

**ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS REQUERIMIENTOS DE
TRANSPORTE DE LA COMUNIDAD DE LA UNIVERSIDAD ICESI.**

**Juan Felipe Acevedo
Daniel Martínez Ferro**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
ENERO 2015**

**Análisis del Impacto Ambiental de los requerimientos de transporte de la
comunidad de la Universidad ICESI.**

**Juan Felipe Acevedo
Daniel Martínez Ferro**

Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Director proyecto
Fernando Quintero**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI**

Contenido

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN	7
1 CAPÍTULO I. Definición del Problema	8
1.1 Contexto del Problema.....	8
1.2 Análisis y Justificación.....	8
1.3 Alcance y delimitación	10
1.4 Formulación del Problema.....	11
2 CAPÍTULO II. Objetivos	12
2.1 Objetivo General.....	12
2.2 Objetivo del Proyecto	12
2.3 Objetivos Específicos	12
3 CAPÍTULO III. Marco de Referencia	13
3.1 Antecedentes o Estudios Previos.....	13
3.1.1 Tasas de equivalencia vuelos aéreos.....	13
3.1.2 Tasas de equivalencia motos	14
3.1.3 Tasas de equivalencia carro particular y distancias comunas	15
3.1.4 Tasas de equivalencia transporte público y carro compartido.....	16
3.1.5 Otros estudios relevantes	20
3.2 Marco Teórico.....	26
3.2.1 Datos históricos.....	26
3.2.2 Movilidad.....	26
3.2.3 Muestreo.....	27
3.2.4 Huella de carbono	31
4 CAPÍTULO IV. Metodología.....	32
4.1 Metodologías de Análisis.....	32

4.1.1	Recolección y análisis de datos	33
5	TÍTULO V. Resultados.....	35
5.1	Objetivo 1: Identificar todas las posibilidades de movilización de personas y bienes por actividades principales y secundarias de la comunidad ICESI.	35
5.2	Objetivo 2: Estimar la huella de carbono a partir de la estimación de recorridos realizados y generados por la comunidad de la Universidad ICESI.....	36
5.3	Objetivo 3: Cuantificar la inversión financiera que ha realizado la universidad ICESI en la infraestructura de parqueo y su impacto ambiental.....	52
5.4	Conclusiones.....	57
5.5	Recomendaciones.....	58
6	BIBLIOGRAFÍA.....	59
7	ANEXOS.....	61

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1	Hoja de cálculo del estudio de la universidad Redlands	13
Ilustración 2	Factores de emisión promedio	14
Ilustración 3	Emisiones según cilindraje	15
Ilustración 4	Distancias Comunas	16
Ilustración 5	Factores de emisiones para cada medio de transporte	17
Ilustración 6	Distribución modal de las emisiones de CO ₂	18
Ilustración 7	Emisiones GEI de diferentes medios de transporte	18
Ilustración 8	Clasificación de contaminación	19
Ilustración 9	Porcentaje tipo de transporte	20
Ilustración 10	Porcentaje del número de ocupantes en un vehículo particular	21
Ilustración 11	Áreas ocupadas en el campo de la universidad de Vegazana	21
Ilustración 12	Porcentaje de factores que emiten CO ₂	24
Ilustración 13	Cantidad de Vuelos	37
Ilustración 14	Cantidad total de viajes según plan de vuelo	37
Ilustración 15	Porcentaje de emisión total por tipo de vuelo	38
Ilustración 16	Kg de CO ₂ promedio por tipo de vuelo	39
Ilustración 17	Modos de transporte	41

Ilustración 18 Modos de transporte estudiantes	42
Ilustración 19 Modos de transporte docentes	43
Ilustración 20 Modos de transporte colaboradores	44
Ilustración 21 Tipos modos de transporte	45
Ilustración 22 Nivel de ocupación	46
Ilustración 23 Alternativas de movilidad	46
Ilustración 24 Intervalo de confianza emisiones al mes	47
Ilustración 25 Emisiones por tipo de persona	48
Ilustración 26 Intervalos de confianza de Kg de CO2 mensual por persona	48
Ilustración 27 Intervalo de confianza global	49
Ilustración 28 Emisiones de kg de CO2 mensual per cápita Icesi 2015	50
Ilustración 29 Emisiones de kg de CO2 mensual per cápita estudios previos	50
Ilustración 30 Porcentaje uso modos de transporte de los proveedores	52
Ilustración 31 Cantidad de parqueaderos	54
Ilustración 32 Inversión infraestructura parqueaderos	55

Tablas

Tabla 1 Cálculo muestra representativa	29
Tabla 2 Factores a tener en cuenta	35

Ecuaciones

Ecuación 1 Calculo población finita	28
Ecuación 2 Intervalo de confianza	29
Ecuación 3 Factor de corrección	30
Ecuación 4 Promedio poblacional	30
Ecuación 5 Varianza poblacional por estratos	30
Ecuación 6 Intervalo de confianza global	31

RESUMEN

El objetivo del proyecto es calcular la huella de carbono del componente móvil de la comunidad de la Universidad Icesi, este cálculo se realiza con la recopilación de datos de la movilidad de las personas para llegar y salir de la universidad, la movilidad aérea de los docentes por actividades de la universidad, la movilidad de los proveedores de las cafeterías, y las de tasas de equivalencia de emisiones de dióxido de carbono según el modo de transporte empleado.

Se obtuvo información de 870 vuelos aéreos nacionales e internacionales comprados para los docentes en el semestre 15-2, y una encuesta aplicada en el semestre 15-2 a estudiantes, docentes y colaboradores, para identificar el modo de transporte usado, la frecuencia con la que asiste a la universidad y su barrio de origen para determinar la distancia recorrida, con una muestra representativa de 670 personas, y por último la información de 5 cafeterías de 15 proveedores. Por medio de esto y estudios previos se acoplan al caso para realizar el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono por la universidad Icesi.

Las variables más representativas para realizar el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono son la distancia recorrida, la frecuencia de asistencia a la universidad, el nivel de ocupación del vehículo y por último el modo de transporte con sus respectivas especificaciones necesarias para clasificar el vehículo y aplicar la tasa de equivalencia correcta, y para esto se utilizó la herramienta google docs para recopilar los datos de la movilidad de la comunidad Icesi, y la herramienta de Excel para manejar la información y realizar los cálculos.

Para cuantificar el impacto ambiental de la construcción de nuevas zonas de parqueo se recopila información con el departamento de planta física de la universidad, para cuantificar la inversión monetaria e inversión en mantenimiento y operación, además se debe tener en cuenta el área de las zonas verdes que fue eliminada para poder realizar una comparación de la inversión frente al impacto ambiental que genera.

Se concluyó que para poder mitigar las emisiones de CO₂ generadas anualmente por los diversos escenarios de movilidad, es necesario sembrar entre 1637 y 1794 árboles modelo especie Samán Samanea.

INTRODUCCIÓN

La huella de carbono es un indicador que determina el impacto generado al medio ambiente, que tiene como principal objetivo evidenciar las emisiones de dióxido de carbono generadas por diversas actividades de la población, en este caso el estudio que se presenta a continuación se centra en el cálculo de la huella de carbono de la universidad Icesi con énfasis en la movilidad empleada por la comunidad, analizando el impacto de los diversos modos de transporte y dando como resultado posibles variantes en la movilidad para mitigar la contaminación al medio ambiente.

Para realizar el cálculo de la huella de carbono de la universidad se eligieron tres situaciones de movilidad como base, el cual se especificará más adelante. Además la universidad Icesi ha ampliado sus zonas de parqueo aumentando la oferta de espacios para estacionar automóviles, motocicletas y bicicletas para cumplir con los requerimientos de movilidad que demanda la comunidad, pero para aumentar la oferta de parqueo han disminuido las zonas verdes del campus afectando el medio ambiente.

1 CAPÍTULO I. Definición del Problema

1.1 Contexto del Problema

La Universidad Icesi está conformada por una comunidad de 6771 personas entre colaboradores, planta profesoral y población estudiantil a nivel pregrado. La universidad continúa rigiéndose por el modelo educativo presencial y con una planta administrativa, operativa y docente que labora dentro de sus instalaciones. En este sentido, en sus instalaciones se lleva a cabo una serie de provisión de bienes y servicios que satisfacen demandas diversas de la comunidad. La disponibilidad y uso de recursos para el desarrollo de las actividades académicas y todas aquellas que la soportan, trazan una huella ecológica, y dentro de esta, el factor de transporte despliega una huella de carbono.

La huella de carbono de la universidad implica estimar el número de recorridos y sus distancias promedios, de toda su población, sumado a todo tipo de actividad relacionada, que implique desplazamiento terrestre o aéreo, relacionando con la emisión de gases de carbono según la fuente de energía utilizada. Llegar a calcular tal volumen de información para tantas personas y en el tiempo, significa un trabajo de proyección a partir de un muestreo estratificado aleatorio, que llegue a representar los comportamientos y escogencias de la población. El levantamiento de la información es un esfuerzo alto que debe ser consolidado con cálculos y tasas de equivalencia confiables que permita medir la huella. El elemento más complejo en todo este proceso es llegar a todas las instancias poblacionales, conocer sus modos de transporte, recorridos y distancias, todo relacionado con la actividad de la universidad, y adicionalmente, la consecución de información institucional de viajes externos a la institución pero generados por multiplicidad de sus actividades académicas.

1.2 Análisis y Justificación

La planeación del campus de la universidad Icesi siempre ha exigido una ponderación de factores económicos, pedagógicos y ecológicos. Su responsabilidad ambiental debe mitigar posibles impactos causados por los consumos y usos de recursos de toda su

comunidad. El requerimiento de mayores espacios construidos para toda la planta física educativa, administrativa, de operaciones varias, zonas de comidas, deportivas, zonas verdes de esparcimiento, parqueaderos, para eventos académicos y culturales, determina una planeación a largo plazo y una alta carga administrativa dadas las dimensiones que ha ido adquiriendo el campus. El aumento sustancial de la población en el último lustro ha determinado una urgente necesidad de espacios de parqueo para toda clase de vehículos: carros, motos y bicicletas.

Así mismo, la ubicación de la universidad quedó enmarcada en la zona sur extremo de la ciudad, donde en los últimos 30 años se consolidó un clúster educativo de todos los niveles, preescolar, básica primaria y secundaria, media y superior, creando un problema de movilidad significativo, a la medida que la infraestructura vial se ha mantenido casi en la misma capacidad, y la demanda de recorridos en la comuna 22 fue incrementando. La ubicación de la universidad agudiza la emisión de gases de carbono, dado que la fuente de energía prevaleciente sigue siendo la extraída de los residuos fósiles, y requerida para trayectos de una población que reside en zonas diversas de la ciudad, e incluso fuera de ella, que debe movilizarse diariamente (de lunes a viernes o sábado) hasta la zona más sur de la ciudad. Así mismo, el perfil socio económico promedio de la población estudiantil de la universidad, encaja dentro del segmento de carro y moto de manera significativa, ya sea como propietario o usuario del vehículo familiar, agravando el problema dada la escasa oferta de transporte sostenible y la aun renuente cultura de hacer cambio a patrones de uso de medios de transporte alternativos no contaminantes o menos contaminantes.

En conjunto, las grandes universidades localizadas en la comuna 22, con perfiles similares (comunidades de estratos 4, 5 y 6) cuentan con poblaciones suficientes para impactar el medio ambiente tanto en el uso de recursos naturales como por emisión de gases contaminantes por el transporte. Si se suman estas poblaciones, se puede conformar un “municipio” de considerable magnitud con una alta tasa de consumo de recursos y generadores de huella ecológica.

Respecto a la huella de carbono, es importante establecer que la producción de dióxido de carbono es crítica ya que en promedio cada vehículo de gasolina produce 150 g de dióxido de carbono por kilómetro recorrido, junto con otros gases como metano y óxido nitroso, afectando directamente a la atmósfera, impactando negativamente en el efecto invernadero. Estos gases (GEI, gases de efecto invernadero) son denominados emisiones de alcance I ya que son generadas por

combustibles fósiles desde su extracción en zonas alejadas de grandes urbes, deteriorando y/o acabando con el medio ambiente de sus alrededores, hasta su producción en las refinerías del país que generan altos impactos ambientales.

Los resultados de este trabajo sirven para saber el nivel de emisión de gases de la universidad Icesi, intentando cubrir la mayor posibilidad de recorridos, y cuyos resultados pueden ser objeto de discusión de proyectos de comunidad, donde todos ponen para ser parte de la solución, y así mitigar el impacto ambiental.

1.3 Alcance y delimitación

Inicialmente hay que aclarar que el estudio se realizará con base en información obtenida a través de una encuesta en el año 2015, teniendo como agentes de estudio a los estudiantes de pregrado, los docentes, colaboradores, y por último los proveedores de diversas materias primas en conjunto e individual de las cafeterías y la universidad, la información necesaria de cada agente será la frecuencia con la que visita la universidad, su punto de origen y su modo de transporte específico. Se aclara que la medición se ha restringido a la población estudiantil de pregrado ya que durante el ejercicio de recolección de datos fue difícil acceder por horarios a la población de posgrado, que si bien es mucho más reducida, presenta recorridos más complejos en su trayectoria trabajo-universidad-hogar y es difícil separar la distancia adicional a lo que sería la trayectoria directa entre trabajo-hogar.

La medición se hará para un mes normal de clases de pregrado, enmarcado en las respuestas de los estudiantes que se encuentran matriculados en el segundo semestre del año 2015. La universidad durante el año presenta una aparente homogeneidad en 9 meses, y de los tres meses restantes hay mucha variabilidad. Durante los meses de junio y julio, hay cursos de verano donde disminuye la asistencia de gran parte de la población estudiantil y del cuerpo de profesores hora cátedra. Igualmente el mes de diciembre se reduce ostensiblemente los recorridos por temporada de vacaciones colectivas y otras voluntarias que gran parte del personal escoge. Establecer esas reducciones requiere de un mayor trabajo de recolección de datos desde el área administrativa y de campo para llegar a un cálculo preciso.

En un estudio previo realizado en la universidad Icesi, no se calculó la emisión de los diversos modos de transporte que permitan comparar e identificar cuáles son los

factores que más afectan el medio ambiente, solo se tuvieron en cuenta dos elementos para dicho cálculo: las distancias recorridas y las especificaciones de los vehículos particulares. Este estudio apunta a incorporar un mayor número de agentes y modos de transporte.

1.4 Formulación del Problema

Con base en el estudio previo realizado en la universidad Icesi, no se calculó la emisión de CO₂ de los diversos modos de transporte que permitan comparar e identificar cuáles son los factores que más afectan el medio ambiente con énfasis en la movilidad, para la población significativa que estudia y labora en la jornada diurna.

2 CAPÍTULO II. Objetivos

2.1 Objetivo General

Identificar el impacto ambiental de los requerimientos de movilidad de la comunidad de la Universidad ICESI

2.2 Objetivo del Proyecto

Calcular la huella de carbono del componente móvil de la comunidad de la Universidad ICESI

2.3 Objetivos Específicos

1. Identificar todas las posibilidades de movilización de personas y bienes por actividades principales y secundarias de la comunidad ICESI.
2. Estimar la huella de carbono a partir de la estimación de recorridos realizados y generados por la comunidad de la Universidad ICESI, según modos de transporte usados, y con adaptación de instrumentos para su medición.
3. Cuantificar la inversión financiera que ha realizado la universidad ICESI en la infraestructura de parqueo dentro de las instalaciones e identificar cómo han afectado estas construcciones al medio ambiente.

3 CAPÍTULO III. Marco de Referencia

3.1 Antecedentes o Estudios Previos

3.1.1 Tasas de equivalencia vuelos aéreos

En el artículo “The ecological footprint of the university of Redlands” el cual fue realizado en California, Estados unidos, tuvo como objetivo principal analizar el impacto de cada factor que compone la huella ecológica, en este caso fueron el agua, los desperdicios, la energía y el transporte los factores que dieron como resultado el cálculo de la huella ecológica de la Universidad de California.(Venetoulis, 2001)

Para el cálculo de la huella de transporte se hizo mediante un total de 800 encuestas realizadas a los estudiantes de la universidad la cual solo se obtuvo el 18% de respuestas, se tuvo en cuenta la gasolina utilizada para actividades académicas y no académicas, un estimado de los carros que se alternaban y los viajes en avión de los estudiantes que se iban a sus casas en vacaciones. (Venetoulis, 2001)

En la siguiente figura se muestran los cálculos realizados en este estudio para calcular la huella de transporte con base al uso de gasolina y a los viajes en avión.

Gasoline

Gallons of gasoline for private automobiles related to school activities during school week:
___ X 19.6 X 37 = _____ divide by 7,000 = _____ (fp)

Gallons of gasoline used during semester breaks, i.e. winter and spring break:
___ X 19.6 = _____ divide by 7,000 = _____ (fp)

Gallons of gasoline for grounds maintenance, i.e. lawn mowers and garbage pick-up:
___ X 19.6 = _____ divide by 7,000 = _____ (fp)

Air Travel

Total miles of air travel for school related activities and during breaks:
_____ divided by 587 = _____ X 0.5 = _____ (fp)

(or) **Hours** of air travel
_____ X 0.5 = _____ (fp)

Ilustración 1 Hoja de cálculo del estudio de la universidad Redlands

Fuente de (Venetoulis, 2001)

Los resultados obtenidos de esta investigación fueron que la huella de transporte representaba un 32,5% de la huella ecológica, siendo este uno de los dos factores más relevantes.

