Evaluación de la huella de carbono en una institución educativa de nivel superior. Estudio de caso

Miguel Alberto Barreda de la Cruz[1]

Magíster en Medio Ambiente, Ingeniero Geólogo colegiado de la Universidad Nacional de San Agustín, de Arequipa. Magíster en Medio Ambiente y Sistemas Integrados de Gestión, Seguridad, Calidad y Medio Ambiente. Docente de la UCSP. Consultor de asuntos geológicos, ambientales y de seguridad para empresas.

José Martín Polo Puelles [2]

M.Cs. en Planificación y Gestión Ambiental. Consultor ambiental en el establecimiento de sistemas de gestión, cambio climático y evaluación del impacto ambiental. Docente universitario de pre y postgrado, investigador acreditado, gestor de proyectos de desarrollo, locales y regionales.

Agradecimiento: Los autores agradecen el financiamiento otorgado por la Universidad Católica San Pablo para la realización de este trabajo.

Evaluación de la huella de carbono en una institución educativa de nivel superior. Estudio de caso

Resumen

Hoy en día, el cambio climático provocado por la emisión de Gases de Efecto Invernadero y, en especial del CO_2, es el problema de nuestro tiempo. Casi todas las actividades que realizamos (movilidad, alimentación, etc.) y bienes que poseemos y utilizamos (bienes de consumo, hogar, etc.) implican consumir energía, lo que significa contribuir a las emisiones a la atmósfera. Frente a esto, la huella de carbono se presenta como aquella herramienta que permite cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (medidas en CO_2) de una empresa o de un producto/servicio. Este análisis abarca todas las etapas de su ciclo de vida, es decir, desde la adquisición de las materias primas hasta su gestión como residuo. Para el presente trabajo, se calculó la Huella de Carbono de las actividades, identificadas como principales generadoras de Gases de Efecto Invernadero, de la Universidad Católica San Pablo. Estas actividades se clasificaron en tres grupos de acuerdo a sus emisiones: 1) emisiones directas, donde se evaluó la generación de CO_2 por las unidades de transporte institucionales; 2) emisiones indirectas, donde se evaluó el equivalente en emisiones de CO_2 por el cambio de uso del suelo en el campus universitario de San Lázaro, y 3) emisiones indirectas de otras fuentes, donde se evaluó el uso de medios de transporte público por parte de la comunidad universitaria, para movilizarse hacia y desde el campus, y el equivalente en emisiones del consumo de papel en todas sus formas por parte de los estudiantes de la institución.

Se encontró que la Huella de Carbono evaluada es equivalente a la emisión anual de 23.33 toneladas métricas de CO_2 hacia la atmósfera. Hallándose que las emisiones

directas y las indirectas de otras fuentes constituyen la mayor parte del impacto, mientras que las emisiones indirectas, por el contrario, compensan los efectos negativos de las actividades institucionales a través de la absorción de CO_2 por las áreas verdes, las cuales están adecuadamente conservadas en el campus.

Se consolidó un método de cálculo para la evaluación de la Huella de Carbono en instituciones de educación superior, como único antecedente nacional, que podría tener utilidad en instituciones afines o servir de base para evaluar la Huella de Carbono de empresas prestadoras de servicios en general.

Por último, se recomienda que las instituciones implementen una política ambiental y gestionen sus impactos negativos a través de la implementación de áreas verdes.

Planteamiento del problema

Existe una marcada carencia de responsabilidad ambiental en el Perú y la región de Arequipa. Empresas y organismos públicos y privados colocan la gestión ambiental como un tema de tercer o cuarto nivel en la gestión institucional; además, es notoria la falta de trabajo científico especializado. En estimaciones del Ministerio del Ambiente[3], cerca del 90 % de los problemas ambientales del país se eliminarían si las empresas fuesen más conscientes sobre sus actos, ya que si estas implementaran o mejoraran sus sistemas de gestión ambiental lograrían que haya un menor impacto.

Toda actividad humana produce impactos en el ambiente que, de no ser oportunamente gestionados, se convierten en problemas ambientales que llegan a involucrar una gran cantidad de variables sociales y económicas (Mathis, 2001). La suma de impactos no gestionados potencia los problemas, superándose el carácter local o regional por los ámbitos nacionales o, inclusive, globales, como es el caso del Cambio Climático debido al incremento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. El cambio climático es el problema ambiental más grande que la humanidad enfrenta, con consecuencias cada vez más notorias e impredecibles. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático lo define como "(…) un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima (…)" (UNFCCC, 1992).

Dentro de todos los impactos ambientales de las actividades humanas, las emisiones de GEI, por sus implicancias en la problemática del cambio climático, merecen especial

atención. La metodología para evaluar estas emisiones, que se va estandarizando internacionalmente, es a través del cálculo de la Huella de Carbono (HdC). En su cálculo, se realiza un inventario de emisiones de GEI o se focaliza, como en este estudio, en las emisiones de CO_2 producidas por las principales actividades institucionales, abriendo con ello la posibilidad de establecer estrategias destinadas a monitorearlas y reducirlas, favoreciendo la responsabilidad ambiental y que las actividades institucionales sean más sustentables.

La Universidad Católica San Pablo (UCSP) es una comunidad académica con más de 5000 miembros, cuyas principales actividades generadoras de Gases de Efecto Invernadero, identificadas por el presente estudio, son: a) el consumo de combustibles por el uso de vehículos institucionales, b) el consumo de combustibles en el transporte de los miembros de la comunidad universitaria hacia y desde el campus de San Lázaro, c) el equivalente en emisiones de CO_2 por consumo de papel y d) el equivalente en emisiones de CO_2 por el cambio de uso del suelo por las edificaciones. No se tienen antecedentes de evaluaciones de la Huella de Carbono institucional, sin embargo, algunas apreciaciones de los impactos ambientales provocados por las actividades institucionales lo encontramos en trabajos como el de Castro et al. (2010). En él se propone un programa de manejo para residuos de insumos de impresora –cartuchos, tonners o cintas–, y se establece que durante el 2010 se generarán alrededor 40 000 unidades de estos desechos, los que, al no recibir ningún tipo de tratamiento, incrementarán el problema ambiental de los botaderos de la ciudad. Corrales et al. (2009) evalúan el Confort al interior del campus de San Lázaro, resaltan la calidad de la edificación para garantizar la calidad educativa pero identifican el ruido en el ambiente como el principal agente perturbador, reconociendo que, en ciertos horarios, el hacinamiento puede llegar a constituir un problema.

