las clases se dan en otro edificio adyacente que no está incluido en este estudio). En la actualidad, alberga a 1064 individuos, entre estudiantado, profesorado y personal administrativo.

Este centro universitario posee el certificado ambiental local "Ecoskan" desde 2008, otorgado por la Sociedad Pública del Gobierno Vasco para la Gestión Ambiental (IHOBE). Esta certificación se recomienda implantarla, en empresas que comienzan a introducir el tema ambiental en su gestión. Se puede considerar el primer paso para lograr otras certificaciones más completas, como ISO 14001 o EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme* / Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría). Este sistema de gestión se centra en lograr un compromiso de respeto hacia el medio ambiente, identificar los aspectos e impactos ambientales que genera la actividad empresarial, valorar estos aspectos y lograr objetivos con eficiencia y eficacia. Esta certificación nos ha permitido desarrollar un nivel básico de gestión ambiental. Esto ha hecho posible el monitoreo de los servicios utilizados, tales como consumo de agua y electricidad, así como cuantificar y gestionar los residuos producidos. Por tanto, a fin de aumentar nuestro compromiso de protección hacia el medio ambiente, nos proponemos como objetivo en este trabajo:

- Identificar y aplicar una metodología adecuada para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero, con el alcance o límite que comprende las instalaciones de la Escuela de Ingenieros de Vitoria-Gasteiz durante el período (2011-16)
- A partir de la identificación de las fuentes de emisiones y de sus magnitudes, proponer estrategias para reducirlas.

2. METODOLOGÍA

Existen varios criterios para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Una de ellas lo proporciona la norma ISO 14064, la cual está dividido en tres partes y detalla los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de los inventarios de GEI de las compañías, organizaciones y para la presentación de informes sobre inventarios (ISO, 2015a) [6]. Otro criterio lo proporciona la norma PAS 2060:2010, la cual es un estándar publicado por *British Standards Institution* en 2010, que permite a las organizaciones asegurar que sus declaraciones sobre neutralización de las emisiones de CO_2 son correctas. También existe el *GHG Protocol* desarrollado por *World Resources Institute* (WRI) y el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) conjuntamente con empresas, gobiernos y grupos ambientalistas a nivel global, con el objetivo de contribuir con una nueva generación de programas efectivos y creíbles para abordar el cambio climático [5,3].

En nuestro caso el criterio adoptado para el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero lo proporciona las directrices emitidas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) de España, el cual ofrece una herramienta de cálculo sencilla basada en el dato de actividad o parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de gases efecto invernadero y el factor de emisión, o supuesta cantidad de gases efecto invernadero emitido por cada unidad del parámetro o dato de actividad [12]. Este método está dirigido a organizaciones que deseen conocer el origen y la magnitud de sus emisiones de CO_2. Constituye el primer paso para reducir sus costes energéticos, así como sus emisiones de gases efecto invernadero.

La herramienta clasifica las emisiones de GEI en dos fuentes principales:

- Emisiones directas de GEI: emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la organización. Podrían entenderse como las emisiones liberadas *in situ* en el lugar donde se produce la actividad.
- Emisiones indirectas de GEI: son las producidas como consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra organización.

Una vez definidas cuáles son las emisiones directas e indirectas de GEI y para facilitar la detección de todas ellas, se definen en tres alcances:

- Alcance 1: emisiones directas de GEI.
- Alcance 2: emisiones indirectas de GEI asociadas al uso de electricidad adquirida y consumida por la organización.
- Alcance 3: otras emisiones indirectas.

La propuesta requiere la aplicación de una ecuación simple para calcular la magnitud de la huella de carbono:

$$Carbon\ Footprint = Activity\ Data \times Emission\ Factor$$

Las unidades en las que estén expresados los factores de emisión han de escogerse en función de los datos de la actividad disponible. Por tanto, la clave de este método es tener inventariado los consumos de servicios y cuantificado la generación de residuos y poseer el factor de emisión correspondiente.

3. CÁLCULOS

A continuación, se muestran los cálculos correspondientes a los tres alcances mencionados.

3.1 ALCANCE 1: EMISIONES DIRECTAS Y ALCANCE 2: EMISIONES INDIRECTAS

Las denominadas emisiones de Alcance 1: emisiones directas procedentes de:

- El consumo de energía por combustión en caldera, en nuestro caso la fuente de energía para la calefacción del edificio es el gas natural.
- El consumo de combustible debido a los vehículos propietarios del centro.
- Gases refrigerantes que han sido liberados en la atmósfera a partir de un sistema de refrigeración ubicado en el centro.