Un estudio presentado por (Center for Sustainable Systems, 2014) en la universidad de Michigan trabaja la huella de carbono en la cual evidencia que las emisiones de CO₂ por pasajero en un avión es de aproximadamente 167 gramos por kilómetro recorrido, explicando que las emisiones han disminuido un 53% desde los años 1990-2011 alcanzó dicho valor, debido a la eficiencia del combustible y el aumento de ocupación en los vuelos.

La tasa de equivalencia que se aplica para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono de los vuelos aéreos es la del estudio realizado en la universidad de Michigan, debido a que es más reciente el estudio y explica claramente las unidades en la que se presenta la tasa.

3.1.2 Tasas de equivalencia motos

Un estudio realizado por (Giraldo & Toro, 2008) evidencia las emisiones de dióxido de carbono de las motocicletas dos tiempos y cuatro tiempos, este estudio fue realizado en Colombia y dio como resultado las emisiones en gramos/kilómetro recorrido de las motocicletas dos tiempos y cuatro tiempos.

Tabla 6. Factores de emisión promedios
Table 6. Emission factors averages

TIPO DE MOTOCICLETA								
[g/km)	2 tiempos				4 tiempos			
	ESTADO 1		ESTADO 2		ESTADO 1		ESTADO 2	
	FE	DS	FE	DS	FE	DS	FE	DS
CO	19,84	4,32	19,49	4,86	12,40	6,87	8,85	5,14
HC	2,61	1,10	2,48	1,02	0,14	0,14	0,10	0,07
[g/km)	PROMEDIO ESTADO 1 Y 2				PROMEDIO ESTADO 1 Y 2			
	FE		DS		FE		DS	
	19,67		4,58		10,73		6,36	
HC	2,55		1,07		0,12		0,12	
[g/km)	PROMEDIO TODAS LAS PRUEBAS							
	FE				DS			
	14,73				7,18			
HC	1,21				1,40			

Ilustración 2 Factores de emisión promedio

(Giraldo & Toro, 2008)

La tasa de equivalencia que se aplica para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono de las motos es el del estudio realizado en Colombia, debido a que solo se enfocaron en este modo de transporte, fue aplicado a motocicletas que se encuentran en el país, y los resultados fueron más detallados que en el estudio realizado en la

universidad de Santiago de Compostela en el cual solo se evidenciaba la dato sin previa explicación.

3.1.3 Tasas de equivalencia carro particular y distancias comunas

Un estudio realizado por (Catañeda Velez & Ramos Garzon, 2013) en la Universidad Icesi titulado “estimación de la huella de carbono de los automóviles de estudiantes, docentes y colaboradores de la universidad Icesi” tuvo como principal objetivo calcular las emisiones de CO₂ de los vehículos particulares utilizados por la comunidad icesista, y la concentración de CO₂ en el aire con los parqueaderos completamente ocupados.

La metodología empleada en este estudio fue calcular las distancias de diferentes comunas hasta la universidad, y obtener información precisa de los vehículos particulares como modelo, cilindraje y marca. Y con esto realizar el cálculo de las emisiones de CO₂. (Catañeda Velez & Ramos Garzon, 2013)

Las distancias calculadas en este estudio son de gran apoyo para realizar este proyecto debido a que ya no es necesario realizar dichas estimaciones sino identificar desde donde provienen los vehículos y se obtendrá la distancia recorrida.

Además en este estudio por medio de la encuesta realizada para la obtención de datos, se realizó una gráfica en la cual evidenciaba el porcentaje de utilización de los diversos modos de transporte. Y que también será útil para comparar el cambio de uso de los modos de transporte por el crecimiento de la población y de la universidad.

		EMISIONES EN FUNCION DEL TIPO DE RECORRIDO (g CO ₂ /km)	
COMBUSTIBLE DEL VEHICULO	CILINDRAJE	URBANO	RURAL
GASOLINA	<1,4	192,12	136,9
	1,4- 2	232,78	159,65
	>2	310,19	191,85
DIESEL	<2	199,81	135,56
	>2	246,06	170,51

Ilustración 3 Emisiones según cilindraje

(Catañeda Velez & Ramos Garzon, 2013)

La tasa de equivalencia que se aplica para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono del carro particular es la del estudio previo realizado en la universidad Icesi el cual se enfocó solo en los carros particulares.

	PUNTO ORIGEN (comuna)	COORDENADAS		PUNTO DESTINO (comuna)	COORDENADAS		KM	
		X	Y		X	Y	DISTANCIA LINEAL	DISTANCIA RUTA
C O M U N A S	1	67	41	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	12,88	16,41
	2	84	27	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	16,99	19,19
	3	63	31	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	15,85	19,1
	4	80	15	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	16,58	19,45
	5	77	12	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	16,26	18,11
	6	82	12	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	17,14	19,05
	7	67	8	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	15,1	16,14
	8	64	19	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	12,94	13,96
	9	57	28	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	10,12	11,48
	10	51	26	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	8,7	9,36
	11	54	21	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	9,5	11,76
	12	59	14	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	9,55	10,65
	13	58	11	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	11,33	13,97
	14	51	4	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	10,77	19
	15	42	11	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	6,95	9,56
	16	39	25	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	5,68	6,95
	17	38	31	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	5,64	6,98
	18	39	36	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	6,08	7,76
	19	51	35	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	8,08	9,44
	20	51	40	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	9,3	11,72
	21	54	1	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	12,15	14,7
	22	24	32	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	2,52	3,77
	YUMBO	89	22	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	27,35	33,84
	PANCE - YORAGINE	16	46	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	2,94	3,14
	JAMUNDI	0	26	UNIVERSIDAD ICESI	16	28	5,35	6,23
	UNIVERSIDAD ICESI	16	28					

Ilustración 4 Distancias Comunas

(Catañeda Velez & Ramos Garzon, 2013)

Las distancias desde las diferentes comunas hasta la universidad Icesi se obtuvo del estudio previo realizado en la universidad Icesi el cual utilizaron coordenadas y una herramienta de mapas virtual para identificar la distancia de la ruta más aproximada a la realidad.

3.1.4 Tasas de equivalencia transporte público y carro compartido

Un estudio realizado por (López Álvarez, 2007) en la universidad de Santiago de Compostela, España, tuvo como principal objetivo el cálculo de la huella ecológica por medio de cálculos directos e indirectos. En el análisis de movilidad es necesario emplear un cálculo indirecto debido a que no existen registros de cifras y es necesario extraer la información por medio de encuestas.

Las variables necesarias para realizar el cálculo de la movilidad que se tuvieron en cuenta fueron: el medio de transporte empleado, el número semanal de desplazamientos y la distancia media por trayecto. (López Álvarez, 2007)

En la ilustración 6 se muestran los factores de emisión tenidos en cuenta por cada modo de transporte para realizar el cálculo, multiplicando el total de kilómetros recorridos en un año de cada medio de transporte por su respectivo factor de emisión.

a) *Automóvil*, en función del nivel de ocupación:

Tabla 4. Factor de emisión asociado al transporte en automóvil por pasajero

Automóvil (kg CO ₂ /km)	Nivel de ocupación (%)			
	25	50	75	100
	0,20	0,10	0,07	0,05

b) *Motocicleta*

Tabla 6. Factor de emisión asociado al transporte en motocicleta por pasajero

Factor emisión (kgCO ₂ /km)
0,07

c) *Demás medios de transporte*:

Tabla 7. Factores de emisión asociados a diferentes medios de transporte por pasajero

Factor emisión (kg CO ₂ /km)	Tren	Autobús
	0,02	0,04

Ilustración 5 Factores de emisiones para cada medio de transporte

Fuente de (López Álvarez, 2007)

Como resultados se obtuvo que la movilidad sea uno de tres elementos que más afectan en las emisiones de CO₂ con un 18% del total en la universidad Santiago de Compostela, como se evidencia en la ilustración 7.

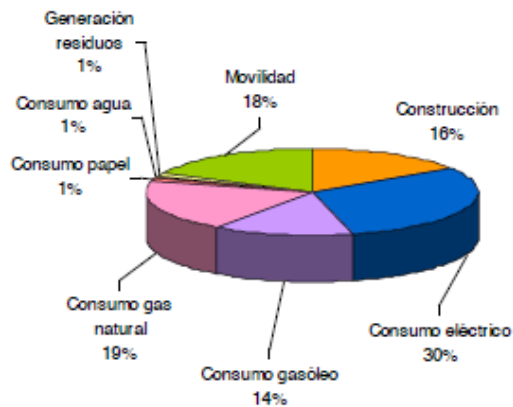


Ilustración 6 Distribución modal de las emisiones de CO2

Fuente de (López Álvarez, 2007)

Como conclusión a este estudio, se evidencia que el modelo de urbanismo existente hace que la movilidad dependa del transporte privado, generando ocupación de espacios y zonas verdes, y contaminación acústica entre otras. Por ende es necesaria la elaboración de un modelo de movilidad sostenible en la universidad que incluya propuestas como favorecer el transporte público, el acceso a pie o en bicicleta. (López Álvarez, 2007). A continuación en las ilustraciones 8 y 9 se evidencian dos aspectos relevantes que determinan la contaminación por persona en diversos medios de transporte y una clasificación de contaminación según lo producido por kilómetro recorrido respectivamente.

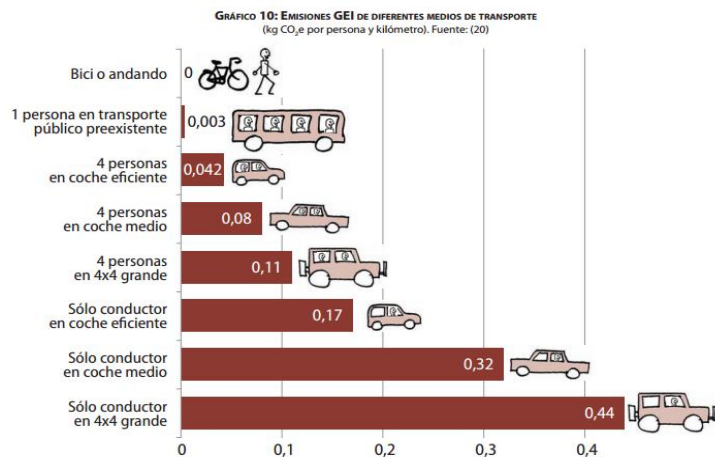


Ilustración 7 Emisiones GEI de diferentes medios de transporte

Fuente de (Ecologistas en acción, 2009b)

g CO2 / km	
más de 200	excesivamente contaminante
200-160	muy contaminante
140-160	bastante contaminante
120-140	contaminante
100-120	poco contaminante
menos de 100 gr/km	los menos contaminantes

Ilustración 8 Clasificación de contaminación

Fuente de (Ecologistas en acción, 2009a)

(elpais.com.co, 2013) al respecto, señala que:

“Cerca del 80% del dióxido de carbono que se genera en Cali es por causa de las motos y vehículos que ruedan en Cali, en el inventario se indica que anualmente estos vehículos generan 2 mil millones de toneladas de CO2. Agregó que hay procesos como la implementación del Masivo Integrado de Occidente, MÍO, que ha permitido reducir las emisiones de gases en 140 millones de toneladas menos al año.”

La tasa de equivalencia que se aplica para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono del carro compartido es por medio del nivel de ocupación del vehículo que proporciona el estudio realizado en la universidad de Santiago de Compostela, ya que no es posible determinar las especificaciones del vehículo que no es propio, pero si se puede identificar cuántas personas viajan en el carro.

La tasa de equivalencia que se aplica para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono para el MIO es la que se obtiene de un estudio realizado por “Ecologistas en Acción”, esta se aplica debido a que desde que se implementó el MIO en Cali las emisiones de dióxido de carbono disminuyeron según el periódico el País en el 2013, y esta tasa es de un vehículo público poco contaminante.

La tasa de equivalencia que se aplica para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono para la Buseta es la que se obtiene del estudio previo de la universidad de Santiago de Compostela debido a que esta tasa es a un vehículo público no moderno y contaminante en comparación con los nuevos vehículos públicos fabricados recientemente.

3.1.5 Otros estudios relevantes

En la universidad de león en España desarrolló estudios en estas áreas para el análisis de la huella ecológica, en dicha universidad expuestas en el artículo “Ecological Footprint of the Campus de Vegazana”. En el cual se muestra después de haber realizado una encuesta en el campus, los diferentes medios de transporte que se emplean para llegar a la universidad. (Arroyo et al., 2009)

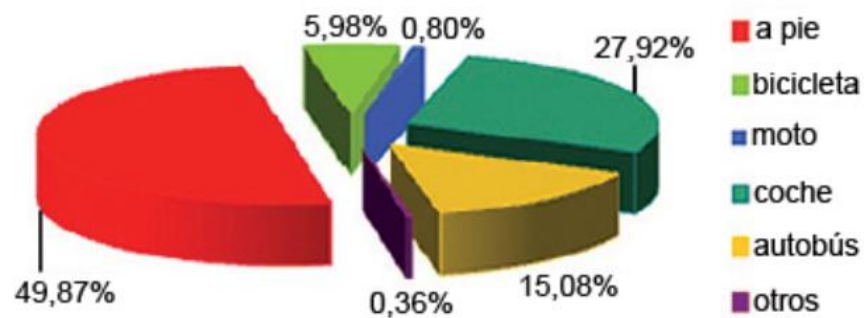


Ilustración 9 Porcentaje tipo de transporte

Fuente de (Arroyo et al., 2009)

Consiguiente a este dato se consultó con la población del campus la ocupación del automóvil en promedio al día y se obtuvieron los siguientes resultados.

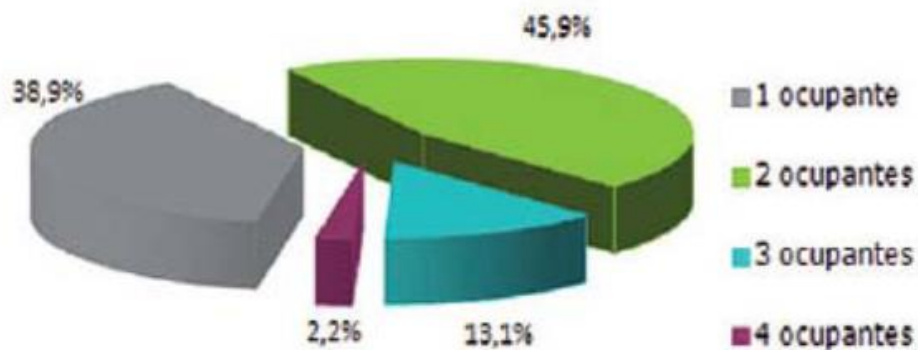


Ilustración 10 Porcentaje del número de ocupantes en un vehículo particular

Fuente de (Arroyo et al., 2009)

La figura anterior muestra que el 45.9% de la población se moviliza de a dos personas por auto en promedio.

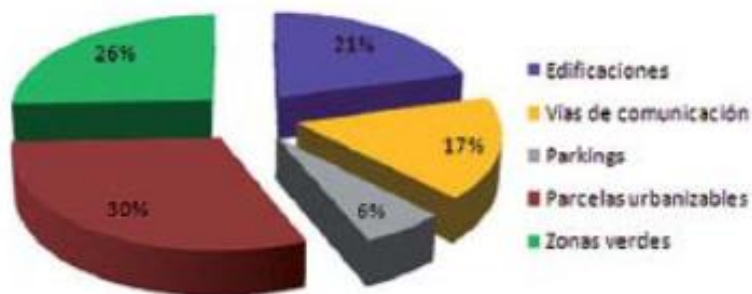


Ilustración 11 Áreas ocupadas en el campo de la universidad de Vegazana

Fuente de (Arroyo et al., 2009)

Posteriormente los autores recurrieron a una tabla de equivalencia dada por (Noy, 1996), en donde se muestra el promedio de emisión de dióxido de carbono, este estudio demostró que la cantidad de pasajeros dentro del auto afecta directamente a la emisión del gas contaminante; dependiendo del número de pasajeros y la potencia del vehículo, además teniendo en cuenta si el auto funciona con diésel o gasolina. La conclusión de este estudio mostró que para la huella de carbono de la universidad, el factor transporte es la tercera mayor fuente de emisión de CO₂, contando con un 19% de la producción total de este gas en la universidad. (Arroyo et al., 2009)

Se desarrollaron estudios en el cálculo de huella ecológica, expuestas en el artículo “EcoCity Columbus” (Finlay & Massey, 2012). En las cuales se demuestran que la movilidad está relacionada directamente con medios alternativos de transporte, bicicleta o caminando; además tienen en cuenta las políticas de parqueo basadas en el cobro de espacios físicos para reducir la cantidad de automotores en las vías, de la mano con el gobierno estatal con el fin de cobrar impuestos más altos para la gasolina, otras propuestas para disminuir la emisión de CO₂ es el mayor aprovechamiento del campus universitario, programas subsidiados para el auto-sostenimiento, incluyendo programas de siembra de árboles en el campus, construcciones más verdes y generar una mayor eficiencia en el aprovechamiento de la energía, aunque todas estas propuestas tienen sus restricciones como fondos financieros, regulaciones, falta de liderazgo y conciencia ciudadana, y apatía por el público en general. Es por esto que el concepto de una eco-ciudad sostenible está en construcción y es muy difícil de establecer.