Hipótesis. Las actividades académicas y administrativas que realiza la Universidad Católica San Pablo, generan emisiones de Gases de Efecto Invernadero que impactan en el ambiente, impacto que puede ser evaluado y cuantificado a través de la identificación de las principales actividades generadoras mediante el cálculo de la Huella de Carbono de cada una de ellas. La Huella de Carbono totalizada ofrecerá una imagen referencial del impacto ambiental total de las actividades institucionales.

Objetivo. Cuantificar la Huella de Carbono de cuatro actividades identificadas como las principales generadoras de Gases de Efecto Invernadero, asociadas a la prestación de los servicios académicos y administrativos de la Universidad Católica San Pablo de Arequipa.

Objetivos Específicos

- Consolidar un método, con el uso de parámetros internacionales, para el cálculo de la Huella de Carbono en una institución educativa de nivel superior.

- Plantear recomendaciones de políticas institucionales destinadas a minimizar y compensar los impactos ambientales negativos, generados por el desarrollo de las actividades de la institución.

Oportunidades y perspectivas del proyecto. El proyecto pretende establecer una línea de investigación permanente en ingeniería industrial, en temáticas ambientales de actualidad y perspectiva, con énfasis en la evaluación del ciclo de vida de productos y la evaluación de los impactos ambientales de los procesos, a través del cálculo de la Huella de Carbono.

La investigación ha facilitado el contacto con instituciones nacionales como la Red Peruana de Evaluación del Ciclo de Vida[4], habiéndose recomendado que la institución evalúe, en el corto plazo, pertenecer a ella. Así también, se han consolidado contactos internacionales como con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente[5] en su Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ROLAC), la División de Tecnología, Industria y Economía (DTIE) y el Comité Ejecutivo del Proyecto Desarrollo de Capacidades para la Gestión Sustentable de Recursos (GESRE) que, en el mediano plazo, permitirán a ingeniería industrial consolidar trabajos conjuntos y, además, facilitarán la participación de estas instituciones en el Segundo Congreso Internacional de Gestión Ambiental: Gestión del Agua y Evaluación del Ciclo de Vida, organizado por el Programa de Ingenieria Industrial[6].

Marco teórico. La Ley 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación Ambiental (MINAM, 2001), define la evaluación del impacto ambiental como "la efectiva identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas (…)"; es decir que toda actividad, sea productiva o de servicios, impacta en el ambiente.

Las evaluaciones de impacto ambiental de instituciones educativas superiores en actividad radican en establecer índices como el de Huella Ecológica, definido como el área de territorio ecológicamente productivo, necesario para producir los recursos usados y para asimilar los residuos producidos, precisándose los costes ecológicos asociados a las

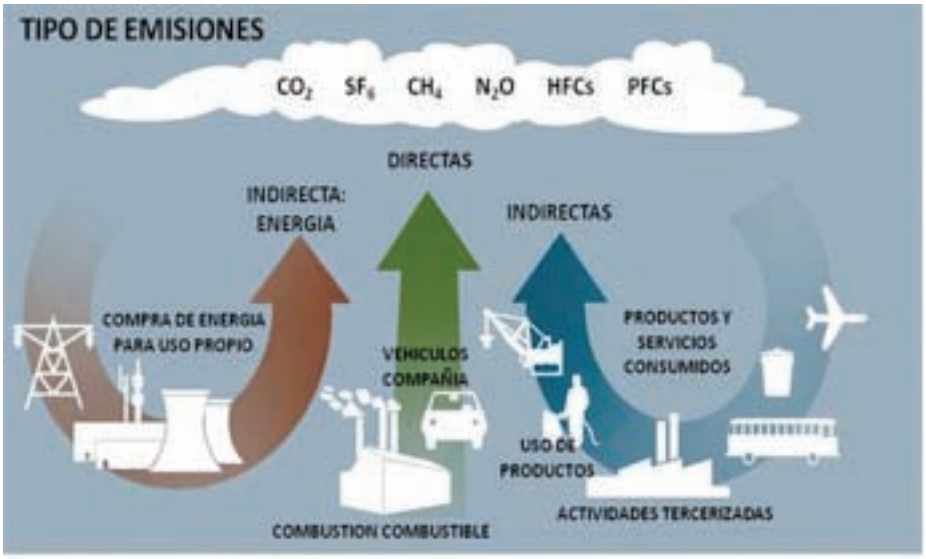
diferentes actividades institucionales. Otro índice es el de Huella de Carbono o Inventario de Emisiones, el cual es un subconjunto de la huella ecológica, como se plantea en el presente estudio, que estima las emisiones de CO_2 y su conversión a equivalentes en hectáreas de bosque o área verde de otra índole, necesaria para asimilarlas.

Se define como Compensación Ambiental a las actividades que se asuman para contrarrestar estos impactos, una de las más factibles es el incremento de áreas verdes. Cuando estas áreas se proponen en los lugares donde el impacto es inminente, como en la propia edificación, su valor ambiental se multiplica por factores como la mejora en la imagen institucional, el incremento del confort y la plusvalía de contar con áreas productivas.

La Huella de Carbono se define como la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto, que busca calcular la cantidad de GEI que son emitidos a la atmósfera cada vez que se realiza una acción determinada, de manera que las instituciones puedan identificar y reducir los niveles de contaminación mediante un cálculo estandarizado. Para realizar este cálculo, la *British Standard Institute* (BSI, 2008) estandarizó la norma PAS 2050, para evaluar la HdC en bienes y servicios individuales. Esta norma es la primera en establecer una metodología mediante la cual organizaciones pueden evaluar la emisión de GEI asociadas con un producto o servicio, favoreciendo la toma de conciencia e identificando dónde se pueden introducir mejoras. Para el año 2011 se espera que la PAS 2050 sea reemplazada por la ISO 14067, lo que subsanará las discrepancias en algunos países, como Japón y Alemania, que han desarrollado alternativas propias[7].

En términos generales, se recomienda que en una evaluación de la Huella de Carbono institucional se tengan en cuenta los pasos y las secuencias que se muestran en la figura 1. Bajo esta perspectiva, la determinación de los límites organizacionales y operacionales circunscriben la evaluación de la huella en el contexto institucional, precisando las limitaciones que se van a tener, sobre todo, por la definición de las principales actividades generadoras de gases de efecto invernadero. Como es obvio, en la práctica es imposible considerar todas las actividades, así que la definición de los límites nos dará una idea real de la proporción de la huella evaluada.