El gas natural es una fuente de energía que se consume para alimentar la caldera como sistema de calefacción del edificio (se usa una caldera atmosférica de gas natural de 1152 Kw), prácticas realizadas en laboratorios, la cantina del centro y el suministro de agua caliente en los baños. Estos consumos están fuertemente influenciados por la temporada de invierno. Los inviernos intensos

y prolongados, como en el período 2012-13, aumentan significativamente las emisiones. Por otro lado, existe una tendencia a mejorar el mantenimiento del sistema de calefacción, que también es un factor de incidencia: una mayor eficiencia en el mantenimiento de las instalaciones reduce las emisiones de CO_2.

Con respecto al consumo de diésel está relacionado con el uso de vehículos de motor propiedad de la Escuela de Ingenieros. El centro solo posee un vehículo utilizado en el trabajo de campo del alumnado perteneciente a la especialidad del grado en topografía (ya extinguido).

La Tabla 1 muestra las emisiones de CO_2 de gas natural y combustible diésel (Alcance 1) y las emisiones de CO_2eq del consumo de electricidad (Alcance 2), según periodo.

Con respecto a los gases fluorados, Según la información suministrada por la empresa encargada del mantenimiento de los equipos de refrigeración, durante el periodo del presente estudio (2011-16) no ha ocurrido ninguna fuga de gases refrigerantes. Por tanto, la emisión correspondiente a fugas de estos gases es cero.

Con respecto al Alcance 2, estas emisiones se consideran indirectas porque dependerán de las fuentes de energía que utilice la empresa proveedora de electricidad en su mix energético (hidroeléctrica, renovables, nuclear, centrales térmicas, etc.). El factor de emisión del mix eléctrico es el valor que expresa las emisiones de CO_2 asociadas a la generación de electricidad que se consume, por tanto, es un indicador de las fuentes de energía utilizadas para producir electricidad, cuanto más bajo es el mix, mayor es la contribución de fuentes energéticas de origen renovables o bajas en carbono.

La tabla 1 muestra las emisiones de CO_2eq correspondiente al consumo de electricidad. Como se ha mencionado, el factor de emisión puede variar en función de la fuente de energía que utiliza la empresa. Los usos de las energías renovables tienen un peso significativo en este factor, y dependiendo del clima (radiación solar, períodos de lluvia o magnitud de la energía eólica) puede aumentar el uso de este tipo de energía.

Emisiones de CO_2eq debido al consumo de gas natural: Alcance1			
Periodo	**Consumo (KWh)**	**Factor de emisión (Kg CO_2/ kWh)***	**Emisiones de CO_2 (Ton CO_2eq)**
2011-12	1.059.635	0,202	214,05
2012-13	1.351.477	0,202	273,00
2013-14	1.072.353	0,202	216,60
2014-15	1.002.345	0,202	202,50
2015-16	1.013.103	0,202	204,60
Emisiones de CO_2eq debido al consumo de gasóleo: Alcance1			
Periodo	**Consumo (l)**	**Factor de emisión (Kg CO_2/l)***	**Emisiones de CO_2 (Ton CO_2eq)**
2011-12	100,741	2,503	0,252
2012-13	45,091	2,503	0,113
2013-14	96,381	2,503	0,241
2014-15	13,221	2,503	0,033
2015-16	219,600	2,503	0,550
Emisiones de CO_2eq debido al consumo de electricidad: Alcance 2			
Periodo	**Consumo (KWh)**	**Factor de emisión (Kg CO_2/ kWh)****	**Emisiones de CO_2 (Ton CO_2eq)**
2011-12	193,068	0.25	48,267
2012-13	242,893	0.21	51,008
2013-14	221,051	0.20	44,210
2014-15	192,288	0.23	44,226
2015-16	197,858	0.24	47,486

** Factor de emisión proporcionados por [12].*
*** Factor de emisión proporcionado por la empresa suministradora de electricidad en el centro según su mix energético y año: EDP Hidrocantábrico. Http://www.edpenergia.es/es/*
Tabla 1: Emisiones de CO_2eq Alcance 1 y 2

3.2. ÁMBITO 3: OTRAS EMISIONES INDIRECTAS

Estas emisiones incluyen:

- Consumo de agua
- Construcción de edificio
- Movilidad empleados y estudiantes
- Consumo de papel
- Producción de residuos

Por una parte, en el estudio se ha decidido descartar los consumos asociados a determinadas compras de productos realizadas por la Escuela de Ingeniería, es decir, la compra de mobiliario, material de oficina, productos alimenticios, etc. Esto se debe a la falta de información y a la dificultad de contabilizar todos aquellos consumos derivados de estos bienes y las consecuentes emisiones de CO_2 por la producción de cada uno de ellos.