En el artículo “Developing Ecological Footprint Scenarios On University Campuses” (Conway, Dalton, Loo, & Benakoun, 2006) el cual fue realizado en la Universidad de Toronto en Mississauga, el objetivo principal fue calcular la huella ecológica para determinar la cantidad de recursos que estaban consumiendo. La metodología del proyecto fue inicialmente crear una calculadora y aplicarla en la Universidad, y hubo tres aspectos de comparación los cuales fueron; electricidad generada en la universidad versus la comprada, el transporte concurrido por los estudiantes versus el transporte en bus, y por último el uso de papel nuevo versus el uso de papel reciclado.

Con base al cálculo de la huella de carbono este estudio tuvo en cuenta la distancia recorrida por los estudiantes, número de viajes por semana y por último el medio de transporte, y esto se hizo por medio de una encuesta en internet la cual fue validada comparándose con la oferta de parqueo de la universidad. (Conway et al., 2006)

Con base al segundo escenario de comparación se planteó la posibilidad de ofrecer a los estudiantes un pase de bus para que pudieran acceder a las instalaciones y disminuyera el uso de vehículos particulares, lo cual tenía dos posibilidades; que el 20% de los estudiantes con vehículo particular los cuales se transportan alternamente con otros compañeros y el 10% de los estudiantes con vehículo particular los cuales se transportan solos hicieran uso del transporte público, o que el 50% de ambos tipos de estudiantes hicieran uso del transporte público. (Conway et al., 2006)

Los resultados de este proyecto mostraron que la huella de carbono cubría un 16,1% de la huella ecológica de la universidad, siendo este uno de los tres factores más relevantes, además con base a las posibilidades planteadas si se presenta la primera opción el porcentaje disminuiría un 5% del cálculo de la huella de carbono, y si se presentará la segunda opción disminuiría un 25% del cálculo de la huella de carbono. (Conway et al., 2006)

En el artículo “Institutional Ecological Footprint Analysis” el cual fue realizado en la Universidad de Newcastle en Australia, el objetivo principal era calcular la huella ecológica para determinar la sostenibilidad de la Universidad por medio de indicadores que evidencian el estado actual. La metodología del proyecto fue calcular los diferentes aspectos que conforman la huella ecológica por medio de factores de conversión de energía y derivados de las investigaciones de análisis de la energía. Se aplicó el método de Simpson en la aplicación de datos de intensidad de CO₂. (Flint, 2008)

Los resultados de esta investigación mostraron que la huella de carbono representa el 43% de la huella ecológica siendo este uno de los dos factores más relevantes, además se especificó cuál medio de transporte afectaba más a dicho cálculo siendo el transporte privado con un 42% y el transporte aéreo con un 34%. (Flint, 2008)

El transporte privado representa un 72% en los medios de movilización para la universidad, y excluyendo el transporte aéreo representaría un 95%, para disminuir esto se propuso el cobro de parqueo en las instalaciones pero lo único que genero esto fue que aumentará el parqueo por fuera de la zona universitaria, otros métodos planeados pero que no han sido aplicados fueron crear una conexión de tren con la universidad y crear horarios establecidos en determinadas horas a los buses para aumentar la oferta de transporte público. (Flint, 2008)

Esto está generando congestión vehicular en las zonas residenciales de la universidad, y lo que principalmente debe ocurrir es que los estudiantes se concienticen en no manejar sus vehículos particulares y utilizar otros medios que ayuden a disminuir la huella de carbono de la universidad. (Flint, 2008)

Un estudio presentado por (Janis, 2007) en la universidad estatal de Ohio se basa en la idea que para la huella de carbono con respecto al transporte se calcula basado en el número de espacios de parqueo, buses y automóviles en el campus durante un año, teniendo en cuenta el combustible usado y el mantenimiento que se le hace al carro,

además de contar con el uso de parqueaderos. Además de la población cotidiana se tiene en cuenta para el cálculo visitantes de un solo día, visitantes de eventos especiales, así como salidas pedagógicas, para el cálculo se utilizó una tasa establecida de un norteamericano común que dice que utiliza en promedio 12 litros de gasolina por cada 100km recorridos, además se basó en el dato que cada litro de gasolina contiene 35 MJ de energía y que la emisión indirecta de CO₂ es afectada directamente por la manufactura del auto y la condición de la carretera aumentando estas emisiones en un 45% debido a estas causas.

El resultado final desencadenó en que la mayor fuente de emisiones de CO₂ en la universidad era por el factor transporte caracterizado por automóviles y buses, teniendo un 72,2% de la huella de carbono total de la universidad.

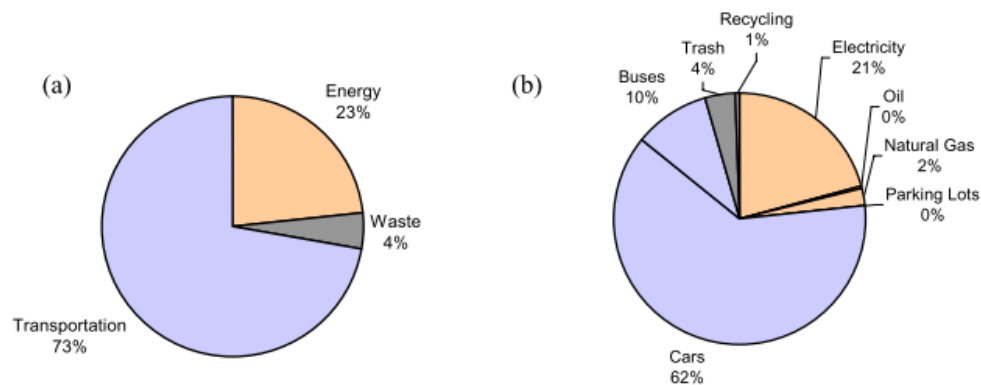


Ilustración 12 Porcentaje de factores que emiten CO₂

Fuente de (Janis, 2007)

Las gráficas de la ilustración 13 muestran que más del 60% de emisiones es debido a los automóviles, los resultados indican que se necesita reducir significativamente el uso del carro y es por esto que se han tomado algunas alternativas a partir del problema de la dependencia directa del carro tales como disminuir subsidios para automóviles, disminuir presupuesto para carreteras y aumentar el presupuesto de los modos alternativos.

Un estudio realizado por (Bill & Lai, 2006) en la universidad de Kwantlen, Canadá, tuvo como principal objetivo el cálculo de la huella ecológica la cual utilizó como

metodología la hoja de cálculo que fue implementada en el estudio de la universidad de Toronto en Mississagua.

El aspecto que presenta mayor dificultad fue la de movilidad debido a que carecían de información y se basaron en una muestra muy pequeña de población sobre los modos de transporte, es por esto que se estimaron las distancias recorridas por los estudiantes y el porcentaje de carpooling presentado por los estudiantes. (Bill & Lai, 2006)

El kilometraje de los carros particulares se estimó por medio del número de vehículos estacionados en las instalaciones de la universidad y por el porcentaje estimado de estudiantes que utilizan vehículo particular. (Bill & Lai, 2006)

Se realizó una encuesta a 144 estudiantes lo cual evidenció que el 13,2% utiliza el transporte público, esta tasa se le aplicó a la población total de la universidad, se estimó una distancia promedio de 20km de la universidad a sus casas, se asumió que la frecuencia de asistencia era 4 de 5 días durante 45 semanas y se realizó el cálculo. (Bill & Lai, 2006)

Los resultados obtenidos en este estudio evidenciaron que la movilidad representaba el 53% de la huella ecológica, siendo este el mayor elemento de contaminación, por lo cual se concluyó que debían realizarse actividades para incentivar el uso de transporte público por medio de la creación de un U-Pass. (Bill & Lai, 2006)

3.2 Marco Teórico

3.2.1 Datos históricos

Desde el siglo XIX se presencia un incremento gradual de la temperatura, pero desde 1970 se evidencia un incremento relevante, y el cual llega a su mayor registro en los últimos 15 años, debido a que en los últimos 130 años los registros de temperatura global afirman que 9 de los 10 años más cálidos aparecen desde el año 2000. (Laguia, n.d.)

La emisión de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (GEI) han afectado el medio ambiente, aumentando la temperatura media del planeta, y por ende generando inconsistencias en el ecosistema, todo esto conlleva al deterioro en los polos produciendo un aumento del nivel del mar afectando directamente la fauna y la flora, por medio de las actividades que se realizan cotidianamente como la movilidad, o la alimentación y bienes que se utilizan como los de consumo, o en el hogar. En consecuencia del cambio climático se tendrá pérdida de biodiversidad y condiciones agrícolas imprevisibles como mayor frecuencia de los extremos climáticos, como por ejemplo tormentas, inundaciones, sequías, huracanes afectando la fertilidad de la tierra.

3.2.2 Movilidad

(Estevez, 2013) señala que la sostenibilidad es “atender a las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social (es lo que se conoce como triple vertiente de la sostenibilidad)” (p. 1).

La movilidad ha evolucionado con el pasar de los años debido a la influencia de las mejoras industriales, desde la primera revolución industrial con la invención de la tecnología del motor a vapor, la revolución industrial con producción en masa y más reciente aún, la revolución industrial con la digitalización y la era tecnológica y hoy se puede entrar a lo que se puede llamar una cuarta era industria con la convergencia de la industria y la tecnología, llevando esto a energías limpias y conectado con soluciones de movilidad. (Van Audenhove, Dauby, Korniiichuk, & Pourbaix, 2014).

Debido a lo anterior, la movilidad sostenible es un concepto creado para mitigar los problemas ambientales y sociales, basados en un modelo de transporte urbano, los problemas principales de este modelo son la contaminación del aire con gases de efecto invernadero, el uso excesivo de energía y la saturación de las vías. Debido a estas causas se ha provocado una voluntad colectiva para encontrar alternativas que ayuden a mitigar estos efectos negativos y dar un nuevo modelo de ciudad sostenible. Es por esto que muchas ciudades han adoptado diferentes modelos, como: transporte más eficiente para mejorar la competitividad en un sistema productivo, incrementar la calidad de vida de los ciudadanos y aportar más seguridad en los desplazamientos. (Van Audenhove et al., 2014)

Por esta razón se entiende como movilidad sostenible las acciones que permiten reducir dichos efectos negativos en los diversos medios de transporte emisores de gases contaminantes. Teniendo en cuenta la concientización de la ciudadanía con campañas que impulsen estas alternativas y con el desarrollo de tecnologías que permita la movilidad sostenible. (Estevez, 2013)

3.2.3 Muestreo

Para estudiar el comportamiento de la población icesista se tomará una muestra significativa que abarque todos los diversos modos de transporte que se puede utilizar para llegar a las instalaciones de la Universidad Icesi. Existen varios métodos de muestreo.

El aleatorio simple que consiste en escoger al azar los objetos de estudio de manera que cada posible elemento de la población tenga igual oportunidad de resultar seleccionada, el muestreo estratificado, muestreo sistemático y por conglomerados; cada uno de ellos logra muestras representativas, en función de los objetivos de estudio y ciertas circunstancias, así como características particulares de la población. Un asunto importante será lograr que las muestras sean representativas en el sentido de que refleje características claves de la población en relación con los objetivos del estudio, una forma de lograr esa representatividad consiste en diseñar de manera adecuada un muestreo aleatorio donde la selección no tenga algún sesgo en una dirección que favorezca la inclusión de ciertos elementos en particular, sino que todos los elementos de la población tengan las mismas oportunidades de ser incluidos en la muestra. (Gutiérrez & Salazar, 2009)

El muestreo estratificado consiste en los siguientes pasos: 1) La población completa se divide en subpoblaciones distintas llamadas estratos. 2) Dentro de cada estrato se selecciona una muestra a partir de toda la población de este estrato. 3) De la muestra obtenida se calcula una media y una varianza diferente para cada estrato.

Existen tres razones principales para usar la estratificación: 1) Se utiliza para disminuir las varianzas de las estimaciones de la muestra. 2) Se pueden formar los estratos para utilizar diferentes métodos y procedimiento dentro de ellos. 3) los estratos pueden establecerse porque las subpoblaciones dentro de ellos también se definen como dominios de estudio. Dominio se llama a cualquier subdivisión acerca de la cual se desea hacer la encuesta para proporcionar la información numérica de precisión conocida. La teoría del muestro estratificado se ocupa de las propiedades de las estimaciones de una muestra estratificada y de la mejor elección para los tamaños de muestras N_h que deben dar la precisión máxima.

En la siguiente ecuación hay cuatro variables representadas de la siguiente manera:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

Ecuación 1 Calculo población finita

N: Población total de donde se va sacar la muestra.

e: error estándar

Z: Se calcula a partir de la distribución normal inversa del nivel de confianza.

σ : Desviación estándar

n: Tamaño de la muestra

Calculo muestra representativa			
Parámetros	Colaboradores	Docente	Estudiantes
Error estándar (e)	0,05	0,05	0,05
Población total (N)	330	592	5849
Varianza (σ^2)	0,21	0,41	0,45
Nivel de confianza	0,95	0,95	0,95
Z	1,96	1,96	1,96
Parte de arriba de la ecuación	260,70	381,75	4458,96
Parte de debajo de la ecuación	1,61	2,12	15,38
Tamaño de muestra sugerido por la ecuación	162	180	290
Número real de encuesta aplicado	164	191	315

Tabla 1 Cálculo muestra representativa

Fuente (Autores)

La varianza (σ^2) se calculó por medio de una prueba piloto con una muestra de 15 datos de cada subpoblación para poder calcular la muestra representativa, y el número real de encuesta aplicado es levemente superior al tamaño de muestra sugerido por la ecuación, por ende esto no daña las estimaciones.

Para el cálculo de los intervalos de confianza se utiliza la siguiente ecuación la cual tiene en cuenta el la media, la desviación, el nivel de confianza y el tamaño de la muestra.

$$IC = (\bar{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$$

Ecuación 2 Intervalo de confianza

El factor de corrección es un elemento que se utiliza para ajustar los datos cuando se conoce el tamaño de la población.

$$fpc = \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}}$$

Ecuación 3 Factor de corrección

Para el cálculo de las emisiones mensuales de la comunidad Icesi es necesario calcular un intervalo de confianza del 95%, para este se debe aplicar el proceso de estimación del promedio poblacional por estratos, ya que como la población se separó en tres subpoblaciones que son docentes, colaboradores y estudiantes se debe usar el promedio poblacional por estratos, continuo a este se multiplica por el número de la muestra para obtener un resultado global.

Promedio poblacional por estratos:

L: Numero de estratos (Colaboradores, docentes, estudiantes)

$$\bar{Y}_{st} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^L N_i * \bar{Y}_i$$

Ecuación 4 Promedio poblacional

Donde,

N= tamaño de población

N_i = tamaño de estrato

\bar{Y}_i = promedio de cada estrato

S_i^2 = Estimación de la varianza de cada estrato a partir de los datos de la muestra

Varianza de población por estratos:

$$V(\bar{Y}_{st}) = \frac{1}{N^2} * \sum_{i=1}^L N_i^2 * \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right) * \frac{S_i^2}{n_i}$$

Ecuación 5 Varianza poblacional por estratos

Intervalo de confianza global:

$$\bar{Y}_{st} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} * \sqrt{V(\bar{Y}_{st})}$$

Ecuación 6 Intervalo de confianza global

Y así con este intervalo de confianza global se obtiene el resultado mensual de emisiones de Kg de CO₂ de la comunidad Icesi.

3.2.4 Huella de carbono

Para cuantificar el impacto ambiental que generan estas diversas actividades cotidianas de los humanos se aplican las herramientas de la huella ecológica, la huella ecológica se define como el total de recursos productivos necesarios para producir los recursos consumidos por un humano, la huella ecológica contiene diversos componentes y para esto se deben aplicar otras herramientas las cuales delimitan su campo de estudio por componente, estas herramientas son la huella de carbono, la huella de agua, la huella de energía entre otras.

Para el desarrollo del proyecto la herramienta a utilizar será la huella de carbono, debido a que esta, es la medida del impacto que generan las actividades cotidianas en el medio ambiente, determinando la cantidad de emisiones de GEI producidos, evidenciados en unidades de dióxido de carbono.

La norma ISO 14067 consiste en la cuantificación de las emisiones de CO₂ durante el ciclo de vida completo de los productos y servicios. Además permite la comunicación de los datos de la huella de carbono a los consumidores. (PROcarbono, n.d.)

Para calcular la huella de carbono existen herramientas online las cuales recopilan la información y por medio de cálculos establecidos cuantifica un resultado, pero estas herramientas están delimitadas a países o zonas puntuales, por ende no todas aplican para un estudio.

4 CAPÍTULO IV. Metodología

4.1 Metodologías de Análisis

La variable más crítica del proyecto es la recopilación de datos, debido a que una parte de la información será otorgada por terceros y solo se cuenta con el tiempo y los espacios que estos determinen, con las siguiente tablas se evidencia el procedimiento para calcular la muestra representativa de la población, y además se muestra la fórmula para encontrar la población de una muestra finita, aplicando muestreo aleatorio simple.

El proyecto consta de tres etapas, la primera es recopilar información acerca de las características de la población y su respectiva movilidad para acceder a las instalaciones y además su movilidad generada por la Universidad, las cuales son los viajes en avión de los docentes, la movilidad de los proveedores de las cafeterías y la movilidad de la comunidad, la segunda etapa es calcular la huella de carbono con base en los datos obtenidos previamente con la ayuda de la herramienta Excel, con el proceso aplicado de muestreo para obtener un resultado poblacional, y utilizando factores de equivalencia en unidades de masa/tiempo. Y por último, la tercera etapa consiste en cuantificar los costos de inversión que ha realizado la Universidad en los años 2011-2015 para aumentar su oferta de parqueo en las instalaciones con el fin mostrar un crecimiento de esta inversión en relación con el tiempo y analizar el impacto ambiental que esto ha generado con la disminución de zonas verdes.