Figura 1
Método General para la Evaluación de la Huella de Carbono PAS 2050



Fuente: GHG Protocol

Figura 2
Emisiones generales relacionadas al ámbito industrial

El método también plantea el reporte continuo, el monitoreo permanente y la verificación de las emisiones, con la finalidad de plantear políticas destinadas a minimizar los impactos negativos o plantear actividades destinadas a compensar estos efectos negativos; en cuyo caso, la evaluación permanente permitirá tomar medidas correctivas que tiendan a optimizar los procedimientos.

En su cálculo, la Huella de Carbono contabiliza emisiones directas e indirectas. Se entiende por emisiones directas a todas aquellas que se generan en fuentes de propiedad de la institución o son controladas por ella, como por ejemplo: el consumo eléctrico, uso de combustibles fósiles, entre otras. Por emisiones indirectas se entiende aquellas que la empresa no controla directamente, pudiendo ser consecuencia de la actividad de la institución u otras fuentes indirectas derivadas de las actividades institucionales, como por ejemplo: las emisiones por actividades tercerizadas, transporte de personal, entre otras. La figura 2 grafica de manera general toda la gama de actividades que pueden implicar emisiones de gases de efecto invernadero por una actividad industrial.

En el proceso del cálculo de la Huella de Carbono institucional, identificamos a la UCSP como una institución de servicios educativos, caracterizando sus emisiones en tres principales tipos:

1. Emisiones directas, como las generadas y controladas directamente por la institución. Para la UCSP se identifican en este grupo: el consumo de combustibles por parte de los vehículos de propiedad de la institución.
2. Emisiones Indirectas, consecuencia de la actividad de la institución, en cuyo rubro se identifica el cambio de uso del suelo por la edificación en el campus de San Lázaro.
3. Otras fuentes indirectas derivadas de las actividades institucionales, donde identificamos el transporte de los miembros de la comunidad universitaria hacia y desde el campus de San Lázaro y el consumo de papel en su equivalente en emisiones de CO_2.

La cuantificación de las emisiones en cada rubro se evaluará en Tm_CO_2/año.

Para el cálculo de la Huella de Carbono es común el uso de Factores de Emisión (FE). Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad. Los factores de emisión, en general, se pueden clasificar en dos tipos: los basados en procesos y los basados en censos. Por lo general, los primeros se utilizan para estimar emisiones de fuentes puntuales y a menudo se combinan con los

datos de actividad recopilados en encuestas o en balances de materiales. Los factores de emisión basados en censos se usan para estimar emisiones de fuentes de área. La fuente de consulta más extensa para factores de emisión con base en procesos es el documento AP-42 *Compilation of Air Pollutant Emission Factors* (EPA, 1995), el cual contiene los factores de emisión determinados en Estados Unidos para una gran cantidad de actividades.

Los FE en vehículos motorizados representan, en promedio, lo que un vehículo de motor de combustión en marcha emitirá en CO_2 por kilómetro recorrido. Normalmente, se mide en gramos de CO_2 por kilómetro recorrido, y las emisiones se obtienen del producto de los kilómetros recorridos por el vehículo motorizado, por el factor de emisión. Para el FE, se considera como automóvil estándar, el EURO 3, promedio en la Unión Europea, adaptado a Perú. Las emisiones de CO_2 se generan por la quema de combustibles que contienen carbono.

Carbono Neutro o Neutral (C-Neutral) significa remover de la atmósfera tanto bióxido de carbono como el que agregamos. Una forma de hacerlo es gestionando áreas verdes naturales o artificiales que fijen el carbono atmosférico a través de la vegetación o, dependiendo de las dimensiones institucionales, comprando bonos de carbono al financiar proyectos como los de energías renovables o los suscritos al desarrollo de tecnologías limpias, que garanticen las menores emisiones. Por otro lado, existe una emergente normatividad destinada a certificar instituciones C-Neutral, en el marco de ISO, de amplia aceptación internacional.

Límites en el cálculo de la huella de carbono evaluada. Para toda interpretación de resultados, en el cálculo de la Huella de Carbono de la Universidad Católica San Pablo, se han tenido presente las siguientes limitaciones:

- Solo se consideró como generador de emisiones directas al vehículo de transporte de uso institucional, y se dejaron de evaluar otros vehículos relacionados, como los de propiedad de autoridades, profesores o alumnos; tampoco se evalúan otros equipos menores que usan combustibles, como los de jardinería y mantenimiento en general.
- No se calcula Huella de Carbono equivalente al consumo de energía eléctrica del campus como fuente de emisiones directas. En Arequipa, la energía eléctrica proviene de la Red Interconectada del Sur, suministrada mayoritariamente por generadoras hidroeléctricas. No se hace cálculo ni uso del Mix[8] energético nacional, ni de los promedios de las emisiones que de ellos derivan.
- Se define como actividad generadora de emisiones indirectas el transporte de alumnos y profesores en los servicios públicos de la ciudad. En el cálculo de la Hue-

lla de Carbono equivalente se hace uso de Factores de Emisión, establecidos por el IPCC. No se calculan Factores de Emisión locales.

- Se define como actividad generadora de emisiones indirectas el consumo promedio anual de papel. En el cálculo de la Huella de Carbono equivalente se hace uso de factores bibliográficos que convierten en árboles las toneladas de papel consumidas; en emisiones de CO_2, los árboles que se asumen se talaron para fabricar esta cantidad de papel. No se diferencian tipos de papel y se asumen factores únicos.
- Se define como actividad generadora de emisiones indirectas el cambio de uso de suelo por la construcción de edificaciones, asumiéndose valores estándares para el equivalente de pérdida de área natural y la compensación con césped, en cuya premisa se asume que el área natural no se encuentra significativamente alterada antes de la edificación, ni ha cambiado su uso. Esto no se ajusta a la realidad, ya que la edificación principal es anterior a la institución y el área ha tenido uso agrícola por siglos. No se considera que el césped requiere de productos, riego y otras labores asociadas a emisiones que suman a la Huella de Carbono.
- No son consideradas otras fuentes de emisiones que tienen que ver con labores logísticas y administrativas, preparación y desarrollo de clases, materiales educativos, prácticas, laboratorios y el uso de equipos de cómputo y de otra índole, necesarios para estas actividades.
- Todos los resultados calculados y mostrados se basan en información puntual, no siendo posible inferir valores o consecuencias futuras asociados a ellos sin definir nuevas evaluaciones.