Por otra parte, una fuente (que podría ser significativa) de emisiones de CO_2 relacionadas con este alcance, lo constituye el número de computadoras que utiliza el centro de enseñanza asociadas a la fase de producción y transporte de su ciclo de vida. En el presente estudio no se ha podido contemplar esta fuente de emisiones, sin embargo, si se ha considerado la etapa de uso del producto (donde es mayor su impacto ambiental). Además, estos productos cuando llegan a su ciclo final de vida (aproximadamente 10 años) se gestionan donándolas a instituciones con escasos recursos con la idea de introducirlos en la economía circular y prolongar su vida útil.

3.2.1. Consumo de agua

Las emisiones correspondientes al consumo de agua están asociadas con el consumo de electricidad correspondiente tanto a la planta de potabilización de agua y tratamiento de líquidos residuales. Este consumo de energía depende de la tecnología utilizada en estos procesos. La empresa que suministra este servicio ha suministrado los factores de emisión, habiendo sido determinado por el proveedor de electricidad de sus instalaciones.

Como se muestra en la Tabla 2, las emisiones de CO_2eq serán directamente proporcional al consumo de agua y a la producción de aguas residuales para su posterior tratamiento. Estos consumos están relacionados con los costos de energía en kWh consumidos tanto para el tratamiento de agua potable y para la purificación. Es de esperar que no toda el agua potable utilizada por el centro será devuelta en 100% al sistema de alcantarillado. Hay ciertos consumos hídricos asociados con la cantina, riego de plantas dentro del edificio universitario, prácticas de laboratorio, y otros consumos que no van al alcantarillado. Por tanto, en nuestro estudio hemos supuesto que el 80% del agua potable consumida es devuelta a la red de alcantarillado.

Con respecto al consumo de agua, la Tabla 2 muestra que el consumo ha aumentado en los últimos tres períodos. Esto puede explicarse, por un parte, por la mejora en la medición del consumo de agua y por otra parte, por el aumento del riego de áreas verdes que afecta el consumo durante el período de verano. En los últimos años se han observado veranos más secos y calurosos y esto hace aumentar la demanda de riego en las áreas verdes

3.2.2 EMISIONES PROCEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

Según el denominado informe MIES, 2005, (acrónimo de Modelo de Investigación de Edificación Sostenible), de la Universidad

Periodo	Consumo (m^3)	Coste por agua potable (KWh /m^3)	Coste por tratamiento de aguas (KWh/ m^3)	Total KWh	Factor de emisión (Kg CO_2/ kWh)*	Emisiones de CO_2eq (Ton)
2011-12	1737	0,0486	0,283	477,68	0,24	0,115
2012-13	1684	0,0518	0,264	442,90	0,16	0,071
2013-14	2112	0,258	0,271	1002,78	0,12	0,120
2014-15	2147	0,0520	0,283	585,06	0,21	0,123
2015-16	2138	0,222	0.251	903,95	0,15	0,136

**El factor de emisión proporcionado por la empresa de suministro de agua: Amvisa. amvisa@vitoria-gasteiz.org*
Tabla 2: Emisiones de CO_2eq por consumo de agua

Politécnica de Cataluña, la construcción de edificios genera emisiones de CO_2 que deben ser tomadas en cuenta, hay que considerar la vida media de los edificios sin necesidad de obras. Este informe destaca la importancia de construir edificios duraderos, no solo como un problema técnico, sino también como un parámetro de diseño que debe evitar su obsolescencia funcional, se considera decisivo en el impacto ambiental de la construcción [13].

El mencionado informe MIES afirma que aproximadamente 520 kg de CO_2/m^2 pueden ser emitidos en la fabricación de materiales para la construcción de un edificio universitario, esto corresponde a la Escuela de Arquitectura del Vallès. Calculando el promedio de vida de un edificio en 50 años, es posible obtener un factor de emisión de unidad de 10,4 kg de CO_2/m^2 construidos por año. Dado que el área construida para la Escuela de Ingeniería Vitoria-Gasteiz es de 15.506 m^2, es posible estimar las repercusiones de las emisiones anuales atribuidas a la construcción del edificio, a lo largo de su vida útil. Las emisiones de CO_2 por período, han sido calculadas utilizando la siguiente ecuación:

$$Equivalent\ CO_2\ emissions = \frac{(m^2\ of\ building\ \times\ CO_2\ emission\ factor)}{Building\ Lifetime}$$

Y dan un valor de 161,3 t CO_2 para cada uno de los períodos estudiados.