Para recopilar la información de dichos parámetros se aplican diversas actividades, las cuales son formularios, encuestas y solicitud de información al departamento de compras y suministros de la universidad.

Para el desarrollo del objetivo 2 se cuantifica la información obtenida en la encuesta, se aplica la herramienta en Excel para totalizar las emisiones de CO₂, el proceso de muestreo se aplica para poder convertir los resultados de la muestra en resultados poblacionales y en paralelo aplicar la misma herramienta a la información cuantificada de los formularios, por último el cálculo de los vuelos aéreos tiene un procedimiento diferente, pero el resultado de los tres parámetros se expresa en la misma unidad masa/tiempo que es cantidad de CO₂ equivalente lo cual permite comparar los resultados.

Las variables a tener en cuenta para realizar el cálculo de la huella de carbono son el modo de transporte, la cantidad de ocupantes del vehículo, la distancia media recorrida, la frecuencia media de uso del vehículo y la cantidad de viajes realizados por los docentes.

Para cuantificar la inversión de la infraestructura de servicio de parqueo dentro de las instalaciones de la Universidad Icesi se van a tomar los datos proporcionados por un colaborador de la universidad, en estos datos se refleja el aumento de espacios físicos para parqueadero de los años 2011-2015, en los cuales se debe tener en cuenta el área de la universidad tanto construido como zonas verdes, los recursos necesarios para construir dicha infraestructura como asfalto, pintura, cuerdas para demarcar y mano de obra.

4.1.1 Recolección y análisis de datos

Para la caracterización e identificación del tipo de población se realiza una encuesta que proporciona la información sobre las actividades de transporte de la comunidad Icesi. La encuesta se enmarca en la línea de acción denominada “transportes empleados por la comunidad Icesi”. La encuesta se realiza durante el semestre académico universitario 15-2 y tendrá una cobertura universitaria, luego de ser recolectada la información, se realizan actividades de revisión crítica y análisis para verificar la consistencia de la información en los formularios. Igualmente, se realiza la creación de programas para la obtención concreta de los resultados deseados y el objetivo de la encuesta es realizar datos cuantitativos para establecer un sistema de información.

Con base en los datos cuantitativos que se extraerán de la encuesta se da el siguiente paso que es calcular la huella de carbono teniendo en cuenta las variables que afectan dicho cálculo.

Para las encuestas se utilizaron varios medios dependiendo de la subpoblación a encuestar, en primera instancia se pidió el favor presencial a cada una de las secretarías del cada una de las carreras de enviar formalmente una encuesta a cada uno de los estudiantes, por este medio se obtuvo la respuesta de 315 estudiantes teniendo en cuenta todas las carreras y así cumpliendo con el Tamaño de muestra sugerido por la ecuación el cual es 290, obteniendo un porcentaje de respuesta del 6,3% de la población total.

Para los docentes y colaboradores se utilizó el mismo medio que los estudiantes, pero solo se obtuvieron 55 respuestas en total, y para estas subpoblaciones el Tamaño de muestra sugerido por la ecuación son 162 colaboradores y 180 docentes, teniendo una respuesta de estas dos poblaciones de aproximadamente 15% es por esto que para estas dos poblaciones se utilizó el método presencial, se asistió a todas y cada una de las facultades, además a departamentos de colaboradores de la universidad, como contabilidad, mejoramiento continuo, servicios generales, multimedia, bienestar universitario en el cual se tenían en cuenta docentes de todos los deportes, actividades artísticas y culturales, compras y suministros, salud ocupacional y medio ambiente. Consecuente a estas visitas se obtuvo un total de 164 colaboradores y 191 docentes encuestados cumpliendo con el tamaño de muestra sugerido.

Para el desarrollo del objetivo 3 está el factor operacional el cual está ramificado en tres partes que son, inversión, compra y adecuación, la inversión va de la mano con el factor financiero ya que este está reflejado en el mantenimiento de estas zonas como jardinería y pavimento, compras y adecuación, estos trabajan en conjunto debido a sus operaciones y estas son compra de implementos como pintura para demarcar, lazos para dividir además de luces reflectoras, y adecuación de personal capacitado capaz de cumplir funciones básicas, como velar por la seguridad de las personas y vehículos, registro de vehículos y ejercer un control en la zona.

Por último con la información de los costos de inversión se presenta una gráfica con las variables costo tiempo para analizar el cambio de dicha inversión con base al tiempo y crecimiento de la comunidad universitaria.

5 TÍTULO V. Resultados

5.1 Objetivo 1: Identificar todas las posibilidades de movilización de personas y bienes por actividades principales y secundarias de la comunidad ICESI.

Inicialmente se identificaron las personas y los modos de transporte que se tienen en cuenta para el estudio (ver tabla 4).

Personas determinadas para el estudio	Modos de transporte tenidos en cuenta
Estudiante de pregrado	Carro particular
Docente tiempo completo	Carro compartido
Docente hora-cátedra	Moto
Colaborador administrativo	MIO
Colaborador Operativo	Buseta
Proveedor insumos cafeterías	Bicicleta
	A pie
	Avión

Tabla 2 Factores a tener en cuenta

Fuente (Autores)

Luego se identificaron tres situaciones para realizar el cálculo de la huella de carbono, los cuales son la movilidad de los docentes en vuelos nacionales e internacionales en el periodo 2015, la movilidad de los proveedores a las cafeterías de la universidad Icesi, y por último la movilidad de los estudiantes, docentes y colaboradores para llegar y salir de la universidad, y las herramientas utilizadas para obtener la información fueron:

- Encuesta: La cual se aplicó a estudiantes, profesores y colaboradores, preguntando las diversas formas de movilidad con frecuencia de uso para entrada y salida de la universidad durante el periodo 15-2
- Formulario: Se utilizó para proveedores de insumos de todas las cafeterías y se tomó en cuenta las diversas formas de movilidad con frecuencia de uso para entrada y salida de la universidad durante el periodo 15-2.
- Información recolectada: La información fue suministrada por el departamento de compras y suministros de la universidad, acerca de los vuelos de los profesores a diferentes ciudades de Colombia y el mundo en el periodo 2015.

5.2 Objetivo 2: Estimar la huella de carbono a partir de la estimación de recorridos realizados y generados por la comunidad de la Universidad ICESI.

Se obtuvo el cálculo de las tres situaciones establecidas en el objetivo 1, aplicando un comparativo y determinando cuales son los factores más contaminantes e identificando posibles alternativas para disminuir estas emisiones.

5.2.1 Viajes Aéreos

Para calcular las emisiones de CO₂ de los vuelos aéreos por los docentes, se aplican dos factores, principalmente la tasa de equivalencia expresada en kg de CO₂ por kilómetro recorrido, obtenida en el estudio previo de la universidad de Michigan, y el siguiente factor fueron las distancias recorridas entre el punto de origen y destino de todos los vuelos, con la ayuda de la herramienta de cálculo de google(Google, n.d.).

En la herramienta de Excel se obtienen las distancias recorridas de todos los viajes tanto nacionales como internacionales por medio de condicionales de búsqueda, y luego de este procedimiento se multiplican los dos factores y se obtiene las emisiones en kg de CO₂ por pasajero en el viaje.

*Emisiones en KG de CO₂ por vuelo por persona = distancia * tasa de equivalencia*

El resultado obtenido en la situación de los vuelos nacionales e internacionales de los docentes fue la información recibida por el departamento de compras y suministros, la cual es un total de 870 vuelos en el año 2015 con origen y destino de los docentes, estos vuelos se dividen en 702 nacionales y 168 internacionales, entonces el procedimiento es estimar la distancia recorrida en esos vuelos y aplicar una tasa de

equivalencia obtenida en uno de los estudios previos (universidad Michigan) para calcular las emisiones de CO₂.

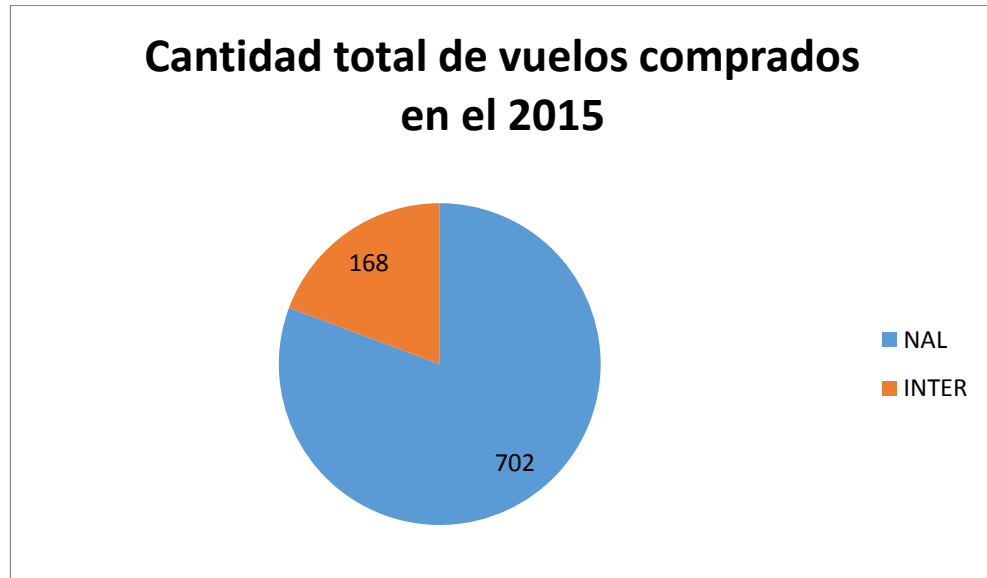


Ilustración 13 Cantidad de Vuelos

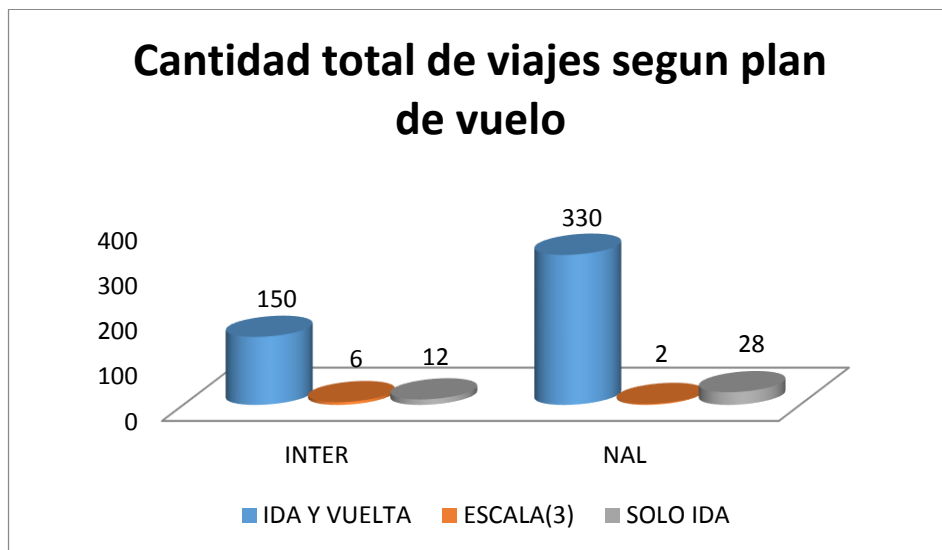


Ilustración 14 Cantidad total de viajes según plan de vuelo

Luego de identificar la cantidad total de vuelos comprados tanto nacionales como internacionales, se especifica la cantidad total de viajes realizados dependiendo el tipo

de vuelo, esto es relevante debido a que da como resultado que se realizan 330 viajes internacionales, y 1378 viajes nacionales teniendo el total de 1708 viajes que se les calculó las emisiones de CO₂ por persona.

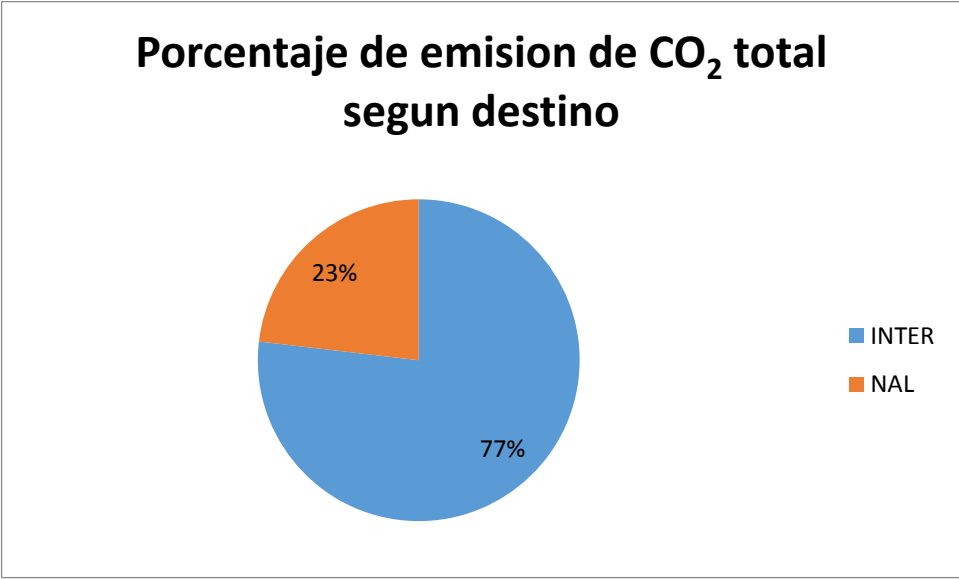


Ilustración 15 Porcentaje de emisión total por tipo de vuelo

A pesar de que los vuelos nacionales ocupan un 81% de la cantidad total de viajes, estos generan solo el 23% del total de kg de dióxido de carbono, y los vuelos internacionales generan el 77% restante.

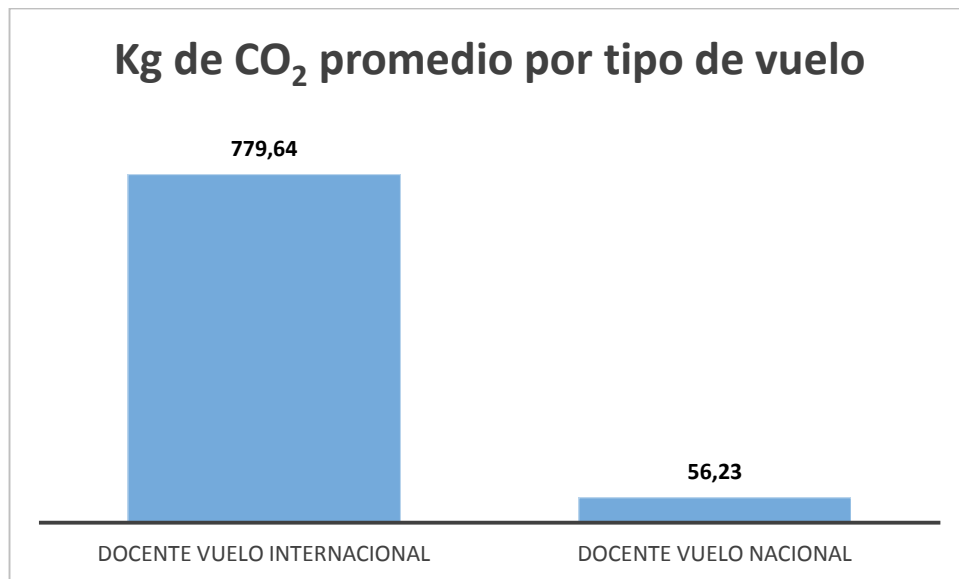


Ilustración 16 Kg de CO₂ promedio por tipo de vuelo

Las emisiones generadas por un vuelo nacional en promedio por persona son aproximadamente 14 veces menos que las emisiones generadas por un vuelo internacional en promedio por persona, como se evidencia en la ilustración 17 un docente en un vuelo nacional emite 56,23 kg de CO₂ y un docente en un vuelo internacional emite 779,64 kg de CO₂.

Como resultado final se estima que las emisiones mensuales por los vuelos aéreos tanto internacionales como nacionales en el periodo 2015 de los docentes equivalen a 27,897.33 Kg de CO₂.

5.2.2 Transporte Terrestre

Para calcular las emisiones de CO₂ de la comunidad Icesi generadas por la movilidad para llegar y salir de la universidad, se aplican 3 factores, principalmente la tasa de equivalencia expresada en kg de CO₂ por kilómetro recorrido, la cual varía dependiendo del modo de transporte empleado y sus especificaciones, obtenidos de los estudio previos detallados y explicados en el capítulo 3 de este documento, y los siguientes factores son las distancias recorridas entre punto de origen y universidad,

con la ayuda del estudio previo realizado en la universidad Icesi, y la frecuencia con la que asiste a la universidad por semana.

En la herramienta de Excel se obtienen las distancias recorridas de cada persona encuestada por medio de condicionales de búsqueda, según el barrio se identificaba la comuna y ahí se aplica una distancia promedio entre la universidad y la comuna especificada, la frecuencia de asistencia se evidencia en las respuestas de la encuesta, y luego de este procedimiento se multiplican los tres factores y se obtiene las emisiones en kg de CO₂ por persona a la semana.