Método: resultados. Validación de hipótesis

La Huella de Carbono institucional quedará definida como la sumatoria de las Evaluaciones de las Emisiones Directas (EED) más la Evaluación de Emisiones Indirectas (EEI) más la evaluación de Emisiones de Otras Fuentes indirectas (EOF), derivadas de las actividades institucionales, así:

$$HC = EED + EEI + EOF \qquad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (1)$$

Evaluación de emisiones directas (EED). Se realizó un inventario de las unidades de transporte institucionales y del consumo promedio mensual de combustibles fósiles, así como el promedio de consumo mensual (CM) de los últimos 12 meses y del rendimiento del promedio del vehículo (R), mostrado en el Cuadro 1. La cantidad de emisiones de

CO_2 se obtiene del producto del Consumo Mensual, el Rendimiento y los Factores de Emisión (FE), que evalúan el uso energético de los combustibles en emisiones por combustión, la carga ambiental del automóvil utilizado y las emisiones generadas por el mantenimiento del mismo.

La quema de combustibles fósiles por vehículos motorizados se relaciona con una amplia gama de impactos ambientales en todas las geografías y escalas, desde el calentamiento global a la contaminación del aire local y el uso de la tierra. Las actividades de transporte consumen grandes cantidades de energía, especialmente el petróleo, y, debido a los procesos de combustión en el funcionamiento del vehículo, el transporte es una importante fuente de numerosos contaminantes como el dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos residuales.

Las emisiones de CO_2, sean de motores a gasolina o diesel, son directamente proporcionales al consumo, no dependiendo de la potencia del motor. A igualdad de tipo de combustible, si un motor es más potente que otro pero gasta menos, tendrá menos emisiones. Los valores ofrecidos se asumen como estándares internacionales, sobre todo por legislación europea, que grava –impuesto de matriculación– la circulación de vehículos motorizados en función de sus emisiones de CO_2, pagando más impuestos los vehículos más contaminantes.

Vehículo	Tipo de Combustible	Consumo Mensual-CM (Galón)	Rendimiento-R (Km/Galón)	Factor de Emisión (Kg_CO2/Km)
Toyota doble cabina	Gasolina	60	50	0.060

Cuadro 1
Consumo de combustible por unidad de transporte y factor de emisión

La Evaluación de Emisiones Directa (EED) anuales corresponden a doce veces la sumatoria de las emisiones mensuales de cada vehículo. La ecuación (2) muestra la expresión matemática definida para la Evaluación de Emisiones Directas y la ecuación (3) el cálculo con los datos institucionales:

$$EED = 12 \times CM \times R \times FE / 1000 \qquad \ldots (2)$$

$$EED = 12 \times 60 \times 50 \times 0.60$$

$$EED = 21.60 \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (3)$$

Se encuentra que la Evaluación de Emisiones Directas es equivalente a 21.60 toneladas métricas de CO_2 hacia la atmósfera, de manera anual.

Evaluación de emisiones indirectas (EEI). El campus San Lázaro UCSP (16° 23' 24" S; 071° 32' 07" O; 2345 m s. n. m.), corresponde a una Área Total (AT) de 20 630.00 m^2, en la Quinta Salas del barrio de San Lázaro, distrito Cercado de Arequipa, en las riveras del Río Chili a orillas de su margen este. Se localiza en una zona baja de la ciudad (2328 m s. n. m.) donde predomina el clima templado, seco y semiárido, a causa de la escasa precipitación efectiva.

La Tabla 1 muestra los parámetros climáticos, como el promedio de tres estaciones urbanas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), distribuidas alrededor del centro histórico de la ciudad de Arequipa. En ella, se diferencia el mes más cálido el de octubre, con 22.2 °C, que pertenece a la estación de primavera que, por lo general, corresponde a los meses cálidos en la sierra sur peruana, por el incremento de la radiación solar del inicio de la primavera y aún sin los cielos cubiertos y la lluvia de la estación del verano. El mes más frío es julio, con un promedio de temperatura mínima de 7.3 °C, asociado al invierno y con valores por encima de los extremos de estaciones más rurales, por la dimensión de la ciudad y la probable presencia de una isla de calor.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temp. diaria máxima (ºC)	21.2	20.0	21.3	21.7	21.2	21.2	20.6	21.5	21.8	22.2	21.8	21.6	21.3
Temp. diaria mínima (ºC)	9.7	9.8	9.9	9.2	8.4	8.5	7.3	7.4	8.0	8.2	8.4	9.2	8.7
Precipitación total (mm)	27.9	40.6	17.7	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	96.3

Fuente: Weatherbase (2007)

Tabla 1
Parámetros climáticos promedio de Arequipa
Promedio 3 estaciones urbanas - SENAMHI

En el campus de San Lázaro, el área efectiva ocupada por la edificación (AC), a julio del 2010, es de 3 543.74 m^2. Por ordenanza municipal nro. 160 (2002) –Plan Director de la Ciudad: 2002-2015 del Municipio Provincial– el área ocupada por la institución es de campiña intangible, inalienable e inalterable, y se identifica como una zona de

amortiguamiento del centro histórico. El centro histórico de Arequipa, distrito Cercado, fue declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por UNESCO (2000). Por todo esto, las nuevas edificaciones del campus, sobre todo, las construidas después del 2002, se realizan bajo el nivel del terreno, permitiéndose compensar después la edificación con áreas verde en el nivel de azotea, que se encuentra a ras del suelo. El área compensada (AK) de esta manera, representa el 36 % del área construida (1 278.95 m^2).

Por otro lado, el Mapa del Perfil Ambiental del Perú (ONERN, 1986), utilizando el concepto de zonas de vida del sistema de clasificación de Holdridge, considera a la ciudad de Arequipa en la clasificación de Matorral Desértico Montano subTropical (md-MsT) o Subpáramo Desértico, lo que es considerado por autores locales, en vocablos más tradicionales, como Serranía Esteparia Media, cuyo carácter distintivo es la presencia de vegetación de tipo pajonal donde las especies dominantes son las gramíneas. Arequipa se ubica en un ecosistema de montaña andino, que pertenece al dominio del desierto del Pacífico o desierto Peruano Chileno, el cual prevalece en la Costa Sur Peruana, con influencias directas y predominantes en la vertiente occidental de los andes.