3.2.3. Emisiones por movilidad de estudiantado y empleados al centro educativo

Para determinar las emisiones de CO_2 correspondiente a la movilidad del conjunto de individuos que acuden al centro de enseñanza, tanto trabajadores (personal docente y administrativo) como alumnado, se realizó una encuesta sobre hábitos de transporte en el año 2017.

La encuesta se diseñó considerando una población total con hábitos muy diferentes para acudir al centro de enseñanza, por una parte:

- Trabajadores y estudiantado que residen fuera de la ciudad de Vitoria Gasteiz. Acuden directamente desde sus hogares extra-radio al centro de trabajo o estudio durante los días laborales. Se trata de un grupo más proclive a utilizar sistemas de transportes extraurbano y automóviles propios.
- Trabajadores y estudiantado que tienen su residencia fija en la ciudad de Vitoria-Gasteiz, donde está ubicado el centro de trabajo y estudio. Se trata de un grupo más proclive a utilizar medios de transporte que no generan emisiones o transporte público intraurbano.

Resultados de las emisiones de CO_2eq correspondiente a los trabajadores y estudiantado que residen fuera de la ciudad de Vitoria-Gasteiz				
Modo de transporte	**Km /persona-año**	**Num. de personas**	**Factor de emisión (Kg CO_2/km)**	**Emisión anual (2015-16) (Ton CO_2eq)**
Coches Diesel	5425,9	86	0,1564*	72,981
Coche de gasolina	3550,4	88	0,1689*	52,770
Coche eléctrico	17500,0	2	0,0434**	1,532
Motocicleta	2340,0	5	0,0796***	0,931
Autobús	6323,2	160	0,0400****	40,468
Tren	4515,0	32	0,0246*****	3,545
Total de emisión				172,223
Resultados de las emisiones de CO_2eq correspondiente a los trabajadores y estudiantado que residen en la ciudad de Vitoria-Gasteiz				
Modo de transporte	**Km /persona-año**	**Num. de personas**	**Factor de emisión (Kg CO_2/km)**	**Emisión anual (2015-16) (Ton CO_2eq)**
Coches Diesel	481,30	15	0,1564	1,129
Coche de gasolina	585,65	61	0,1689	6,034
Motocicleta	331,50	2	0,0796	0,065
Autobús	598,45	71	0,0400	1,706
Tranvía	525,57	20	0,0576******	0,596
Total de emisión				181,753
Emisiones de CO_2eq / individuo (2015-16)				0,1708

* Factor de emisión suministrado por [12].: vehículo gasóleo 2,503 kg CO_2/l, 1 l se recorren 16 km. Vehículo gasolina 2,196 kg CO_2 /l; 1 l se recorren 13 kilómetros.
*** Factor de emisión proporcionado por Red Eléctrica de España. Http://www.ree.es*
**** Factor de emisión proporcionados por [14].*
***** Factor de emisión proporcionado por la Universidad de Compostela . Citado por: [5]*
****** Factor de emisión proporcionados por [14].*
*******Factor de emisión provistos por la Oficina Central de Euskotren. Http://www.euskotren.eus*

Tabla 3: Total de emisiones por movilidad

En el período 2015-16, la población total estimada del centro fue de 1064 individuos (936 estudiantes). En los últimos 4 períodos fue 1327 (2011-12), 1279 (2012-13), 1198 (2013-14) y 1010 (2014-15) individuos.

Tanto para la población extra e intra radio, el valor promedio correspondiente a los kilómetros por viaje anual se han calculado sobre la base de la información proporcionada en la encuesta. Si consideramos 39 semanas de actividad académica y teniendo en cuenta que la población total de estudiantes y docentes, en la fecha de realización de la encuesta es de 1064 personas, podemos estimar la cantidad de personas que utilizan los diferentes modos de transporte detectados. Además, al conocer los factores de emisión correspondientes, podemos estimar las emisiones de CO_2 según el modo de transporte. La Tabla 3 muestra los resultados.

Dado que no se dispone de información sobre la movilidad de los períodos anteriores a este estudio (2011-16), se ha supuesto que la movilidad en períodos anteriores es similar a los resultados de la encuesta y proporcional al número de individuos. Por otra parte, sería útil crear un registro de los medios de transporte utilizados por el profesorado para asistir a eventos nacionales o internacionales. De esta manera, las emisiones de CO_2 relacionadas con este tipo de movilidad podrán incluirse en el estudio.