Para completar el cálculo se tiene en cuenta que la distancia calculada es solo desde el punto de origen hasta la universidad, por ende para tener en cuenta el regreso esta distancia se multiplica por 2, y dado que el comportamiento de movilidad semanal de una persona no varía significativamente, el resultado semanal se multiplica por 4 para obtener un resultado mensual.

*Emisiones en KG de CO₂ mensual por persona = (distancia * 2) * frecuencia * tasa de equivalencia * numero de semanas*

Al aplicar la encuesta a la comunidad segmentada por docentes, colaboradores y estudiantes se estimó la huella de carbono a partir de los recorridos realizados y generados estos, según modos de transporte usados.

En la segunda situación que fue la encuesta se tuvo en cuenta variables como modo de transporte, ocupación del vehículo, barrio de origen (barrio en el que el encuestado vive) y frecuencia con la cual asiste al campus de la universidad, además de otros factores importantes como cilindraje del vehículo y tipo de combustible.

La ilustración 17 muestra que una tercera parte del total de la población se moviliza en carro particular, también que una cuarta parte de la población se moviliza en el sistema masivo de transporte de la ciudad, seguido del 13% por carro compartido y con un igual porcentaje buseta y por último aparecen la moto, bicicleta y caminando con un 8%, 4% y 2% respectivamente. Esto demuestra que la universidad aun cuenta con una gran parte a la movilización en carro particular y no han adoptado un modo de transporte alternativo que permita la disminución de la congestión vehicular en las cercanías a la universidad.

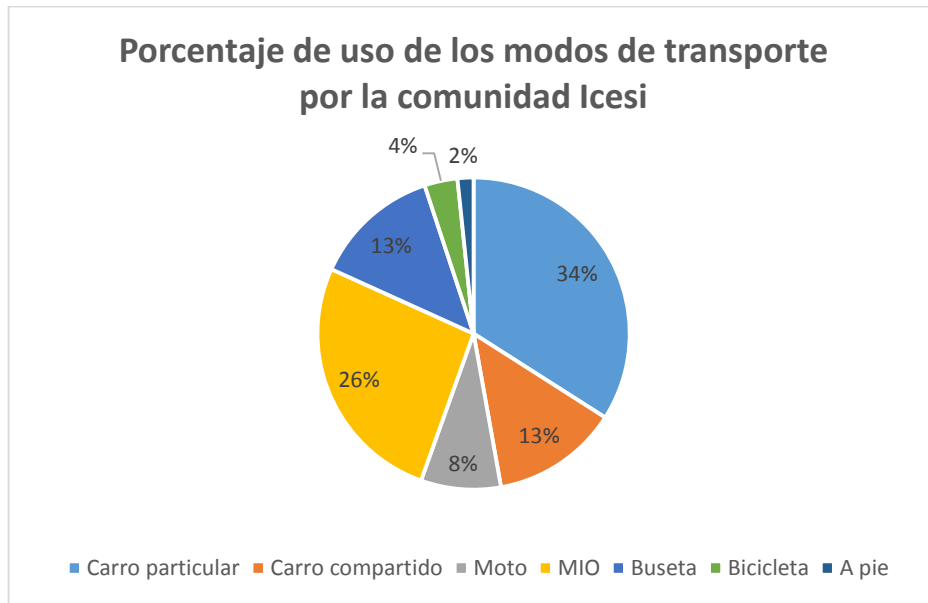


Ilustración 17 Modos de transporte

Luego de analizar el comportamiento de la comunidad Icesi para usar los diversos modos de transporte, se graficó el comportamiento de uso de los diversos modos de transporte por cada subpoblación de la comunidad Icesi, para identificar con mayor precisión el aporte de emisiones de CO₂ según el tipo de persona.

Porcentaje de uso de los modos de transporte por los estudiantes

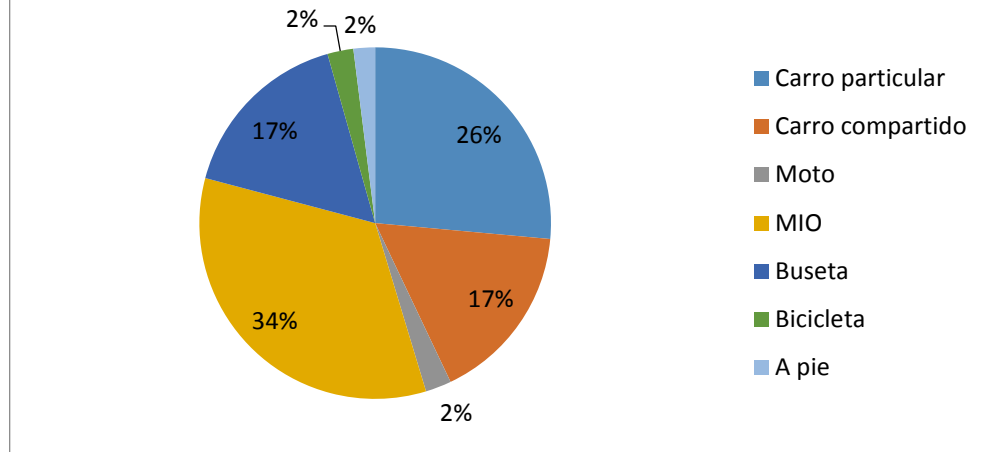


Ilustración 18 Modos de transporte estudiantes

En la ilustración 18 se evidencia el comportamiento de movilidad de los estudiantes, en el cual muestra que el transporte que más utilizan es el MIO con un 34%, siendo esto un dato positivo para esta subpoblación debido a que este modo de transporte es el que menos emisiones de CO₂ aporta. El segundo modo de transporte más usado por los estudiantes es el carro particular con un 26%, el carro compartido y la buseta tienen el mismo porcentaje de uso el cual es 17%, y por último los tres modos de transporte restantes que son la moto, bicicleta y a pie tienen cada uno un 2% de uso.

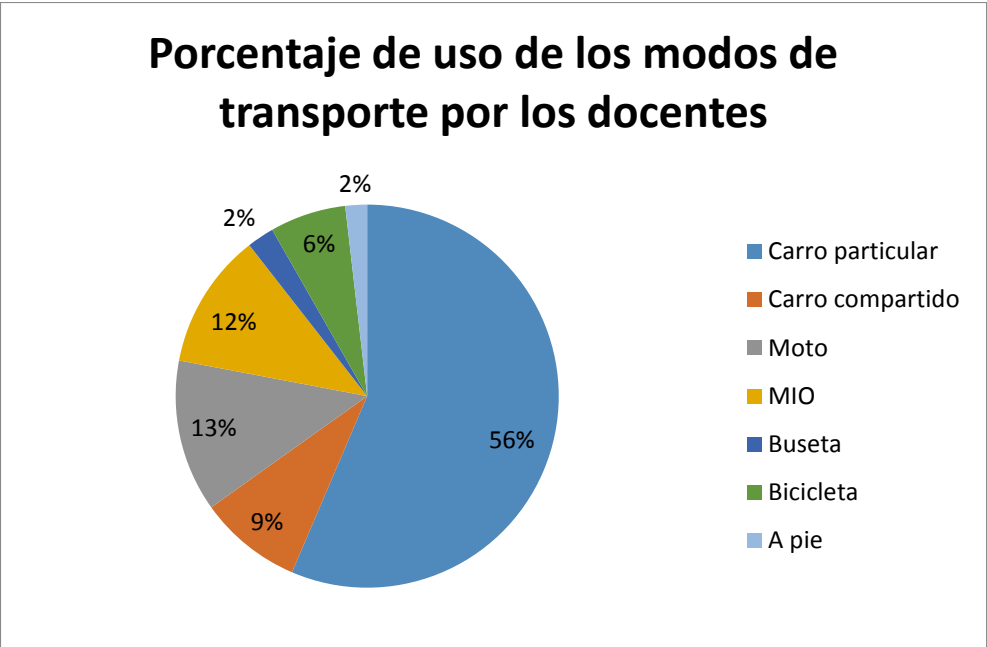


Ilustración 19 Modos de transporte docentes

En la ilustración 19 se evidencia el comportamiento de movilidad de los docentes, en el cual muestra que el transporte que más utilizan es el carro particular con un 56%, siendo esto un dato negativo para esta subpoblación debido a que este modo de transporte es el que más emisiones de CO₂ aporta. El segundo modo de transporte más usado por los docentes es la moto con un 13%, el MIO, el carro compartido y la bicicleta siguen con un 12%, 9 y 6% respectivamente, y por último los dos modos de transporte restantes que son la buseta y a pie tienen cada uno un 2% de uso.

Porcentaje de uso de los modos de transporte por los colaboradores

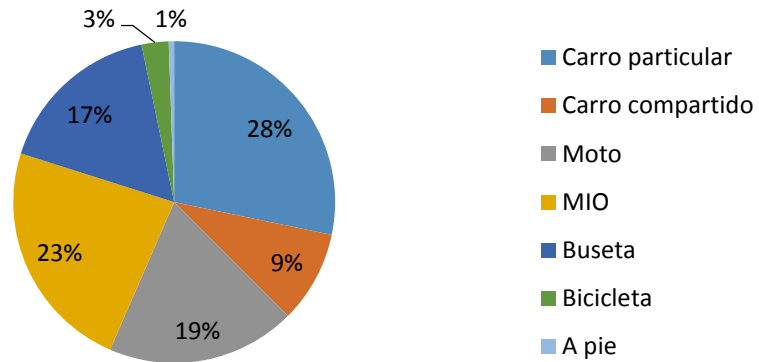


Ilustración 20 Modos de transporte colaboradores

En la ilustración 20 se evidencia el comportamiento de movilidad de los colaboradores, en el cual muestra que el transporte que más utilizan es el carro particular con un 28%, siendo esto un dato negativo para esta subpoblación debido a que este modo de transporte es el que más emisiones de CO₂ aporta, sin embargo el segundo modo de transporte más usado por los colaboradores es el MIO con un 23%. La moto y la buseta son los que siguen con un 19% y 17% respectivamente, y por último los tres modos de transporte restantes que son el carro compartido, bicicleta y a pie tienen un 9%, 3% y 1% respectivamente.

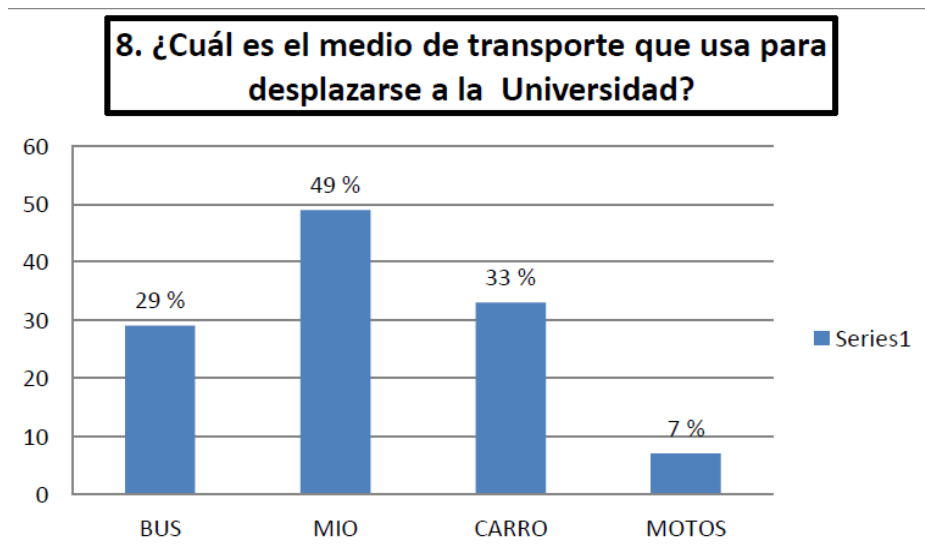


Ilustración 21 Tipos modos de transporte

Fuente (Catañeda Velez & Ramos Garzon, 2013)

Con base al estudio previo realizado en la universidad Icesi en el 2013 se puede comparar la variación de uso en los modos de transporte, el carro particular aumento de 33% a 34% viendo que no hay un cambio significativo en este modo de transporte. el MIO disminuyó de 49% a 26%, y teniendo en cuenta que 23% de las personas que usaban el MIO han migrado a otros modos de transporte generando así mayor contaminación , la moto aumentó del 7% a 8% lo cual no fue un cambio significativo, la buseta disminuyó de 29% a 13%, teniendo un menor impacto en el medio ambiente, y por último el estudio del 2013 no tuvo en cuenta el carro compartido el cual en el 2015 equivale al 13% siendo una de estas las alternativas para disminuir las emisiones de CO₂.

En la ilustración 22 se analiza la ocupación de los carros compartidos y se observó que una tercera parte de la población llega con el carro con ocupación total de 5 personas, y solo el 7% de la población llega sola, esto se ve reflejado en la ilustración de alternativas de movilidad explicado como una adaptación de diferentes soluciones de movilidad dadas por la misma comunidad Icesi surgida por la necesidad de movilizarse, esto se ve en la ilustración de nivel de ocupación ya que la mayoría de vehículos, es decir con una ocupación de 3, 4 o 5 personas es de 80%

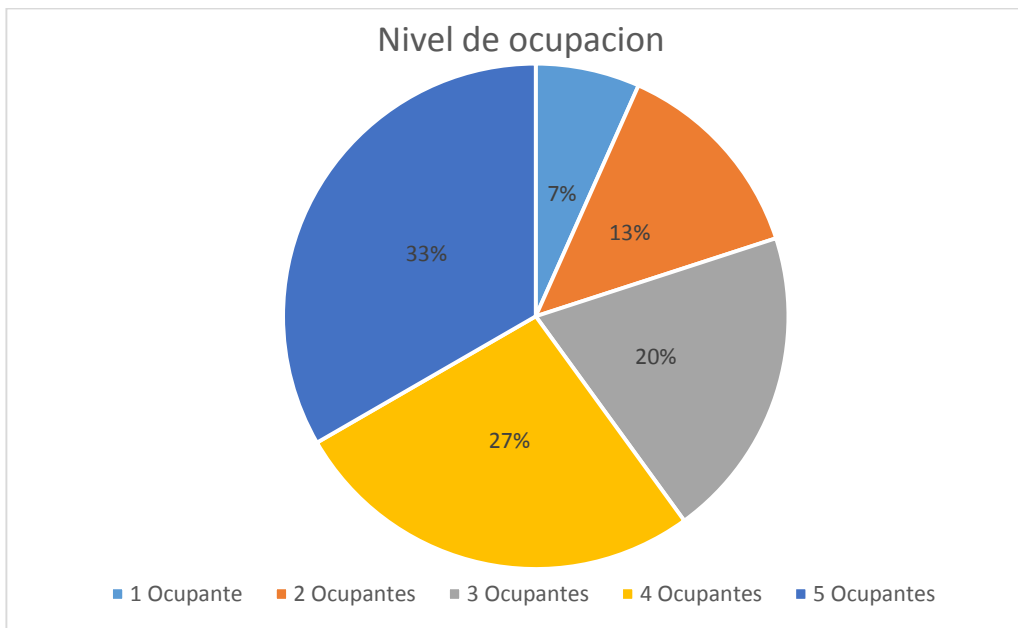


Ilustración 22 Nivel de ocupación

Las alternativas de movilidad surgen a partir de una necesidad latente presentada en el día a día de la comunidad respecto a la movilización de estos a la universidad y se ven distribuidos en la ilustración 23 de la siguiente manera.

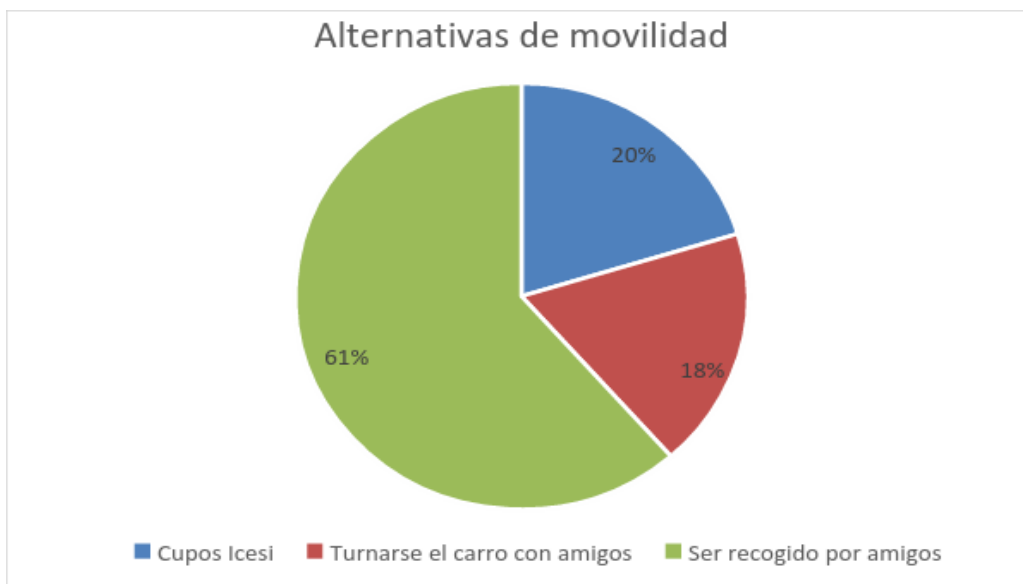


Ilustración 23 Alternativas de movilidad

Esto refleja que la implementación de una plataforma por redes sociales, como se ve en “cupos Icesi”, ayuda a la movilización de personas hacia y desde la universidad y cada vez con más aceptación y adaptación de la población, por otro lado se ve que el 18% de las personas llegan a un acuerdo de turnarse el carro y así evitar el uso innecesario de más vehículos. Por último se observa que el 62% de la población se moviliza con amigo(a) que vive cerca a sus hogares y evitan el uso de transporte urbano.