Se ha demostrado que, anualmente y de manera global, las plantas absorben 122 000 millones de toneladas de dióxido de carbono mediante la fotosíntesis, y que del total, el 34 % corresponde a las selvas tropicales seguidas con un 26 % por las sabanas, aunque estas últimas ocupan el doble de territorio a las selvas. Se ha calculado que cada molécula de CO_2 de la atmósfera, se incorpora al vegetal cada 200 años, y que el oxígeno del aire es renovado por las plantas cada 2000 años. Sin plantas no existiría oxígeno en la atmósfera y la vida sería imposible.

Los trabajos de Medina et al. (1999) sobre ecosistemas andinos como espacio de mitigación de carbono atmosférico, determinan que un ecosistema de estas características no crece tanto como un sistema a altitudes más bajas, pero siempre puede alcanzar a fotosintetizar hasta 180 toneladas anuales de CO_2 por hectárea, el equivalente de una fijación de 90 toneladas de carbono atmosférico en la vegetación, lo que nos permite definir un Factor de Fijación (FF) en 0.009 TM_CO_2/m^2.Año. Por otro lado, el césped, utilizado para compensar la pérdida de áreas naturales, según protocolos internacionales y la altitud a la que se encuentra, puede llegar a fijar en promedio, por hectárea, 125 toneladas de carbono anualmente. Bajo estas premisas, podemos definir un Factor de Fijación por Cambio (FFC) en uso de suelo institucional dado por:

$$FFC = -0.0035 \quad [TM_CO_2/m^2.\text{Año}] \qquad \ldots (3)$$

El signo negativo de este factor indicaría la compensación positiva, en cuanto a fijación de CO_2 atmosférico, que significa el cambio en la vegetación del matorral natural a un césped con mantenimiento, riego y poda adecuada.

Considerando que la vegetación en el suelo fija el CO_2 atmosférico, en el cálculo de la Huella de Carbono, la Evaluación de la Emisiones Indirectas (EEI) presentará signo negativo. La ecuación (4), define la expresión matemática de la EEI:

$$EEI = -AT \times FF + AC \times FF + AK \times FFC \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (4)$$

Con los parámetros institucionales, la Evaluación de las Emisiones Indirectas quedaría expresada como:

$$EEI = = -20\,630.00 \times 0.009 + 3543.74 \times 0.009 + 1278.95 \times (-0.0035)$$
$$EEI = = -158.26 \qquad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (5)$$

Evaluándose las Emisiones Indirectas en 158.26 toneladas de CO_2 anualmente, donde el signo negativo obtenido representa la compensación en asimilación de CO_2 atmosférico que representan las áreas verdes naturales y artificiales del campus de San Lázaro. Es decir, en el cálculo de la Huella de Carbono, las áreas verdes conservadas al interior del campus son un factor que resta o compensa el carbono generado por otras actividades institucionales.

Evaluación de las otras fuentes indirectas derivadas de las actividades institucionales (EOF). Se identifican dos actividades como las principales fuentes indirectas generadoras de emisiones de CO_2, a saber: el Transporte (T) y el equivalente de emisiones por Consumo de Papel (CP). La ecuación (6) representa la expresión matemática de la evaluación de emisiones por otras fuentes indirectas:

$$EOF = T + CP \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (6)$$

Trasporte (T). En las actividades de la UCSP, se reconoce al uso de medios de transporte y a la quema de combustibles fósiles ocasionada por estos como la principal fuente indirecta de producción de CO_2 y gases de efecto invernadero. Este parámetro hace referencia al uso de transporte público, masivo o taxis, en que los miembros de la comunidad universitaria concurren o se retiran del local del campus de San Lázaro. Las ecuaciones (7) y (8) expresan matemáticamente la generación de CO_2 y GEI por un medio de transporte cualquiera. En el presente trabajo, definimos la Combi Urbana

(CU) y el Taxi (ET) como los medios a evaluar, definiéndose las ecuaciones bajo las siguientes formas:

$$CU = (d \times p \times N \times f) / 1000 \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (7)$$
$$ET = (d \times p \times N \times f) / 1000 \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (8)$$

donde y de manera conjunta:

- d: número de días efectivos, de trabajo o atención institucional. Para el presente estudio se define en: d = 220 días.

- p: promedio de emisiones diarias de CO_2 [Kg/Día] definido de manera individual para la Combi Urbana y el Taxi.

- N: número de miembros de la comunidad universitaria. En el presente estudio, se define: N = 5020.

- f: factor de proporción de uso, fracción que representa la frecuencia de uso de un medio de transporte comparado con el más frecuente. En el presente estudio: para la Combi Urbana f = 1, para el Taxi f = 1/40. Lo que representa que, en promedio, se hace uso de un servicio de Taxi por cada 40 viajes en Combi.

Se define "p" como la emisión promedio generada por una persona en un viaje desde su domicilio hacia el campus de San Lázaro y viceversa. Es función de: tipo de transporte, tiempo promedio del viaje, tipo de combustible utilizado y otros parámetros promedios de la unidad de transporte, quedando definido por la ecuación (9), como:

$$p = (1/720) \times t \times c \quad [Kg/Día] \qquad \ldots (9)$$

donde:

- t: tiempo promedio del viaje en minutos. Definido como el tiempo promedio que demore un miembro de la comunidad universitaria en hacer el viaje, de su residencia a la universidad o viceversa.

- c: emisión promedio de CO_2 del transporte público promedio, en Kilogramos de CO_2 por hora (ver Ecuación 11).

- El Factor 1/720 homogeneiza unidades y, a la vez, contempla el viaje en sus dos direcciones, ida y vuelta.

Para la implementación de este trabajo fueron utilizadas las siguientes herramientas, todas ellas desarrolladas a continuación:

Encuesta e información complementaria

Se identificó al grupo Alumnos –de 5020 miembros, conforman el 92 % de la comunidad universitaria– como el Grupo Sujeto a Encuesta en el uso de transporte. El Anexo 1 muestra la herramienta utilizada.

La encuesta fue ejecutada entre el 1 y el 10 de Septiembre del 2010, en una muestra de 480 alumnos, escogidos aleatoriamente entre alumnos de los 4 primeros semestres; la muestra representa el 10.3 % del universo de los 4619 alumnos regularmente inscritos en el Semestre 2010 II.