3.2.4. Emisiones procedentes por consumo de papel

Dado que existen dificultades para el cálculo de consumo de papel del colectivo perteneciente al alumnado, sólo se contabilizó el papel consumido por el personal docente y administrativo. Se estima que el consumo de papel entre alumnado tiende a disminuir, por el uso de computadoras y la tendencia de solicitar al alumnado trabajos en formato electrónico. Por otra parte, la existencia de una plataforma vía internet desde la cual el profesorado publica el material de interés para el alumnado, contribuye de una manera significativa a disminuir el consumo de papel entre este colectivo.

Para el cálculo del consumo de papel correspondiente entre el profesorado y la administración del centro, se estimó a partir del número de paquetes de papel consumido anualmente. Se estima que el peso por cada paquete consumido es de, 2,49 kg.

Además, se considera que, en los dos últimos años del periodo estudiado, existe una clara tendencia a usar papel reciclado sobre papel no reciclado como aparece en la Tabla 4.

3.2.5. Emisiones procedentes de la generación de residuos

La generación de residuos tanto inertes (vidrio, papel, cartón, etc.) como tóxicos y peligrosos (residuos de laboratorio, disolventes, disoluciones, material electrónico, etc.) intervienen en el incremento de la huella de carbono. En la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz existe un registro sobre la producción de estos residuos por lo que para el cálculo de esta huella se consideró la clasificación de estos materiales según el registro que mantiene la escuela. Por otra parte, todos estos residuos considerados tóxicos y peligrosos siguen un protocolo o normativa relacionada con su re-

Periodo	Consumo uso administrativo (paquetes DIN-A4).	Consumo uso profesorado (paquetes DIN-A4) *	Consumo total de papel (Kg)	Factor de emisión Kg CO_2/kg de papel	Emisiones de CO_2 (Ton CO_2eq)
2011-12	340	225	1407	1,84**	2,589
2012-13	380	225	1507	1,84**	2,773
2013-14	360	225	1457	1,84**	2,681
2014-15	320	225	1357	0,61***	0,828
2015-16	385	225	1519	0,61***	0,927

** Se considera un consumo anual de 2,3 paquetes por profesor y una plantilla de docentes de 98 individuos.*
*** Se considera durante el periodo 2011-13 consumo de papel sin reciclar cuyo factor de emisión corresponde a 1,84 kg de CO_2/ kg papel. [3].*
*** Se considera para el periodo 2014-16 consumos de papel reciclado cuyo factor de emisión es 0,61 kg de CO_2/kg papel. [3].*

Tabla 4: Resultados emisiones de CO_2 por consumo de papel según periodo

Tipo de residuos	Periodo 2011-12	Periodo 2012-13	Periodo 2013-14	Periodo 2014-15	Periodo 2015-16	Factor de emisión kg CO_2/kg.
Papel (kg)	2410	934	860	1256	4128	0,0564*
Cartón (kg)	397	217	256	71	335	0,0564*
Plásticos (kg)	273	47	101	38	209	0,1300**
Vidrio (kg)	10	0	0	122	4	0,0400**
Baterías (kg)	41	27	38	36	30	0,033*
Residuos de laboratorio (kg)	60	150	65	0	60	0,0502*
Disolventes (kg)	85	155	50	50	10	0,0991*
Disoluciones (kg)	35	0	55	50	110	0,0677*
Envases de vidrio mayor 50 ml (Kg)	120	3	20	20	30	0,0400**
Envases de vidrio menor 50 ml (Kg)	2	2	10	5	20	0,130**
Aceites (kg)	90	10	10	7	0	0,0347*
Material Electrónico (kg)	0	0	400	0	0	0,0846*
Residuos orgánicos (kg)	0	0	0	0	140	0,110**
Otros residuos peligrosos (kg)	102	23	128	62	81	1,03**
Emisiones totales de ton CO_2eq/año	0,3226	0,1192	0,2574	0,1598	0,3941	

** Factor de emisión tomado de [3].*
*** Factor de emisión tomado de [5].*
Tabla 5: Emisiones de CO_2eq correspondiente a los diferentes tipos de residuos generados en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz según períodos

cogida, almacenamiento y transporte. Su tratamiento y gestión es realizada por una empresa especializada contratada por la propia universidad. La tabla 5 muestras los diferentes tipos de residuos producidos por el centro según periodos. Con respecto a los factores de emisión, fueron tomados de trabajos similares efectuados en universidades españolas.