Intervalos de confianza Kg de CO₂ mensual por modo de transporte

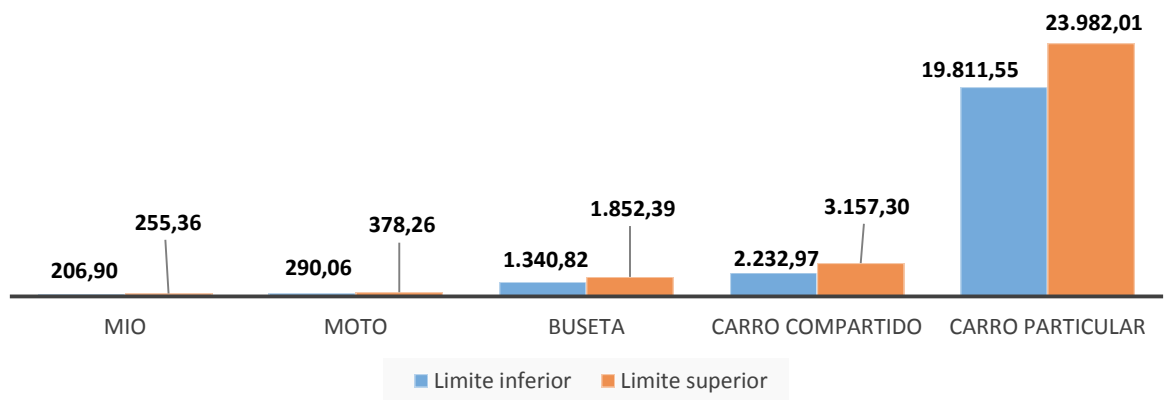


Ilustración 24 Intervalo de confianza emisiones al mes

En la ilustración 24 se identifican los intervalos donde se estiman las emisiones de kg de CO₂ mensuales de cada modo de transporte con un 95% de confianza, en el cual se evidencia que el intervalo más significativo frente a los demás es el del carro particular, siendo este el más contaminante, las emisiones mensuales del carro particular van a ser aproximadamente 95 veces más que las del MIO, 66 veces más que las de las motos, 14 veces más que las de la buseta y 8 veces más que las del carro compartido.

Intervalos de confianza Kg de CO₂ mensual por subpoblacion

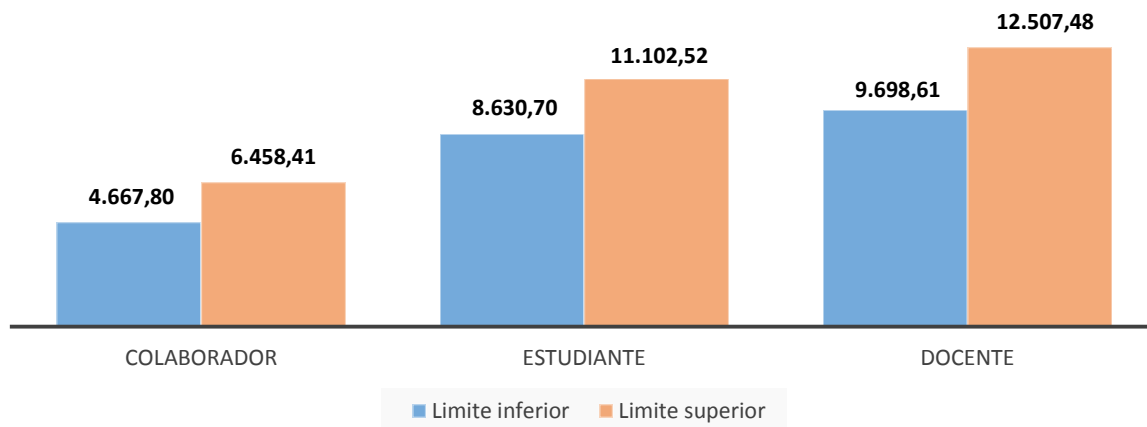


Ilustración 25 Emisiones por tipo de persona

En la ilustración 25 se identifican los intervalos donde se estiman las emisiones de kg de CO₂ mensuales de cada subpoblación o estrato con un 95% de confianza, en el cual se evidencia que el intervalo más elevado frente a los demás es el de la subpoblación de los docentes, esto es debido a que el carro particular es el modo de transporte más contaminante, y los docente utilizan este modo de transporte en un 56% visto previamente en la ilustración 20.

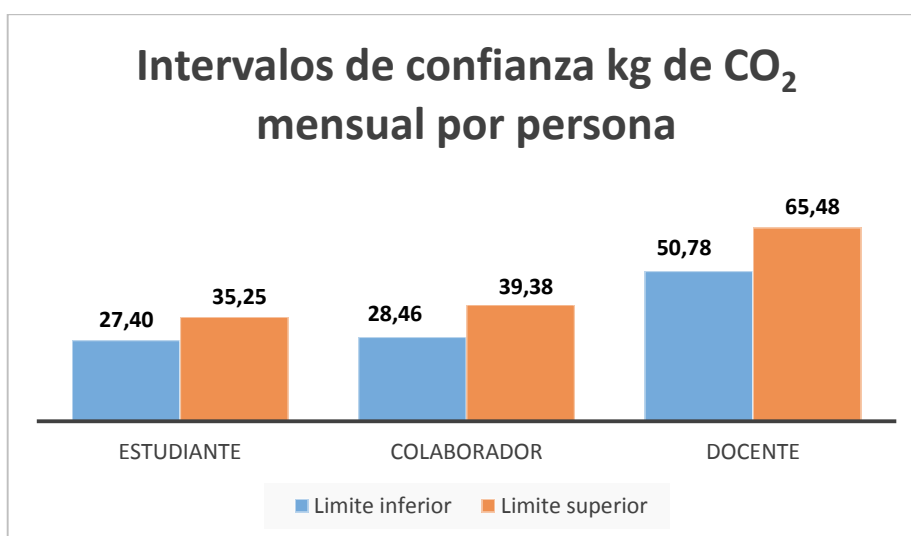


Ilustración 26 Intervalos de confianza de Kg de CO₂ mensual por persona

En la ilustración 26 se identifican los intervalos donde se estiman las emisiones de kg de CO₂ mensuales por persona con un 95% de confianza, en el cual se evidencia que el intervalo más elevado frente a los demás es el de los docentes, debido a lo explicado previamente con la ilustración 26, sin embargo es importante que el intervalo más bajo sea el de los estudiantes, ya que los estudiantes son el 86% de la población total.

Intervalo de confianza Kg de CO₂ mensual por la comunidad icesi

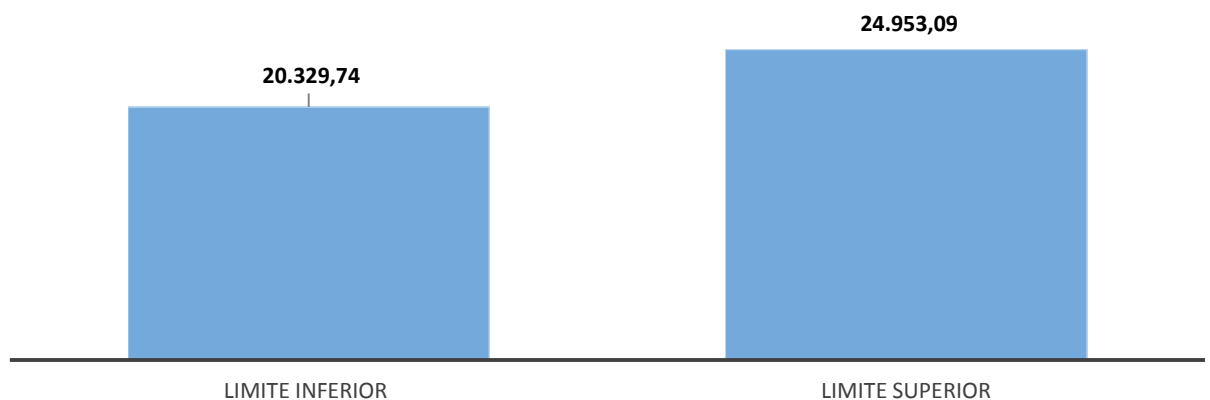


Ilustración 27 Intervalo de confianza global

La ilustración 27 identifica el intervalo donde se estima las emisiones de kg de CO₂ mensuales por la comunidad Icesi con un 95% de confianza, este es el resultado final obtenido en esta segunda situación.

Luego de obtener este resultado global, se estimó las emisiones mensuales de la comunidad per cápita para poder comparar el resultado con otros estudios previos, a continuación en las ilustraciones 28 y 29 se evidencian los resultados per cápita.

En la universidad de valencia solo el 25% de la población utiliza el carro particular, y este genera en 58% de las emisiones totales. En la universidad de Santiago las emisiones generadas por la movilidad equivalen al 18% de la huella ecológica, y esto es en gran medida por el automóvil. En la universidad de león a pesar de que el 56% de la población utiliza modos de transporte que no generan emisiones, solo el 28% de la población que utiliza carro particular genera el 19% de las emisiones totales.

Estos estudios previos también evidencian que el modo de transporte más contaminante y el que requiere de intervención es el carro particular, debido a su alta contaminación y gran participación de uso.

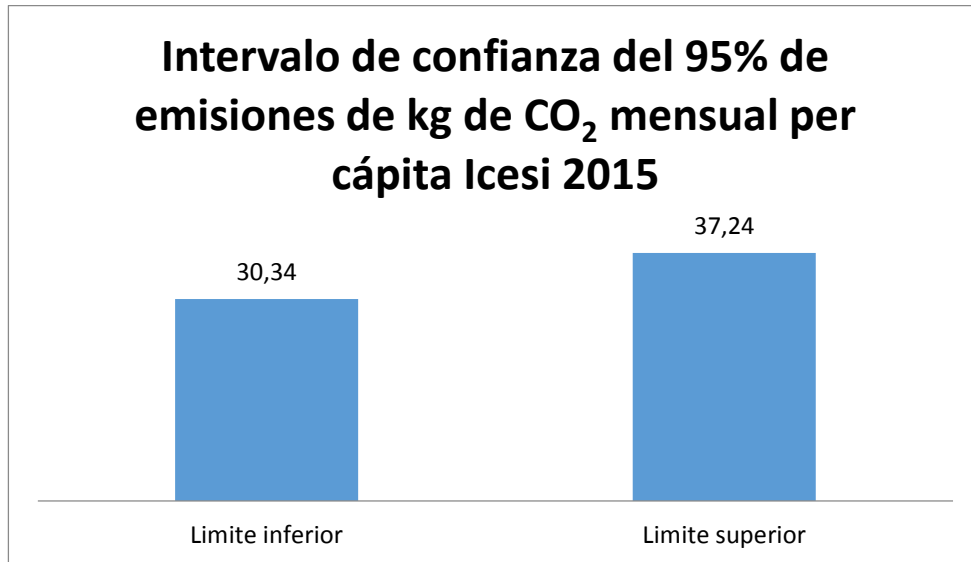


Ilustración 28 Emisiones de kg de CO₂ mensual per cápita Icesi 2015

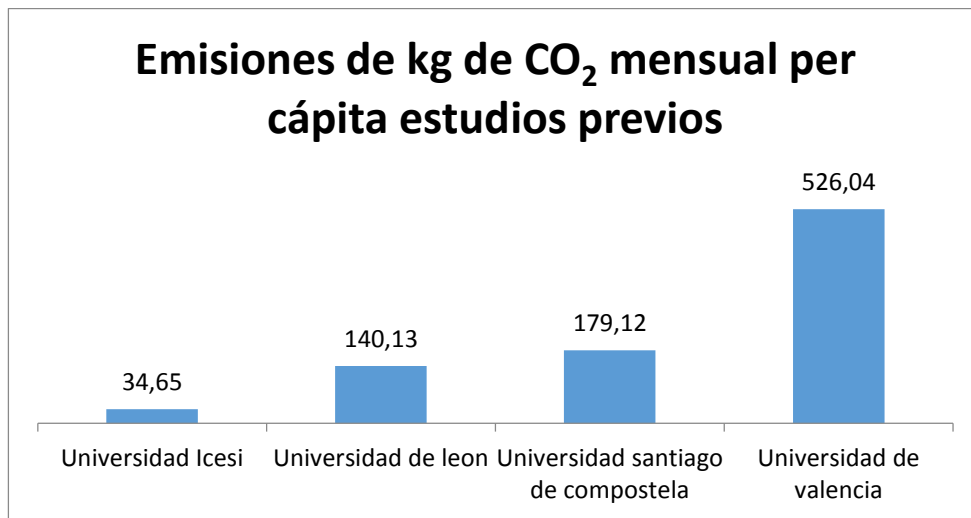


Ilustración 29 Emisiones de kg de CO₂ mensual per cápita estudios previos

Las emisiones per cápita de la universidad Icesi son significativamente menores frente a las tres universidades de España, y frente al estudio previo en la universidad Icesi en el 2013, se identifica que el valor se encuentra dentro del intervalo obtenido en el 2015, lo cual da como resultado que el comportamiento de la comunidad en dos años ha sido similar y que no se han empleado alternativas de movilidad para disminuir las emisiones de CO₂.

Para calcular las emisiones de CO₂ de los proveedores de las cafeterías de la universidad, generadas por la movilidad para llegar a la universidad, se aplican 3 factores, principalmente la tasa de equivalencia expresada en kg de CO₂ por kilómetro recorrido, la cual varía dependiendo del modo de transporte empleado y sus especificaciones, obtenidos de los estudio previos detallados y explicados en el capítulo 3 de este documento, y los siguientes factores son las distancias recorridas entre punto de origen y universidad, con la ayuda del estudio previo realizado en la universidad Icesi, y la frecuencia con la que asiste a la universidad por semana.

En la herramienta de Excel se obtienen las distancias recorridas de cada proveedor que lleno el formulario por medio de condicionales de búsqueda, según el barrio se identificaba la comuna y ahí se aplica una distancia promedio entre la universidad y la comuna especificada, la frecuencia de asistencia se evidencia en el formulario, y luego de este procedimiento se multiplican los tres factores y se obtiene las emisiones en kg de CO₂ por proveedor a la semana.

Para completar el cálculo se tiene en cuenta que dado que el comportamiento de movilidad semanal del proveedor no varía significativamente, por ende el resultado semanal se multiplica por 4 para obtener un resultado mensual. En este caso la distancia no se multiplica por 2 como en el cálculo de la movilidad de la comunidad Icesi, debido a que los proveedores aplican un sistema de recorridos para entregas, y no necesariamente la universidad le está generando el desplazamiento de retorno, en cambio para la comunidad si.

*Emisiones en KG de CO₂ mensual por persona = distancia * frecuencia * tasa de equivalencia * numero de semanas*

Con respecto la tercera situación que consta de la movilidad de los proveedores que suplen de insumos las cafeterías de la universidad, se obtuvo como resultado 461,52 kg de CO₂ al mes y en la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de los proveedores para usar los modos de transporte:

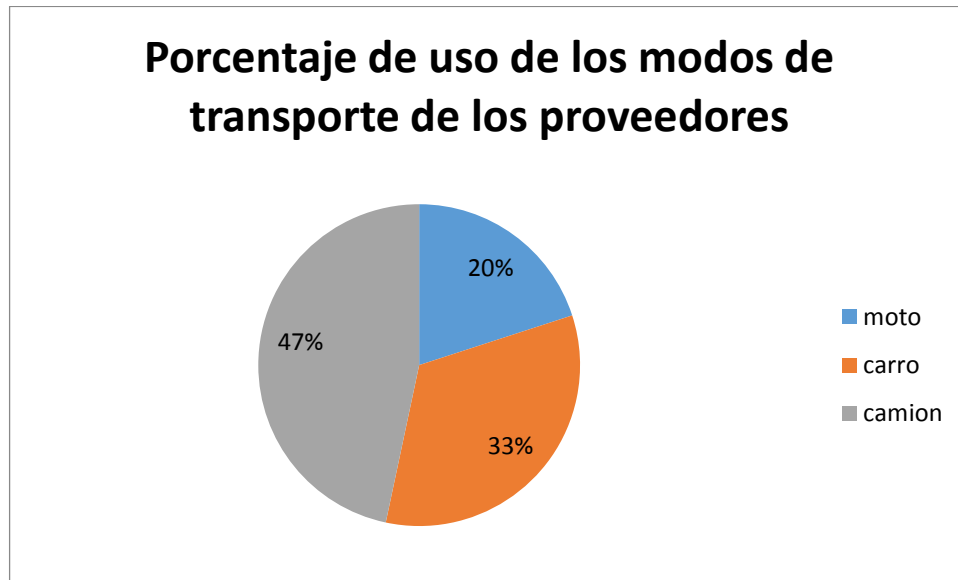


Ilustración 30 Porcentaje uso modos de transporte de los proveedores

Los proveedores usan como modo de transporte el más contaminante con un 47%, mientras que el modo de transporte menos contaminante tan solo lo usan un 20%. Solo se obtuvo la movilidad de 15 proveedores los cuales no se tiene con certeza si solo distribuye a una cafetería o a varias.