La encuesta permitió definir el medio de transporte más frecuente y los protocolos de emisiones. Se definen dos tipos de medios de transporte frecuentes: la Combi Urbana y el Taxi Tico. Definiéndose las Emisiones por Transporte (T) como la suma de las Emisiones por transporte en Combi (EC) y las emisiones por Transporte en Taxi (ET), según la muestra la ecuación (10):

$$T = EC + ET \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (10)$$

Y los parámetros "t: tiempo promedio del viaje", quedan definidos en:

$$t_{COMBI} = 24.5 \text{ minutos}$$
$$t_{TAXI} = 15.0 \text{ minutos}$$

Además del parámetro "t", la encuesta identifica al Cercado de Arequipa como el distrito de la ciudad con mayor presencia de estudiantes de la institución, 22.9 % (ver Gráfico 1), seguido de José Luis Bustamante y Rivero, Yanahuara, Cayma, Paucarpata, Cerro Colorado y Alto Selva Alegre que, en conjunto, representan más del 75 % de los lugares de residencia y procedencia de los alumnos.

Esta concentración de estudiantes en el Cercado, distrito donde se ubica el campus de San Lázaro, o en los distritos de Cayma, Yanahuara y hasta Cerro Colorado, contiguos y cercanos al Cercado, determina los valores relativamente bajos del parámetro "t" (menos de 30 minutos de viaje en promedio), reduciendo la Huella de Carbono y favoreciendo el establecimiento de servicios propios de movilidad, motorizada o no.

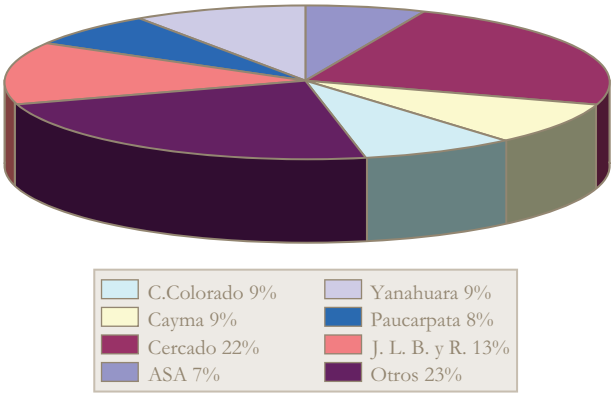


Gráfico 1
Distribución del lugar de residencia de los alumnos. UCSP - julio del 2010

Resultados complementarios muestran que el medio de transporte más común que utilizan los alumnos, para llegar a la universidad o retornar a su residencia, es la "Custer" (49 %) seguido de la "Combi" o camioneta rural (43 %) y los taxis (3 %). Para fines del presente estudio, se identifican Custer y Combi como Unidad de Transporte o "Combi Urbana", no planteándose diferencias técnicas en cuanto a sus emisiones al ambiente. Los que utilizan vehículos propios bordean el 1 %, y se obtiene que un significativo 4% utiliza medios no motorizados o camina para llegar a la universidad.

Otros resultados muestran que no es común compartir taxis o medios propios de transporte. El 98 % de los encuestados manifiesta que, generalmente, no comparte el taxi y que, en promedio, un alumno se presenta en la universidad entre 7 y 10 veces por semana.

Por otro lado, la gran mayoría (99 %) estaría de acuerdo con que la universidad propusiera un medio de transporte particular de uso exclusivo para miembros de la comunidad universitaria; y que de ser posible esto, lo más importante sería garantizar rutas y horarios adecuados, y reconocen que el costo que un alumno pudiera abonar debería ser "menor al del servicio público" (42 %), "gratis" (40 %) o "igual al servicio público" (18%).

Parámetros de medios de transporte de la ciudad de Arequipa. Los parámetros de emisiones quedan definidos por:

-Unidad de transporte promedio, combi urbana:

Tipo de combustible: diesel

Emisiones del vehículo promedio, EVP = 0.055 [Kg_CO_2/Km]

Velocidad promedio, VP = 60 [Km/Hora]

Emisión del vehículo promedio, definición de parámetro c:

c_{COMBI} = EVP x VP = 3.30 [Kg_CO_2/hora] … (11)

Promedio de emisiones diarias, p: según ecuación (9) y (11)

p_{COMBI} = (1/720) x 24.5 x 3.30

p_{COMBI} = 0.11 [Kg_CO_2/Día] … (12)

Factor de frecuencia de uso: 1

De donde, las emisiones por el uso de Combi (EC), según las ecuaciones (7) y (12), quedan definidas como:

EC = (220 x 0.11 x 5020 x 1) / 1000

EC = 121.48 [TM_CO_2/Año] … (13)

- Unidad de transporte promedio, taxi tico:

Tipo de combustible: gasolina

Emisiones del vehículo promedio, EVP = 0.060 [Kg_CO_2/Km]

Velocidad promedio, VP = 65 [Km/Hora]

Emisión del vehículo promedio, definición de parámetro c, según la ecuación (11):

$c_{(Taxi)}$ = EVP x VP = 3.90 [Kg_CO_2/Hora] … (14)

Promedio de emisiones diarias, p, de las ecuaciones (9) y (14), queda definido como:

p_{TAXI} = (1/720) x 15.0 x 3.90

p_{TAXI} = 0.08 [Kg_CO_2/Día] … (15)

Factor de frecuencia de uso: 1/40.

De donde, las emisiones por el uso de Taxis (ET) de la ecuación (9) y (15), queda definido como:

ET = (220 x 0.08 x 5020 x 1/40) / 1000

ET = 2.21 [TM_CO_2/Año] … (16)

Quedando definidas la Emisiones de Transporte (T) según las ecuaciones (10), (13) y (16), como:

T = EC + ET = 121.48 +2.21

T = 123.69 [TM_CO_2/Año] … (17)

Se estiman en 123.69 toneladas métricas de CO_2 las emisiones generadas por el transporte de los miembros de la comunidad universitaria, hacia y desde el campus institucional, para cumplir con las actividades inherentes a la universidad.