4. DISCUSIÓN

Al analizar las emisiones de CO_2eq en los últimos cinco años en el centro universitario, se observa una clara tendencia a reducir las emisiones, como se observa en la figura (1), tendencia que es más significativa en los últimos períodos de estudio.

Al analizar los Alcances 1 y 2 como fuentes de emisiones para el período 2015-16, que son emisiones donde la organización tiene mayor capacidad para reducirlas, la figura (1) muestra que el Alcance 1 corresponde casi exclusivamente a emisiones de CO_2 por uso de energía para la calentar el edificio, la fuente de energía es gas natural. Aunque esta fuente de energía produce menos impacto que el uso de diésel o energía eléctrica, tiene mucho peso en la huella de carbono. Las condiciones climáticas de la ciudad donde se encuentra el centro universitario, con largos inviernos y bajas temperaturas, conjuntamente con el nivel de aislamiento del edificio contribuyen notablemente a estos valores.

Una alternativa para reducir las emisiones provenientes del Alcance 1 es la utilización de una caldera que utilice fuentes de energía renovables como la biomasa, ya que según las directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de GEI de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las emisiones se ponderan con un factor de emisión de cero [12]. Otras acciones complementarias pueden centrarse en mejorar la envolvente o el aislamiento del edificio, mejorar el mantenimiento preventivo del sistema de calefacción, aislar determinados compartimientos del edificio de la climatización según su uso, regular adecuadamente la temperatura del climatizador e instalar válvulas termostáticas en los radiadores. También podría considerarse usar una caldera de condensación para aumentar el rendimiento y reducir el consumo y contemplar el uso de una micro generación de energía.

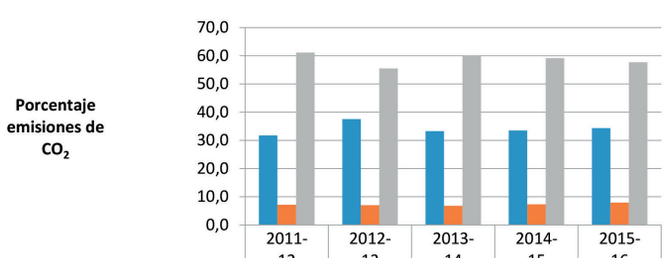
Con respecto al Alcance 2, las emisiones de CO_2 están vinculadas al consumo de electricidad, debe señalarse que la magnitud de estas emisiones dependen del tipo de fuente de energía utilizada por el proveedor de electricidad al centro universitario. Por esta razón, la política seguida a nivel estatal para favorecer el uso de energías renovables entre las empresas de suministro de electricidad tienen influencia. La figura (1) muestra que estas son las emisiones que generan menor impacto en el centro universitario. Sin embargo, este tipo de emisión siempre se puede reducir con nuevas acciones, como aumentar el área de superficie de los paneles solares para incorporar energía solar en la red (actualmente hay paneles solares en el techo del edificio), apagar los aparatos eléctricos cuando no están en uso, usar herramientas informáticas para monitorear el consumo de electricidad, reemplazar equipos eléctricos obsoletos, etc.

Por otra parte, hemos buscado cifras de otros centros similares para comparar los resultados de la huella de carbono. En este sentido, cabe señalar que factores como el clima, la ubicación urbana del centro y la existencia de sistemas de gestión ambiental tienen influencia en los resultados. En nuestro caso de estudio, la huella de carbono del último periodo analizado fue de 0.561 ton CO_2 / persona-año (Alcance 1, 2 y 3) y 0.237 ton CO_2 / persona-año (Alcance 1 y 2).

Finalmente, si se visualiza el peso de todas las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en el centro universitario, la figura (2) muestra claramente que las acciones deben centrarse en reducir el consumo de gas natural utilizado para calefacción del edificio y promover el uso de sistemas sostenibles en los medios de movilidad. Sin embargo, aunque ciertas fuentes de emisiones son mucho menos importantes, como el consumo de papel, agua o producción de residuos, esto no significa que estas fuentes de emisión no se deban gestionar para reducir su impacto.