Esta tercera situación no se tuvo en cuenta para el análisis general en el cual se comparan las tres situaciones, debido a que las cafeterías no aportaron la información suficiente para principalmente tener la cantidad total de proveedores y luego poder estimar una muestra representativa, sin embargo esta situación es relevante para profundizar en el cálculo de la huella de carbono.

5.3 Objetivo 3: Cuantificar la inversión financiera que ha realizado la universidad ICESI en la infraestructura de parqueo y su impacto ambiental

Para poder cuantificar el impacto financiero y ambiental de la infraestructura de servicio de parqueo dentro de la universidad Icesi, se han identificado dos factores principales vistos de esta manera, primero está el factor financiero, que es el total de dinero que se ha invertido en infraestructura en los últimos años para construir y adecuar zonas de parqueo en la universidad para toda la comunidad, el segundo factor que se analizó fue el impacto ambiental que la construcción de estos parqueaderos

genera, viéndose reflejado en el total de área de zonas verdes que se eliminaron para construir esta área.

Como resultado de la investigación se obtuvo que en promedio contar con zonas verdes afecta directamente al microclima teniendo en cuenta factores como temperatura, humedad relativa y radiación, estos son cuantificados de acuerdo a sus unidades, la temperatura de una zona con más árboles en promedio es 1.5°C menor que a una en el cual su densidad de árboles es menor. En el mismo escenario la humedad relativa es 2% mayor debido a que los árboles acumulan agua en sus raíces, creando un ambiente más fresco y por último la radiación de rayos ultravioletas es menor debido a la frondosidad de sus ramas que permiten atrapar esos rayos de luz.

Es evidente que la vegetación mejora el clima urbano, para esto la planificación de zonas verdes, con busca es satisfacer necesidades de carencia de estas zonas, favorece positivamente a factores higiénicos y ambientales, a un mejor equilibrio entre suelo clima y vegetación.

Para muchos autores la calidad de vida de una zona urbana depende en gran parte de la calidad y mantenimiento de las zonas verdes y además es un eslabón fundamental en la regulación del microclima en la Universidad Icesi ya que los arboles ayudan a mejorar la calidad del aire, limpiándolo de CO₂, CO y SO₂ (GEI), se estima que en promedio un adulto consume entre 500 y 600 gramos de oxígeno al día y un árbol frondoso por el proceso de fotosíntesis el cual absorbe CO₂ y es fijado en sus raíces tronco y hojas en forma de carbono y además captan CO₂ durante su respiración, que convierten en oxígeno es liberado a la atmosfera y es debido a esto que puede producir esta misma cantidad en aproximadamente 20 minutos, esto en cuanto a la producción de oxígeno, en cuanto a la absorción de CO₂ se estima que 10 árboles plantados se absorberían el CO₂ producido por 6 personas al día o un solo árbol absorbería en promedio el total de CO₂ generado por un carro en un día teniendo en cuenta que un carro promedio genera 150 g de CO₂ por km recorrido, cabe resaltar que el CO₂ absorbido no es equivalente al oxígeno que libera ya que en el proceso de fotosíntesis también se libera H₂O y energía (ATP). Por esto que conservar las zonas verdes en la universidad es tan importante, manteniendo aun así el equilibrio entre estas zonas y las de parqueo.

Convergiendo todos estos conceptos y datos explicados anteriormente se tiene que en los últimos 5 años la universidad ha talado un total de 31 árboles en diferentes áreas, representado aproximadamente 8,37 toneladas de CO₂ al año que se han dejado de absorber por estos árboles, y por otro lado esta lo que actualmente se está capturando por la biomasa sembrada en el campus representada en 1215 individuos arbóreos que aproximadamente capturan 319,7 toneladas de CO₂ al año.

En contraste, de acuerdo con la inversión financiera y la construcción de zonas de parqueo, en la universidad Icesi se han aumentado desde el 2011 hasta el 2015 un total de 247 puntos o espacios de parqueo para carros, reflejados en inversión financiera en materiales directos como asfalto, piedrilla, cemento, pintura, etc., también, mano de obra y costos indirectos de fabricación. Dichas inversiones han aumentado y están correlacionadas con el aumento de estudiantes y nuevas edificaciones en la universidad. Es por esto que la necesidad de eliminar zonas verdes y en estas construir parqueaderos se ha vuelto más que una necesidad una obligación ya que la demanda supera a la oferta, obligando a la universidad a llegar a un punto de equilibrio entre estos.

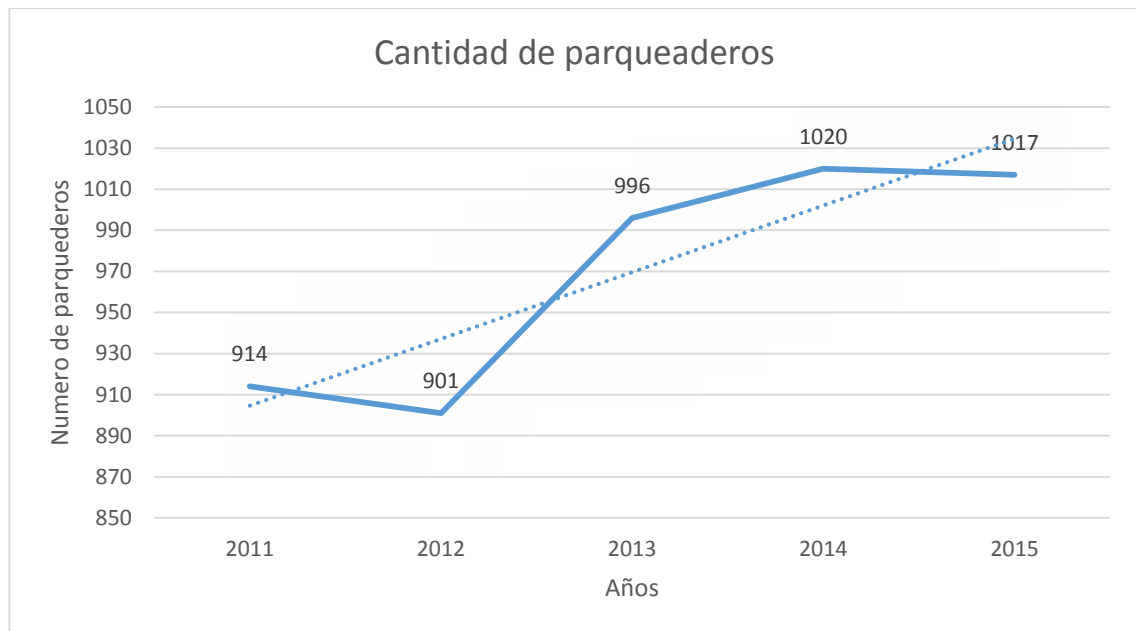


Ilustración 31 Cantidad de parqueaderos

Teniendo en cuenta el aumento de estas zonas de parqueo en la universidad Icesi se eliminaron varias zonas verdes de aproximadamente a lo largo de los años, en el año

2013 una zona de 900m² en la cuales había 8 árboles y arbustos que ayudaban a la mitigación de dióxido de carbono y ayudaban con el microclima de la universidad. En el año 2014 y 2015 se construyeron dos zonas que son denominadas como zona 8 y zona nueve, teniendo un área de 1435 m² y 1540 m² respectivamente, las cuales tienen capacidad para un total de 231 espacios de parqueo, en contraste con esto un costo promedio de construcción por parqueadero es de aproximadamente \$1.800.000 pesos. A lo largo de los últimos 5 años la universidad aumentó su zona de parqueo en total de 3875 m² entre construcción, destrucción y modificación de este servicio, con respecto a la tala de árboles en el total del área hubo un total de 13 árboles afectados, además de arbustos y plantaciones menores, como césped y flores.

De acuerdo con lo anterior se generó una inversión en estas adecuaciones y se ven reflejadas en la ilustración 32.

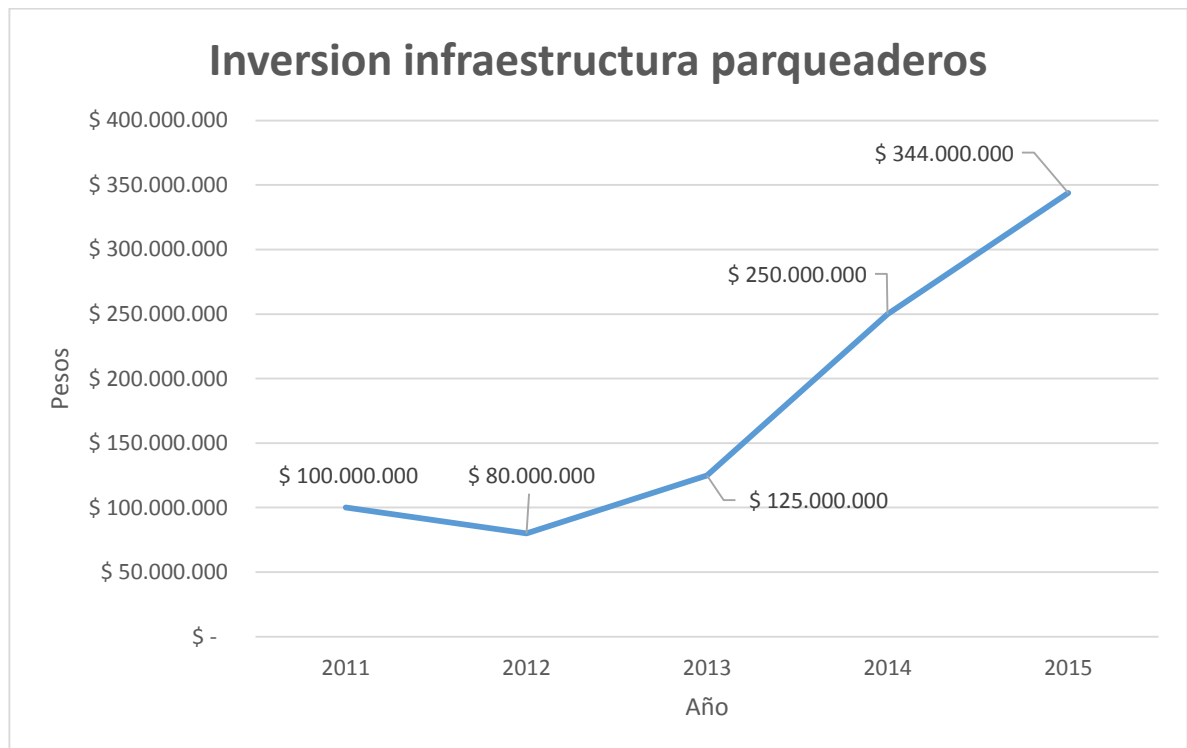


Ilustración 32 Inversión infraestructura parqueaderos

Esta grafica nos muestra como la inversión aumentó en los últimos años, que esta fue, donde más parqueaderos se construyeron y la universidad más se expandió en cuanto

a área y cantidad de estudiantes en paralelo con otras construcciones de la universidad como nuevos edificios y el coliseo deportivo, además con la expansión de estas van amarrados a costos indirectos como, iluminación, mantenimiento y vigilancia que impactan positivamente estas cifras.

5.4 Conclusiones

- Se obtuvo un intervalo con un nivel de confianza de 95% que las emisiones de kg de CO₂ mensual de la comunidad Icesi oscilan entre 20,330 Kg y 24.953Kg. Y para poder mitigar las emisiones de kg CO₂ generadas al año por la comunidad Icesi, se estima que se deben sembrar entre 518 y 635 árboles modelo especie Samán Samanea.
- Se estimó que en promedio las emisiones de kg de CO₂ mensual por los vuelos aéreos tanto nacionales como internacionales de los docentes son 27,897.33 Kg. Y para poder mitigar las emisiones de kg CO₂ generadas al año por los vuelos aéreos de los docentes, se estima que se deben sembrar 947 árboles modelo especie Samán Samanea.
- El modo de transporte que más emisiones de CO₂ genera es el carro particular, siendo el modo de transporte de mayor uso por la comunidad Icesi en un 34%, por otro lado, solo el 5% de la comunidad opta por el uso de modos de transporte no contaminantes (bicicleta o caminar).
- El carro particular representa el 82% de las emisiones generadas por la comunidad Icesi al mes, como se evidencia en otros estudios previos este modo de transporte siempre es el que más aporta así el porcentaje de uso no sea muy alto frente a los demás.
- Aunque los docentes tienen una población 10 veces menor a la de los estudiantes, presentan unos intervalos de emisión mayores, esto es debido a que los estudiantes usan más el transporte urbano que carro particular, mientras que los docentes usan el carro particular en un 56%. Teniendo como principal objetivo incentivar a los docentes a buscar alternativas de transporte para disminuir el uso de carro particular.
- Solo el 18% de la comunidad Icesi se turna el carro particular, y el 61% es recogido por amigos, al aumentar el porcentaje de turnarse el carro ayudaría a disminuir la contaminación por este modo de transporte.
- Para disminuir las emisiones generadas por los vuelos de los docentes pueden ser por acciones externas e internas; En las externas es emplear combustibles alternos, optimizar el uso de los recursos y mejorar las rutas de vuelo. En las internas es evaluar que vuelos son estrictamente necesarios y cuales pueden omitirse para disminuir el uso de este modo de transporte.

5.5 Recomendaciones

Este proyecto no abarca todos los posibles factores de movilidad que permitan un estudio más amplio y detallado para el cálculo de las emisiones de CO₂, los cuales fueron:

- Las actividades que generan movilidad de los estudiantes tanto deportivas como académicas.
- La movilidad de proveedores de insumos a departamentos administrativos y mantenimiento de la universidad.
- Los vuelos aéreos de estudiantes.

Es importante mantener un equilibrio entre las zonas verdes y el espacio destinado para parqueo debido a que erradicar estas zonas afecta el microclima. Otros aspectos a tener en cuenta fueron los siguientes:

- Las cafeterías deberían manejar la información del establecimiento digital, para mayor facilidad de control de información y apoyo a futuros proyectos.
- Se recomienda que, por cada árbol cortado o derribado, la universidad tome consciencia del impacto ambiental que esto puede generar y que tome como acción sembrar la misma cantidad de árboles erradicados.

Otro factor que no se tomó en cuenta con respecto a otros viajes aéreos fueron las misiones nacionales e internacionales y visitas a empresas independientemente de su modo de transporte, la razón es porque la universidad cuenta con 19 programas, las cuales están organizadas en cinco facultades distintas, y esta información es de difícil recolectar en corto plazo, ya que estas están patrocinadas por las distintas facultades.

Se recomienda además de la propuesta de cobro de parqueo, crear un programa que genere conciencia en cada miembro de la universidad, y así aumentar el promedio de ocupantes por vehículos, en consecuencia a esto habrá una disminución en la utilización de vehículos particulares, disminuyendo directamente las emisiones de CO₂ de la universidad.

Por último generar un estudio detallado para identificar cuando un vuelo de un docente no es indispensable para evitarlo y disminuir el uso del avión que aporta grandes cantidades de CO₂ al medio ambiente.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo, P., Alvarez, J. M., Falagan, J., Martinez, C., Ansola, G., & Calabuig, E. de Luis. (2009). Ecological footprint of the campus de Vegazana, León. *Seguridad Y Medio Ambiente*, 113, 20.
- Bill, B., & Lai, J. (2006). Ecological Footprint Analysis and review. *Analysis*, 1–14.
- Catañeda Velez, V., & Ramos Garzon, P. A. (2013). *Estimacion de la huella de carbono de los automoviles de estudiantes, docentes y colaboradores de la universidad Icesi*.
- Center for Sustainable Systems. (2014). Carbon Footprint, 2. Retrieved from http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS09-05.pdf
- Conway, T. M., Dalton, C., Loo, J., & Benakoun, L. (2006). Developing ecological footprint scenarios on university campuses: A case study of the University of Toronto at Mississauga. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(1), 4–20. <http://doi.org/10.1108/14676370810842157>
- Ecologistas en accion. (2009a). Emisiones de CO2 de los vehículos convencionales e híbridos. Retrieved from <http://www.ecologistasenaccion.org/article16233.html>
- Ecologistas en accion. (2009b). Emisiones GEI de diferentes medios de transporte.
- elpais.com.co. (2013, March 7). Motos y carros causan 80% de emisiones de dióxido de carbono en Cali, dice nuevo estudio. *El Pais*, p. 1. Cali. Retrieved from <http://www.elpais.com.co/elpais/cali/noticias/motos-y-carros-causantes-80-emisiones-dioxido-carbono-cali>
- Estevez, R. (2013). Las 10 definiciones ecointeligentes que debes conocer. Retrieved from <http://www.ecointeligencia.com/2013/02/10-definiciones-sostenibilidad/>
- Finlay, J., & Massey, J. (2012). Eco-campus: applying the ecocity model to develop green university and college campuses. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(2), 150–165. <http://doi.org/10.1108/14676371211211836>
- Flint, K. (2008). International Journal of Sustainability in Higher Education Article information :

- Giraldo, W., & Toro, M. (2008). *Estimación de la emisión de contaminantes por motocicletas en el valle de aburra*. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v75n156/a24v75n156.pdf>
- Google. (n.d.). Duracion de vuelo calculator. Retrieved from <http://vuelo-duracion.com/>
- Gutiérrez, H., & Salazar, R. (2009). *Control estadístico de la calidad y seis sigmas*.
- Janis, J. (The O. S. U. (2007). Quantifying the Ecological Footprint of the Ohio State University. Retrieved from <https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/28365/Janis?sequence=1>
- Lagua, J. R. (n.d.). Cambio climatico. Retrieved from http://almez.pntic.mec.es/jrol0003/cambio_climatico.htm
- López Álvarez, N. (2007). Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades. *Congreso Nacional Del Medio Ambiente*, 1–24.
- Noy, S. (1996). Una estimació dels costos reals de l'automòbil. *Revista Medio Ambiente*, 15(Universidad de catalunya).
- PROcarbono. (n.d.). Huella de carbono. Retrieved from http://www.uach.cl/procarbono/huella_de_carbono.html
- Van Audenhove, F.-J., Dauby, L., Korniiichuk, O., & Pourbaix, J. (2014). The Future of Urban Mobility 2.0, (January), 1–72.
- Venetoulis, J. (2001). Assessing the ecological impact of a university: The ecological footprint for the University of Redlands. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2(2), 180–197. <http://doi.org/10.1108/14676370110388381>

4. ¿Que modo de transporte utiliza para llegar y salir de la universidad? *

- Dos o mas de la lista
- Carro particular
- Carro compartido (pasajero)
- Moto
- MIO
- Buseta
- Bicicleta
- A pie

5. ¿Con qué frecuencia a la semana asiste a la universidad? *

Numero de dias

0 1 2 3 4 5 6

6. ¿Cuál es su barrio o municipio de origen hasta la universidad? *

Si en la lista no encuentra su barrio elija el mas cercano al suyo

SI SU MODO DE TRANSPORTE SON DOS O MAS

Solo responda las preguntas relacionadas con los modos de transporte que utiliza

15. Seleccione cuáles son los modos que utiliza *

Mas adelante responda con base a los medios que usa

- Carro particular
- Carro compartido (pasajero)
- Moto
- MIO
- Buseta
- Bicicleta
- A pie

16. ¿Con qué frecuencia utiliza los modos seleccionados previamente a la semana?