Consumo de papel (CP). Se reconoce el consumo de papel, en todas sus formas, como uno de los principales insumos en las actividades educativas. Se evaluará el consumo y se definirá su equivalencia en emisiones de CO_2, la ecuación (18) muestra la expresión matemática.

$$CP = F \times P \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (18)$$

donde:

- F: factor de equivalencia, PAPEL-CO_2, definido como la proporción entre el peso de papel consumido y el peso de CO_2 generados. Según protocolos de emisiones del IPCC:

$$F = 1.8\ TM_CO_2/TM_Papel, \text{ de pulpa reciclada}$$

$$F = 3.0\ TM_CO_2/TM_Papel, \text{ de pulpa virgen}$$

Para el presente estudio, y estando moderadamente desarrollada la industria nacional del reciclaje de papel, se empleará:

$$F = 2.5 \quad [TM_CO_2/TM_Papel] \qquad \ldots (19)$$

donde:

- P: consumo de papel en toneladas al año. Se define a través de la definición del Cuaderno Promedio (cp) y Consumo Promedio de Papel (cpp), entendiéndose el cpp como el consumo de papel bond o de otra índole, en entrega de trabajos o evaluaciones por parte de los alumnos. La ecuación (20), define el valor de P.

$$P = cp + cpp \quad [TM_Papel\ /Año] \qquad \ldots (20)$$

Cuaderno promedio, (cp). De los resultados de la encuesta y evaluaciones de peso, en una muestra de 60 alumnos, se define que la moda en el uso del Cuaderno Promedio es del tipo Espiral de tapas de cartón grueso, de 200 hojas de papel de 45gr, con un consumo promedio de 2 cuadernos por año por alumno, lo que en promedio representa:

$$cp = 1.20\ [Kg_Papel\ /Alumno.Año] \qquad \ldots (21)$$

En un universo de 4619 alumnos, matriculados en el semestre 2010-2, se calcula:

$$cp = 5\ 542.80 \quad [Kg_Papel\ /Año]$$

o

$$cp = 5.54 \quad [TM_Papel\ /Año] \qquad \ldots (22)$$

Otra información complementaria obtenida de la encuesta, indica que los alumnos, mayoritariamente, guardan sus cuadernos y apuntes (39 %), así tengan estos hojas en blanco que todavía podrían tener uso, y que no suelen integrar (35 %) el papel que les sobra o desechan a ningún programa de reciclaje formal o informal.

Consumo promedio de papel, (cpp). Se generaliza el uso de papel bond de 75gr como estándar en toda actividad académica que lo requiera. Se identifica el consumo promedio de papel por parte de los alumnos ($cpp_{Alumnos}$) y el consumo promedio de papel en las labores administrativas de la institución ($cpp_{Institucional}$), y se define el consumo promedio de papel como:

$$cpp = cpp_{Alumnos} + cpp_{Institucional} \quad \ldots (23)$$

En promedio, se define en 350 las hojas, el papel utilizado por un alumno promedio de manera anual, y considerando que un papel de 75gr tiene ese peso por metro cuadrado de pliego, y que las dimensiones de un papel A4 de uso frecuente son de 21.0 x 29.7 cm, con cuyo producto se obtiene:

$$cpp_{Alumno} = 1.64 \quad [Kg_Papel\ /Alumno.Año] \quad \ldots (24)$$

En un universo de 4619 alumnos, matriculados en el semestre 2010-2, se calcula:

$$cpp_{Alumnos} = 7\ 575.16 \quad [Kg_Papel\ /Año] \quad \ldots (25)$$

Por otro lado, el consumo institucional de papel bond de 75gr, en términos promedios de los últimos 5 años, es de 260 millares, lo que representa en peso:

$$cpp_{Institucional} = 1\ 216.22 \quad [Kg_Papel\ /Año] \quad \ldots (26)$$

De la ecuación (23), y homogeneizando unidades a toneladas métricas, el cpp queda definido en:

$$cpp = cpp_{Alumnos} + cpp_{Institucional} = 7.76 + 1.22$$
$$cpp = 8.98 \quad [TM_Papel/Año] \quad \ldots (27)$$

Con lo que, el consumo de papel (P) utilizando la ecuación 20 y las expresiones (22) y (27), queda definido como:

$$P = cp + cpp = 5.54 + 8.98$$
$$P = 14.52 \quad [TM_Papel/Año] \quad \ldots (28)$$

De esta manera, el equivalente de Emisiones por Consumo de Papel (CP) utilizando la ecuación (18), queda definido como:

$$CP = F \times P = 2.5 \times 17103$$

$$CP = 2.5 \times 14.52 = 36.30 \quad [TM_CO2/Año] \qquad \ldots (29)$$

Queda definida la Evaluación de Emisiones por Otras Fuentes Indirectas (EOF), a través de la ecuación (6) y las expresiones (17) y (29), en:

$$EOF = T + CP \qquad = 123.69 + 36.30$$

$$EOF = 159.99 \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (30)$$

Es decir, se evalúa en 159.99 toneladas métricas anuales el equivalente en emisiones de CO_2 generados por otras actividades indirectas de la institución, en el presente estudio, el transporte de la comunidad universitaria y el consumo estimado de papel a lo largo del año.

Calculo de la huella de carbono (HdC)

La huella estimada, utilizando la ecuación (1) y las expresiones (3), (5) y (30) queda definida como:

$$HC = EED + EEI + EOE = 21.60 – 158.26 + 159.99$$

$$HC = 23.33 \quad [TM_CO_2/Año] \qquad \ldots (31)$$

Encontrándose que la Huella de Carbono evaluada, debido a las principales actividades institucionales consideradas, es equivalente a 23.33 toneladas métricas de emisiones de dióxido de carbono hacia la atmósfera, anualmente.

Validación de la hipótesis

Se planteo como hipótesis que: *Las actividades académicas y administrativas que realiza la Universidad Católica San Pablo, generan emisiones de Gases de Efecto Invernadero que impactan en el ambiente, impacto que puede ser evaluado y cuantificado a través de la identificación de las principales actividades generadoras y el cálculo de la Huella de Carbono de cada una de ellas. La Huella de Carbono totalizada ofrecerá una imagen referencial del impacto ambiental total de las actividades institucionales.*

El estudio identifica primero, dentro de las actividades institucionales, a las principales actividades generadoras de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, clasificándolas en tres grupos de acuerdo a sus emisiones: 1) emisiones directas, donde se evaluó la generación de CO_2 por las unidades de transportes institucionales; 2) emisiones indirectas, donde se evaluó el equivalente en emisiones de CO_2 por el cambio de uso del suelo en el cam-

pus universitario de San Lázaro, y 3) emisiones indirectas de otras fuentes, donde se evaluó el uso de medios de transporte urbano por parte de la comunidad universitaria, para movilizarse hacia y desde el campus, y el consumo de papel, en todas sus formas, por parte de los estudiantes de la institución.

Para cada una de estas principales actividades, se calcula la Huella de Carbono, y la Huella de Carbono total, que se asume dentro de las limitaciones planteadas, como una referencia directa a la Huella de Carbono Institucional.