Con respecto al consumo de energía eléctrica cuyo peso es del 8 % en la generación de emisiones, actualmente en el centro universitario se realiza un "Proyecto de Monitorización del Edificio E.U.I. de Vitoria-Gasteiz" para controlar su consumo energético, determinar consumos máximos y mínimos, investigar el predominio de los consumos vinculados a las diferentes formas del uso del edificio, establecer picos de demanda y bases de consumo mínimo, todo ello con el objetivo de lograr una mayor eficiencia energética. A partir de este proyecto se han planteado diversos objetivos entre los que se destacan:

- Identificar elementos eléctricos que quedan funcionando en horas no lectivas, fines de semana y periodos vacacionales.
- Establecer protocolos específicos para la mejora de la eficiencia energética.
- Solicitar automatización de los equipos y elementos cuya desactivación no resulta viable a modo manual y que por su consumo o demanda requiere de un accionamiento automatizado.
- Estudiar acciones específicas para disminuir consumos, como la incorporación de sensores y controladores de iluminación natural que permitan ajustar el flujo de iluminación artificial.



	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
Alcance 1: Emisiones directas (%)	31,7	37,5	33,3	33,5	34,4
Alcance 2: Emisiones Indirectas por consumo eléctrico (%)	7,1	7,0	6,8	7,3	8,0
Alcance 3: Otras emisiones indirectas (%)	61,1	55,5	60,0	59,2	57,7

Fig. 1: Gases efecto invernadero en la Escuela de Ingeniería, Vitoria-Gasteiz según alcance y periodo

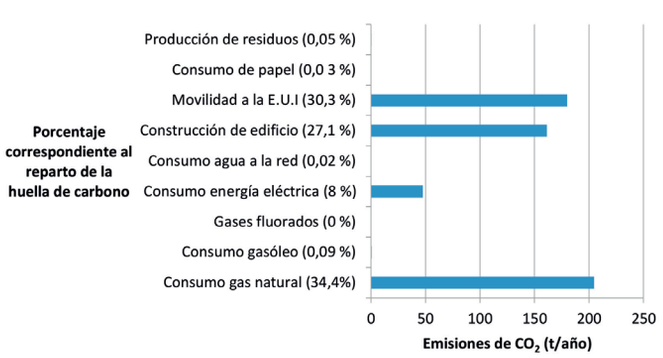


Fig. 2: Distribución de la huella de carbono correspondiente a todas las fuentes de emisiones de CO_2

· Sustitución progresiva de equipos con mejor eficiencia energética.

Todas estas medidas deben impactar favorablemente en la magnitud de su huella de carbono.

5. CONCLUSIONES

Se ha determinado que la huella de carbono de la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz es de 0,558 t CO_2 eq / persona-año y 0,635 t CO_2eq / año-estudiante. Con respecto a las emisiones directas totales, fueron 205,15 t CO_2eq / año e indirectas 392 t CO_2eq / año, para el último período de estudio.

Con respecto al método utilizado para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, basado en factores de emisión, este se considera un método práctico y sencilla. Sin embargo, es una metodología cuya validez se basa en los criterios científicos utilizados para deducir estos factores. En este sentido, es aconsejable continuar investigando para generar factores de emisión que puedan utilizarse como estándares aplicables a las organizaciones universitarias. Se podrían hacer comparaciones más objetivas con estudios realizados en otros centros. Lo ideal sería generar indicadores que consideren las variables geográficas y climatológicas que podrían influir en la generación de gases de efecto invernadero, así como la temperatura promedio donde se encuentra el centro de estudio.

Por otra parte, se considera que la estrategia a seguir por el centro para reducir significativamente su huella de carbono directa, Alcance 1, es reducir las emisiones debidas al sistema de calefacción del edificio. Un cambio radical en la fuente de suministro de energía, centrado por ejemplo, en la biomasa, lograría una reducción del 34,4% de las emisiones totales. Otra opción importante es aplicar una remodelación externa del edificio para mejorar su aislamiento térmico y de esta forma reducir significativamente la demanda de energía utilizada en calefacción.

Con respecto a las emisiones de CO_2 relacionadas con el Alcance 2, emisiones indirectas asociadas con el consumo de energía eléctrica, se considera que los objetivos establecidos en el "Proyecto de Monitoreo de Edificios de la Escuela de Ingeniería" se dirigen en la dirección correcta para disminuir estas emisiones.

Otra fuente de emisión significativa en este estudio, las emisiones indirectas de Alcance 3 atribuidas a la movilidad para acudir al centro, se recomienda promover campañas informativas tales como: el uso de medios que no produzcan emisiones de dióxido de carbono, el uso del transporte público o cambio de tecnología de vehículos motorizados donde las emisiones se reduzcan significativamente.

Finalmente, se recomienda compensar las emisiones de CO_2 participando en proyectos comunitarios que ayuden a repoblar o aumentar la masa forestal.