	0	1	2	3	4	5	6
Carro particular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carro compartido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Moto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MIO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Buseta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bicicleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A pie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. ¿Con qué frecuencia a la semana el modo de transporte es diferente para llegar y salir de la universidad?

Ejemplo: Llega en MIO a la universidad y se va con un amigo en el carro

0 1 2 3 4 5 6

18. Si usted seleccionó el carro particular como uno de sus modos de transporte entonces ¿Cuáles son las especificaciones del vehículo?

La respuesta contiene el tipo de combustible y rango de cilindraje (si no conoce el cilindraje del carro por favor ponga entre 1,4 y 2)

- Gasolina, Cilindraje menor a 1,4
- Gasolina, Cilindraje entre 1,4 y 2
- Gasolina, Cilindraje mayor a 2
- Diésel, Cilindraje menor a 2
- Diésel, Cilindraje mayor a 2

19. Si usted seleccionó el carro compartido como uno de sus modos de transporte entonces ¿Cuál es la forma de hacerlo?

Puede elegir varias respuestas

- Cupos Icesi
- Turnarse el carro con amigos
- Ser recogido por amigos

20. Si usted seleccionó el carro compartido como uno de sus modos de transporte entonces ¿Cuál es el nivel de ocupación del carro?

Numero de personas promedio a la semana

1 2 3 4 5

21. Si usted seleccionó la moto como uno de sus modos de transporte entonces ¿Cuáles son las especificaciones del vehículo?

- Motor dos tiempos
- Motor cuatro tiempos

22. Si usted seleccionó el MIO como uno de sus modos de transporte entonces ¿En cuál estación lo abordo?

O seleccione la estación mas cercana de donde aborda el alimentador

23. Si usted seleccionó la buseta como uno de sus modos de transporte entonces ¿Este lo lleva directamente a la universidad?

- Si
- No

24. Si usted seleccionó la buseta como uno de sus modos de transporte y este NO lo lleva directamente a la universidad entonces ¿Lo acerca a una estación de MIO? Si es así seleccione cuál

MOVILIDAD DE LOS PROVEEDORES

El fin de este formulario es para el estudio de la huella de carbono de la Universidad Icesi. Tenga en cuenta que con base al cilindraje ponga la respuesta según las opciones dadas, y si su vehículo es la moto indique solamente si es dos tiempos o cuatro tiempos

- Opciones:
 Si el cilindraje del carro o camion es menor a 1,4 entonces ponga **A**
 Si el cilindraje del carro o camion esta entre 1,4 y 2 entonces ponga **B**
 Si el cilindraje del carro o camion es mayor a 2 entonces ponga **C**
 Si no conoce el cilindraje del carro o camion entonces ponga **B**

Empresa	Producto	Frecuencia	Comuna origen	Transporte	Combustible	Cilindraje	CALCULO EMISIONES DE CO2		
							Distancia en km	Tasa de equivalencia	HC
la florinda	salsas	6	9	MOTO	GASOLINA	4T	11,48	0,01073	2,9563296
distrimas	aseo	2	2	CARRO	GASOLINA	B	19,19	0,23278	35,7363856
la cali	carnes frias	6	6	MOTO	GASOLINA	4T	19,05	0,01073	4,905756
nestea	té	4	19	CARRO	GASOLINA	B	9,44	0,23278	35,1590912
pacieticos	salsas	4	7	CARRO	GASOLINA	B	16,14	0,23278	60,1131072
colanta	queso	5	18	CAMION	GASOLINA	C	7,76	0,31019	48,141488
bonniplast	desechables	3	9	CARRO	GASOLINA	C	11,48	0,31019	42,7317744
galpon	pollo	1	jamundi	CAMION	DIESEL	C	6,23	0,24606	6,1318152
occidental con	papas	1	yumbo	CARRO	GASOLINA	C	33,84	0,31019	41,9873184
mac pollo	pollo	2	2	CAMION	DIESEL	C	19,19	0,24606	37,7751312
colanta	leche	2	14	CAMION	DIESEL	C	19	0,24606	37,40112
carriverduras	verduras	3	10	CAMION	DIESEL	C	9,36	0,24606	27,6374592
cervalle	cerdo	3	22	MOTO	GASOLINA	4T	3,77	0,01073	0,4854252
nestea	empanadas de ma	1	9	CAMION	DIESEL	C	13,86	0,24606	13,730088

FECHA DE COMPRA			NAL / INTER	ORIGEN	DESTINO	DIST KM VUELOS NAL	DIST KM VUELOS INTER	DIST KM	HC
DIA	MES	AÑO							
16	1	15	NAL	BOGOTA	CALI	300		600	99,80
				CALI	BOGOTA	300			
19	1	15	NAL	BOGOTA	CALI	300		600	99,80
				CALI	BOGOTA	300			
19	1	15	NAL	BOGOTA	CALI	300		600	99,80
				CALI	BOGOTA	300			
20	1	15	NAL	BOGOTA	CALI	300		600	99,80
				CALI	BOGOTA	300			
20	1	15	NAL	BOGOTA	CALI	300		600	99,80
				CALI	BOGOTA	300			
20	1	15	INTER	MEXICO	CALI		3585	7170	1192,58
				CALI	MEXICO		3585		
23	1	15	INTER	CALI	VALENCIA ESP		8589	171,78	2857,21
				VALENCIA ESP	CALI		8589		
23	1	15	INTER	CALI	PANAMA		735	1470	244,50
				PANAMA	CALI		735		
				BOGOTA	CALI	300			

DISTANCIAS VUELOS NACIONALES EN KM			
CALI-BOGOTA	300	BOGOTA-PEREIRA	180
CALI-MEDELLIN	329	CALI-V/DUPAR	860
CALI-B/QUILLA	859	BOGOTA-PASTO	528
CALI-TUMACO	312	CALI-MANIZALES	212
CALI-MOZAMBIQUE	793	BOGOTA-MEDELLIN	240
CALI-V/VICENCIO	331	CALI-GUAPI	179
CALI-MONTERIA	592	BOGOTA-B/QUILLA	702
BOGOTA-ARMENIA	179	CALI-VALENCIA	534
CALI-CARTAGENA	778	CALI-FLORENCIA	228
CALI-B/MANGA	556		
CUCUTA-VALENCIA	405		
CALI-PASTO	263		
BOGOTA-CARTAGENA	649		
CALI-SANTAMARTA	901		
BOGOTA-TUMACO	617		
CALI-IBAGUE	181		
CALI-CUCUTA	665		
BERLIN-GINEBRA	456		

DISTANCIAS VUELOS INTERNACIONALES EN KM					
CALI-CHICAGO	4409	LOS ANGELES-ATLANTA	3122	BUDAPEST-PRAGA	444
CALI-MONTERREY	3544	CALI-MANCHESTER	8678	CALI-PRAGA	9799
CALI-MEXICO	3585	PEREIRA-NUOVA YORK	3988	BEST WESTERN PLUS-BURLINGTON	859
MEXICO-MONTERREY	322	CALI-MADRID	8321	MADRID-VALENCIA ESP	304
CALI-VALENCIA ESP	8589	BOGOTA-SAN JUAN	1756	CALI-MONTREAL	4677
CALI-PANAMA	735	CALI-WASHINGTON	3933	CALI-TORONTO	4471
CALI-PARIS	9820	CALI-LISBOA	7827	CALI-EDMONTON	4176
SAN DIEGO-MEDELLIN	5210	BOGOTA-NATAL	4477	BOGOTA-PORTUGAL	7622
SAN DIEGO-CALI	5334	CALI-HONG KONG	16958	MADRID-PARIS	1056
CALI-NUOVA YORK	4143	BOGOTA-VALENCIA ESP	8290	CALI-BURLINGTON	4565
CALI-B/AIRES	4633	CALI-TURIN	9297	CALI-NEW HAVEN	4217
CALI-ATLANTA	3461	CALI-BILBAO	8432	B/AIRES-GUAYAQUIL	4239
CALI-SAN JUAN	2017	CALI-BERLIN ALE	9716	CALI-GAINESVILLE	2971
CALI-SAO PAULO	4416	CALI-AMSTERDAN	9137	CALI-ESTAMBUL	11064
CALI-BOSTON	4353	AMSTERDAN-MUNICH	671	CALI-LONDRES	8782
TAIPEI-NUOVA YORK	12573	CALI-GUATEMALA	2031	BOGOTA-LIMA	1887
NUOVA YORK-SAN JUAN	2586	CALI-LOS ANGELES	5494	CALI-EL SALVADOR	1779
CALI-ORLANDO	2830	CALI-OSLO	9542	CALI-PHILADELFA	4052
CALI-NEW ORLEANS	3270	CALI-ST/BURGO	10623	CALI-SEUL	14884
CALI-MIAMI	2505	MIAMI-TAMPA	332	CALI-CANCUN	2261
CALI-SAN/CHILE	4140	BOGOTA-ATLANTA	3397	LIMA-TARAPOTO	621
CALI-LIMA	1718	CALI-GUAYAQUIL	729	WINDHAM-COSTA DEL SOL	6233
MIAMI-TALLAHASSEE	657	CALI-TAMPA	2790	CALI-GLASGOW	8605
CALI-QUITO	457	MADRID-PRAGA	1779	MIAMI-CHICAGO	1918
EL PASO-SAN FRANCISCO	4302	CALI-EL PASO	4437	CALI-SEATTLE	6576
MADRID-SAN JUAN	6389	BOGOTA-NUOVA YORK	3994	CALI-BUDAPEST	10160
				BOGOTA-MADRID	8505

CALCULO DE EMISIONES DE CO2							
DOS O MAS MODOS DE TRANSPORTE							
distancia en km	tasa de equivalencia	Tasa Carro p	Tasa Carro c	Tasa moto	Tasa MIO	Tasa Buseta	HC
19,19	0,23278	0	0	0	0	0	178,881928
6,38	0,23278	0	0	0	0	0	59,405456
16,41	0,23278	0	0	0	0	0	152,796792
3,77	0,31019	0	0	0	0	0	46,776652
6,38	0,23278	0	0	0	0	0	59,405456
13,96	0,19212	0	0	0	0	0	107,279808
6,38	0,23278	0	0	0	0	0	59,405456
3,77	0,23278	0	0	0	0	0	35,103224
6,38	0,19212	0	0	0	0	0	49,029024
6,38	0,23278	0	0	0	0	0	59,405456
6,95	0,23278	0	0	0	0	0	64,71264
3,77	0,23278	0	0	0	0	0	35,103224
6,95	0,23278	0	0	0	0	0	64,71264
6,38	0,23278	0	0	0	0	0	59,405456
6,38	0,23278	0	0	0	0	0	59,405456
6,38	0,19212	0	0	0	0	0	49,029024
16,14	0,19212	0	0	0	0	0	124,032672
9,36	0,19212	0	0	0	0	0	71,929728
6,38	0,19212	0	0	0	0	0	49,029024
14,7	DOS O MAS	0	0	0,01073	0	0,04	14,91462
9,44	DOS O MAS	0	0,2	0	0,003	0	75,74656
6,38	DOS O MAS	0,23278	0	0	0	0	11,8810912
6,38	DOS O MAS	0,23278	0	0	0,003	0	35,7963936
13,97	DOS O MAS	0	0	0	0,003	0,04	9,94664

Moto (kg co2/km recorrido)		Carro compartido (kg de co2/km recorrido)		Distancias comuna vs icesi	
motor cuatro tiempos	0,01073	Numero de pasajeros	Tasa	COMUNA	KM
motor dos tiempos	0,01967	2	0,2	1	16,41
Transporte publico (kg co2/km recorrido)		3	0,1	2	19,19
MIO	0,003	4	0,07	3	19,1
buseta	0,04	5	0,05	4	19,45
				5	18,11
				6	19,05
				7	16,14
				8	13,96
				9	11,48
				10	9,36
				11	11,76
				12	10,65
				13	13,97
				14	19
				15	9,56
				16	6,95
				17	6,38
				18	7,76
				19	9,44
				20	11,72
				21	14,7
				22	3,77
				JAMUNDI	6,23
				PANCE	3,14
				YUMBO	33,84

cantidad de uso de los modos de transporte total al mes			
transporte/persona	Colaborador	Docente	Estudiante
Carro particular	52	123	133
Carro compartido	17	19	83
Moto	35	28	12
MIO	43	25	170
Buseta	31	5	83
Total	178	200	481

cantidad de kg co2 total al mes			
transporte/persona	Colaborador	Docente	Estudiante
Carro particular	4299,52	10307,34	7218,82
Carro compartido	524,09	590,58	1467,23
Moto	177,71	115,16	32,37
MIO	60,35	24,13	145,69
Buseta	501,43	65,83	1002,51
Total	5563,11	11103,04	9866,61

desviacion estandar de datos			
transporte/persona	Colaborador	Docente	Estudiante
Carro particular	65,9170295	62,97303902	52,18485831
Carro compartido	22,6171236	29,30774752	18,20309706
Moto	2,40546309	2,708679451	2,570913638
MIO	0,7672885	0,909688548	0,75952293
Buseta	10,4238189	11,85874041	12,47773448

Cantidad promedio de kg co2 al mes			
transporte/persona	Colaborador	Docente	Estudiante
Carro particular	82,68	83,80	54,28
Carro compartido	30,83	31,08	17,68
Moto	5,08	4,11	2,70
MIO	1,40	0,97	0,86
Buseta	16,18	13,17	12,08

Datos comunidad	
\bar{Y}_{st}	33,79315123
$V(\bar{Y}_{st})$	3,098787062

$$V(\bar{Y}_{st}) = \frac{1}{N^2} * \sum_{i=1}^L N_i^2 * \left(\frac{N_i - n_i}{N_i} \right) * \frac{S_i^2}{n_i}$$

$$\bar{Y}_{st} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^L N_i * \bar{Y}_i$$

Intervalo de confianza kg co2 mensual comunidad por persona		
sujeto	lim inf	lim sup
Comunidad icesi	30,3428903	37,2434121

$$\bar{Y}_{st} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} * \sqrt{V(\bar{Y}_{st})}$$

Informacion para calculo intervalos de confianza por estrato		
estrato	Media	desviacion
Colaborador	33,9213724	49,86705723
Docente	58,13111484	62,08795993
Estudiante	31,32257721	36,4398083

Intervalos de confianza kg co2 mensual por estrato por persona		
estrato	lim inf	lim sup
Colaborador	28,4622147	39,3805301
Docente	50,7780431	65,4841866
Estudiante	27,3990523	35,2461021

factor de correccion	
Colaborador	0,71528276
Docente	0,83506835
Estudiante	0,9749886

$$fpc = \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}}$$

INTERVALOS DE CONFIANZA KG CO2 MENSUAL POBLACIONAL						
persona	Colaborador		Docente		Estudiante	
transporte/intervalo	lim inf	lim sup	lim inf	lim sup	lim inf	lim sup
Carro particular	2.408,98	3.741,77	7.464,23	9.750,44	5.888,20	8.188,35
Carro compartido	244,13	505,61	284,08	702,27	1.113,62	1.747,44
Moto	107,16	147,07	72,71	119,63	14,54	48,58
MIO	36,11	50,22	12,70	27,59	123,12	160,97
Buseta	277,30	440,03	11,57	98,38	760,20	1.194,67



0,4 ton CO₂-año

El árbol modelo especie Saman Samanea, edad de 36 años, 124cm DAP, altura de 15 metros.

Comunidad icesi			
	emision mensual	ton co2 anual	numero de arboles
lim inf	20.330,00	182,97	518
lim sup	24.953,00	224,58	635
vuelos aereos			
	kg co2 anual	ton co2 anual	numero de arboles
	334.768,02	334,77	947