Se han planteado limitaciones que condicionan la interpretación de los valores obtenidos a valores referenciales para la Huella de Carbono Institucional. Es decir, todos los valores obtenidos deben analizarse e interpretarse bajo la premisa de ser referencias de valores absolutos, para cuyo cálculo se necesitarían definir, entre otras cosas, factores de emisión locales o considerar el ciclo completo de cada actividad que, en la mayoría de los casos evaluados, se condicionan y limitan a lo que la bibliografía permite evaluar de manera directa.

Se encontró que la Huella de Carbono evaluada es equivalente a la emisión anual de 23.33 toneladas métricas de CO_2 hacia la atmósfera. Sabiéndose que las emisiones directas y las indirectas de otras fuentes constituyen la mayor parte del impacto, con 21.60 y 159.99 toneladas anuales de CO_2 respectivamente, mientras que las emisiones indirectas, por el contrario, compensan los efectos negativos de las actividades institucionales, a través de la absorción de 158.26 toneladas anuales de CO_2 por las áreas verdes del campus.

Al poderse identificar las principales actividades generadoras de emisiones de Gases de Efecto Invernadero y evaluar la Huella de Carbono en cada una de ellas, se encontró una Huella de Carbono total que representa, bajo las limitaciones planteadas para el método, la Huella de Carbono Institucional. Esta última nos permite validar la hipótesis indicando que la Huella de Carbono de la Universidad Católica San Pablo es de 23.33 toneladas métricas anuales de CO_2, como indicador de los impactos ambientales de las actividades institucionales.

Conclusiones

- Se evalúa en 23.33 toneladas métricas anuales de CO_2 el equivalente de emisiones hacia la atmósfera, como consecuencia de las principales actividades generadoras de Gases de Efecto Invernadero de la Universidad Católica San Pablo.

- Las emisiones directas, producto del uso de vehículos de transporte institucionales, y las indirectas de otras fuentes, evaluadas como el uso de transporte público de los miembros de la comunidad universitaria y el consumo de papel, constituyen las actividades evaluadas más contaminantes de la institución. Las emisiones indirectas, evaluadas a través del cambio de uso de suelo en el campus, es una actividad que compensa las emisiones de Gases de Efecto Invernadero a través de las áreas verdes que fijan CO_2.

- Se ha consolidado una metodología de cálculo de la Huella de Carbono que ofrece resultados dentro de parámetros internacionales, y que constituye uno de los escasos antecedentes nacionales con relación a la evaluación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero y la cuantificación de impactos ambientales.

Recomendaciones

- Es recomendable que la institución defina políticas y acciones internas con la finalidad de compensar sus emisiones –evaluadas a través del cálculo de su Huella de Carbono–, principalmente, con el incremento de las áreas verdes en el campus o la gestión de un área equivalente en otro lugar natural, y convertirse en el mediano plazo en una institución de Carbón Neutral, que podría tentar una certificación internacional, que redundaría en su imagen institucional. Para lo cual, se recomienda implementar un Grupo de Trabajo, principalmente con especialistas de Ingeniería Industrial y Derecho Ambiental.

- Se recomienda que se asuma y sustente una política ambiental institucional, que, entre otras cosas, considere que: el medio ambiente es un don de Dios, que debe gestionarse con la aplicación de la ciencia y la técnica de manera responsable y solidaria, garantizando su conservación, disfrute y aprovechamiento por las generaciones venideras.

Difusión de la investigación

Este trabajo de investigación fue expuesto y sustentado por los autores, en el IV Seminario Taller Internacional de Educación Ambiental y Gestión del Riesgo, organizado por el Programa Profesional de Educación de la Universidad Católica de Santa María,

en la ciudad de Arequipa, del 5 al 7 de Noviembre del 2010. El Anexo 2 muestra la invitación y la certificación de dicha actividad.

Por otro lado, se ha elaborado un artículo científico que se encuentra en etapa de revisión interna, para su presentación y publicación.

Referencias

BSI (British Standard Institute). (2008). *PAS 2050-2008: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. BSi London, UK.

Castro, S., Cárdenas, D., Cervantes, R., Delgado, E., Huayna, T., Lutgardo, J. C. et al. (2010). *Propuesta de Programa de Manejo de Residuos de Insumos de Impresora para la Universidad Católica San Pablo*. Arequipa, Perú: Universidad Católica San Pablo, Laboratorio de Investigación Tecnológica en Energía, LITE.

Corrales, M., García, M., López, S., Lozada, Soriano, L., Taipe, M. et al. (2009). *Estudio del Confort en la Universidad Católica San Pablo - Primavera 2009*. Arequipa, Perú: Universidad Católica San Pablo, Laboratorio de Investigación Tecnológica en Energía, LITE.

EPA (Environmental Protection Agency). (1995). *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. Extraído desde http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/

Mathis, W. (2001). *Nuestra Huella Ecológica*. Extraída el 01 de Junio del 2010, desde http://www.footprintnetwork.org

Medina, G., Mena, P. y Josse, C. (Eds., 1999). El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. En *Serie Páramo 1*. GTP. Quito, Ecuador: Abya Yala.

MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú). (2001). *Ley 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación Ambiental*. Extraída el 1 de Junio de 2010, desde http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=245&Itemid=86

ONERN - Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1986). *Environmental Map of Peru*. Agencia para el Desarrollo Internacional - AID.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (1992). Extraído desde http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf

Notas de pie de página

[1] Profesor Investigador. Laboratorio de Investigación Tecnológica en Energía, LITE. Universidad Católica San Pablo.

[2] Profesor Investigador. Laboratorio de Investigación Tecnológica en Energía, LITE. Universidad Católica San Pablo.

[3] Ministerio del Ambiente: Programa Ecoeficiencia Empresarial. Para más información ver www.minam.gob.pe

[4] Para más información ver Red Peruana de Ciclo de Vida desde http://red.pucp.edu.pe/ciclodevida/, de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

[5] Para más información ver www.pnuma.org

[6] Evento programado para junio de 2011, organizado por el Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica San Pablo, en el Campus de San Lázaro de dicha universidad. (Nota del editor: el artículo fue escrito en 2010).

[7] Ver Nota del editor, en la nota nro. 6.

[8] En el Perú se tienen sistemas interconectados de transporte y distribución de energía eléctrica. La relación entre demanda y oferta en Arequipa se gestiona a través del Sistema Interconectado del Sur. Los Mix Energéticos incluyen todas las centrales del sistema.