REFERENCIAS

[1] Caceres, M., Busso, A., Vera, L., Firman, A.. (2017). FIRST GRID-TIED PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN NORTHERN ARGENTINA: CHARACTERIZATION AND ANALYSIS. DYNA Energía y Sostenibilidad, 6(1). [13 p.]. DOI: http://dx.doi.org/10.6036/ES8151

[2] De La Fuente-Borreguero, C.. (2016). ENERGY SELF-CONSUMPTION THROUGH PHOTOVOLACTIC ENERGY WHEN RENOVATING PUBLIC STREET LIGHTING FACILITIES. DYNA Energía y Sostenibilidad, 5(1). [12 p.]. DOI: http://dx.doi.org/10.6036/ES7939

[3] De Toro Jordano, A., Gomera, A., Aguilar, J., Guijarro, C., Antúnez, M. and Vaquero, M., (2015). La Huella de Carbono de la Universidad de Córdoba 2015. Universidad de Córdoba, España, available at: https://www.uco.es/servicios/dgppa/images/sepa/huellaC2015.pdf (accesed 3 May 2108)

[4] Hidalgo-Barrio, M., Martin-Marroquin, J., Corona-Encinas, F.. (2017). ORGANIC WASTE MANAGEMENT IN LOW POPULATED REGIONS . DYNA Energía y Sostenibilidad, 6(1). [13 p.]. DOI: http://dx.doi.org/10.6036/ES8499

[5] Hermosillo A., (2014). Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: en busca de la ecoeficiencia. Trabajo de fin de Máster. Máster en Ingeniería Ambiental y de Procesos Sostenibles. Universidad Politécnica de Cartagena. España, available at: http://repositorio.upct.es/handle/10317/5043, (accesed 3 May 2018)

[6] International Organization for Standardization, (2015a). Norma ISO 14064-1:206; ISO 14064-2:2006; ISO 14064-3;2006. Gases efecto invernadero. Asociación Española de Normalización y Certificación, available at: https://www.iso.org, (accesed 3 May 2018)

[7] International Organization for Standardization, (2015b). Norma ISO 14001: sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Asociación Española de Normalización y Certificación. European Committee for Standardization. Bruxelles.

[8] Jain, S., and Pant, P., (2010). Environmental management systems for educational institutions. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 11 No. 3, pp. 236-49. https://doi.org/10.1108/14676371011058532

[9] Larsen, N., Pettersen, J., Solli, C. and Hertwich, E., (2013). Investigating the Carbon Footprint of a University - The case of NTNU. Journal of Cleaner Production, Vol. 48, pp. 39-47.https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.007

[10] Laurent, A., Olsen, S., Hauschild, M., (2012).Limitations of carbon footprint as indicator of environmental sustainability. Environmental Sciences and Technology, Vol. 46, No.7, pp.4100–4108. https://doi.org/10.1021/es204163f

[11] Lozano, R., (2011). The state of sustainability reporting in universities. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 12 Issue: 1, pp.67-78, https://doi.org/10.1108/14676371111098311

[12] MAPAMA. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, (2016). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. Madrid. Versión 3. available at: http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-178893.pdf (accesed 3 May 2108)

[13] MIES: Report An approximation to the environmental impact of the School of Arquitecture of the Vallés. Bases for an environmental policy at the Escola de Arquitectura del Valles, (2005). Monografies Textures 1. Barcelona. Universitat Politécnica de Cataluya.

[14] Oficina Catalana del Cambio Climático (OCCC)., (2017). Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Editado por la Generalitat de Catalunya, available at: http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/campanyes_i_comunicacio/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Guies_calcul_emissions_GEH/150301_Guia-practica-calcul-emissions_sense-canvis_CA_v2.pdf (accesed 3 May 2018)

[15] Pachauri, R. and Meyer, L., (2015). IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 2014. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Geneva. Switzerland. Pp. 151, available at: http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ (accessed 3 May 2018)

[16] Pierquet, P., Bowyer, J. and Huelman, P., (1998). Thermal, performance and embodied energy of cold climate wall systems. Forest Products Journal, Vol.48 No.6, pp. 53-60.

[17] Udas, E., Wölk, M. and Wilmking, M.,(2018). The carbon-neutral university –a study from Germany. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 19 No. 1, pp. 130-145. https://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2016-0089

[18] Xiwang, L., Hongwei, T. and Rackes, A., (2015). Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. Journal of Cleaner Production, Vol.106 No.1, pp. 1-12. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.084

AGRADECIEMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración del equipo directivo y administrativo de la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz suministradora de información básica para la realización del presente trabajo durante el periodo 2017-18.